

3.3 Addenda à l'évaluation de la faune marine et de son habitat

3.3.1 Introduction

Cet addenda constitue une mise à jour de l'évaluation de la faune marine et de son habitat pour la navigation maritime associée aux modifications du terminal maritime Canaport Énergie Est (le terminal maritime) et aux conditions de base mises à jour. Une évaluation des effets cumulatifs potentiels est également fournie. Le but de cet addenda est d'évaluer si ces modifications et mises à jour modifient les conclusions de l'évaluation en ce qui a trait aux effets résiduels sur la faune marine et son habitat. Ces composantes de projet modifiées sont décrites dans la description de projet (consulter cette ÉES, volume 13, partie B, cahier 1, Aperçu, section 2).

Cette section présente le document suivant qui a été déposé précédemment auprès de l'Office national de l'énergie (ONÉ) :

- Évaluation environnementale et socioéconomique, déposée le 30 octobre 2014, section 3.3 de la partie C du volume 4. Dans le reste de cette section, il s'agira du volume 4, partie C de l'ÉES, s'il y a lieu. Le numéro de dépôt de l'ONÉ est le A4E1J4.

Ces documents sont disponibles sur le [Site Web de l'ONÉ concernant le Projet Énergie Est](#).

Les évaluations suivantes sont fournies dans le volume 4 de l'ÉES pour les composantes de la faune marine :

- la caractérisation des effets résiduels associés à la construction d'un terminal maritime et la détermination de leur importance pour les mammifères marins (ÉES, volume 4, partie B).
- la caractérisation des effets résiduels associés à la construction d'un terminal maritime et la détermination de leur importance pour les oiseaux marins et les tortues de mer (ÉES, volume 4, partie B) et la navigation maritime (ESS, volume 4, partie C).

Toutefois, aucune évaluation n'a été fournie dans l'ÉES, volume 4, partie C quant aux effets résiduels sur les mammifères marins, ce qui l'est maintenant dans le présent addenda.

La caractérisation des effets résiduels associés à la navigation maritime dans la baie de Fundy et la détermination de leur importance pour les oiseaux marins sont inchangées par rapport à l'ÉES, volume 4, partie C. L'évaluation des effets résiduels sur les tortues de mer est également inchangée. Les tortues de mer ne devraient pas être touchées par la navigation maritime puisqu'il y a eu très peu d'observations signalées dans la zone d'étude régionale (ZÉR) marine et les observations dans la baie de Fundy sont rares (Haplin *et al.*, 2009; James *et al.*, 2006). En conséquence, les effets potentiels de la navigation maritime sur les tortues de mer ne font pas l'objet d'une évaluation plus détaillée.

3.3.2 Conditions de base mises à jour

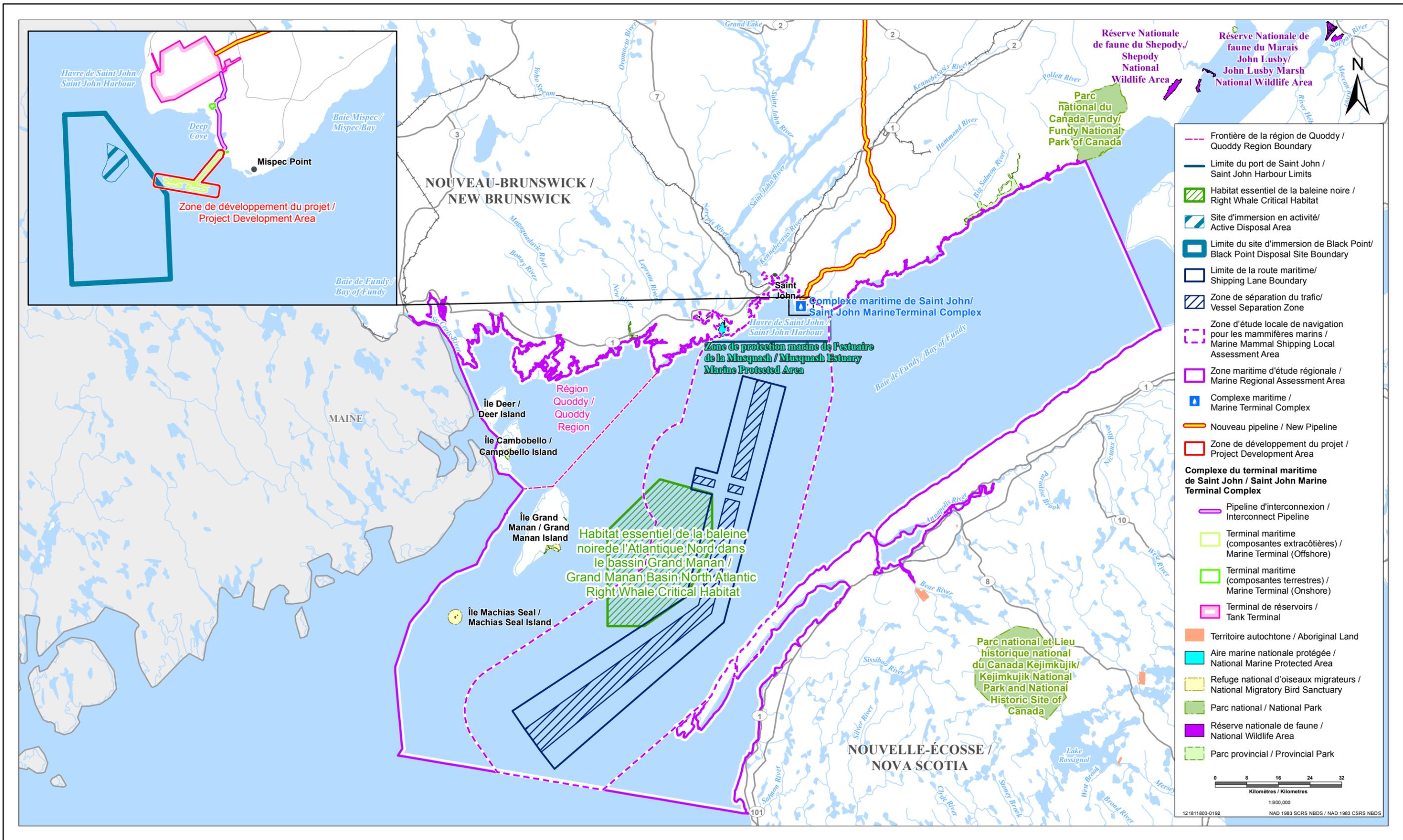
L'approche et la méthodologie utilisées lors de la revue des conditions de base sont les mêmes que celles décrites à la partie C du volume 4 de l'ÉES. Les renseignements additionnels se trouvent dans le Rapport de données techniques (RDT) sur la faune marine et son habitat (ce Rapport supplémentaire n° 5, mise à jour 1 du volume 11 de l'ÉES). Les inventaires aériens des mammifères marins ont débuté au troisième trimestre 2015 et devraient se terminer après l'achèvement des relevés sur le terrain en 2015. Les données sur les observations de mammifères marins seront résumées après l'achèvement des relevés sur le terrain en 2015.

3.3.2.1 Mammifères marins

Sept espèces de mammifères marins sont probablement présentes de façon saisonnière ou durant toute l'année dans la ZÉR (figure 3.3-1) : rorqual commun (*Balaenoptera physalus*), baleine noire (*Eubalaena glacialis*), petit rorqual (*Balaenoptera acutorostrata acutorostrata*), rorqual à bosse (*Megaptera novaeangliae*), marsouin commun (*Phocoena phocoena*), dauphin à flancs blancs (*Lagenorhynchus acutus*) et phoque commun (*Phoca vitulina concolor*). Le statut de conservation de chacune de ces espèces et leur occurrence saisonnière probable figurent dans le tableau 3.3-1.

La baleine noire est le plus souvent observée à l'embouchure de la baie de Fundy (figure 3.3-2), dans le bassin Grand Manan, qui est désigné comme habitat essentiel (Brown *et al.*, 2009). Le rorqual commun est présent toute l'année dans la ZÉR (Allen, 1971), principalement à l'embouchure de la baie (figure 3.3-3). Le rorqual à bosse affiche une présence saisonnière; il migre vers la baie de Fundy à la recherche de nourriture à la fin du printemps (Ingram *et al.*, 2007). Sa distribution est semblable à celle du rorqual commun, dont certains individus sont observés dans le fond de la baie de Fundy (figure 3.3-4). Même si le petit rorqual est présent toute l'année dans la baie de Fundy, on l'y voit surtout de juillet à septembre (Lien, 2001) et principalement près de l'embouchure de la baie (figure 3.3-5). Le dauphin à flancs blancs et le marsouin commun sont présents toute l'année dans la baie de Fundy. Le marsouin commun a une plus grande répartition que le dauphin à flancs blancs dans la baie de Fundy, même si les deux espèces présentent une concentration près de l'embouchure de la baie (figures 3.3-6 et 3.3-7). On retrouve le phoque commun partout dans la baie de Fundy. Il est présent toute l'année avec une densité plus importante à l'été (Rosenfeld *et al.*, 1988; Jacobs et Terhune, 2000; NOAA, 2014).

Depuis le dépôt de l'ÉES, Pêches et Océans Canada (MPO) a modifié la stratégie de rétablissement pour la baleine noire (MPO, 2014). Le bassin Roseway, dans la partie sud-ouest du plateau néo-écossais à l'extérieur de la ZÉR, est maintenant identifié comme habitat essentiel en vertu de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP) (il était auparavant désigné comme aire de conservation dans la stratégie de rétablissement), tout comme l'habitat essentiel précédemment répertorié du bassin Grand Manan situé dans la ZÉR (figure 3.3-2; MPO, 2014). À l'heure actuelle, la meilleure estimation de la population cataloguée de baleines noires, fondée sur des données photographiques jusqu'en 2013 inclusivement, est de 522 individus (Pettis et Hamilton, 2014). D'après les prévisions de répartition de cette espèce dans la ZÉR, il existe une forte probabilité de présence de baleines noires de l'Atlantique Nord dans la ZÉR de juin à octobre, principalement dans le bassin Grand Manan (Brilliant *et al.*, 2015).



PROJET OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST PIPELINE PROJECT

Zone d'étude locale de navigation pour les mammifères marins et zone d'étude régionale du milieu marin / Marine Mammal Shipping Local Assessment Area and Regional Assessment Area

Sources : Données sur le projet fournies par TransCanada Pipelines Ltd. Données de base fournies par les gouvernements du Canada et du Nouveau-Brunswick.
Sources : Project data provided by TransCanada Pipelines Limited. Base data provided by the Province of New Brunswick.

PREPARE PAR / PREPARED BY
Stantec

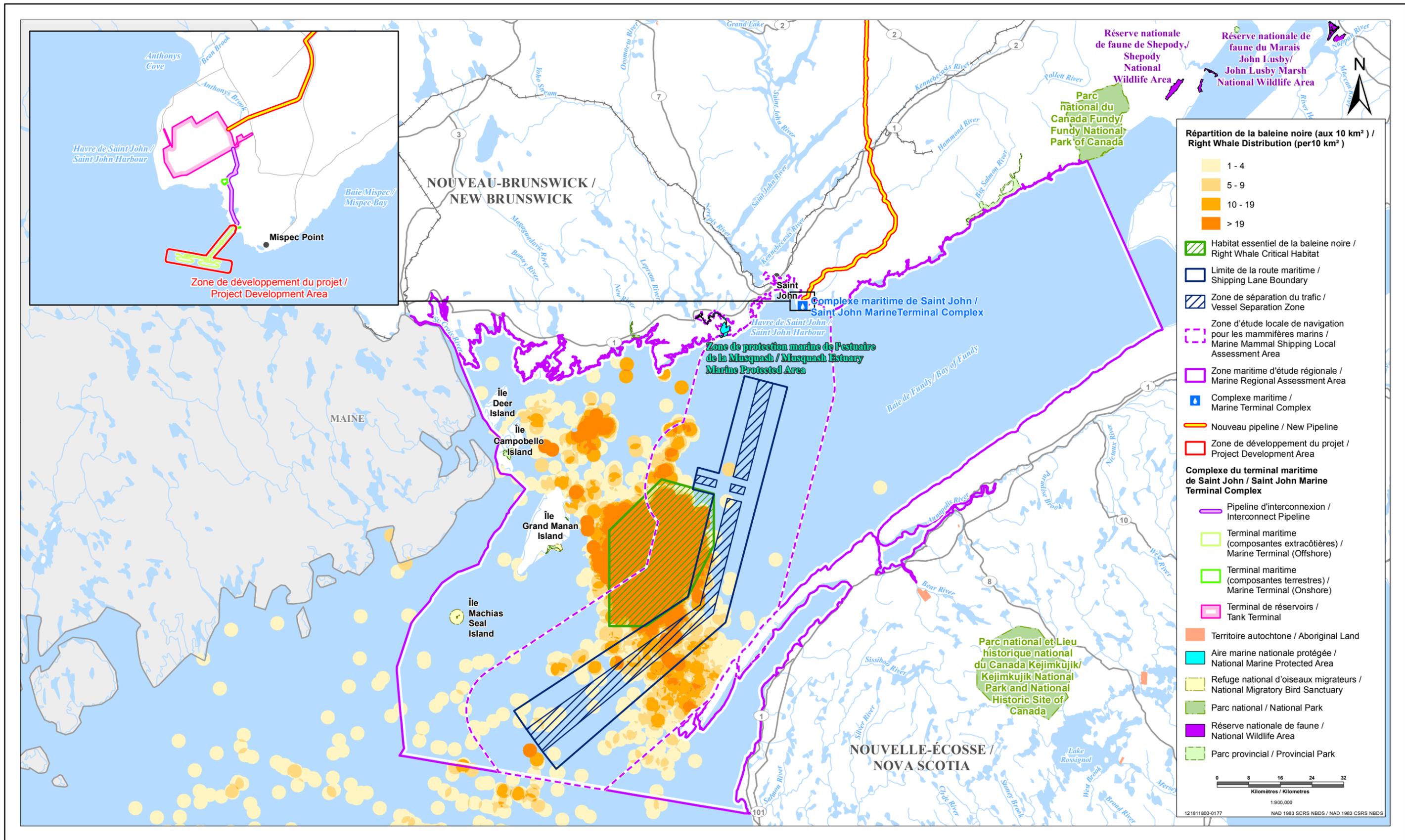
PREPARE POUR / PREPARED FOR
TransCanada

FIGURE NO. / FIGURE NO.
3.3-1

Dernières modifications : 16/10/2015 par : acmackay / Last Modified: 16/10/2015 By: acmackay

Tableau 3.3-1 Statut de conservation des espèces de mammifères marins susceptibles d'être présentes dans la ZÉL et la ZÉR

Espèces		Statut de conservation ¹			Présence potentielle dans la ZÉL	Présence potentielle dans la ZÉR	Période de présence dans la ZÉR
Nom commun	Nom scientifique	Statut provincial	Statut LEP	Statut COSEPAC			
Rorqual commun	<i>Balaenoptera physalus</i>	–	Espèce préoccupante (annexe 1)	Préoccupante	✓	✓	Toute l'année
Baleine noire de l'Atlantique Nord	<i>Eubalaena glacialis</i>	–	En voie de disparition (annexe 1)	En voie de disparition	✓	✓	Juin – octobre
Petit rorqual	<i>Balaenoptera acutorostrata acutorostrata</i>	–	–	Non en péril	✓	✓	Juillet – septembre
Rorqual à bosse	<i>Megaptera novaeangliae</i>	–	Préoccupante (annexe 3)	Non en péril	✓	✓	Printemps – automne
Marsouin commun	<i>Phocoena phocoena</i>	–	Menacée (annexe 2)	Préoccupante	✓	✓	Toute l'année
Dauphin à flancs blancs	<i>Lagenorhynchus acutus</i>	–	–	Non en péril	✓	✓	Toute l'année
Phoque commun	<i>Phoca vitulina concolor</i>	–	–	Non en péril	✓	✓	Toute l'année
<p>REMARQUE : – aucun statut de désignation</p> <p>SOURCES :</p> <p>Les renseignements sur la répartition des espèces dans la ZÉL et la ZÉR marines proviennent notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> • du Centre de données sur la conservation du Canada atlantique • du Système d'informations biogéographiques relatives aux océans – Analyses de l'écologie spatiale des populations de mégavertébrés • Rapports sur l'évaluation du stock de mammifères marins du NOAA • COSEPAC (2005) • COSEPAC (2006) • Brown <i>et al.</i> (2009) • Halpin <i>et al.</i> (2009) • de la revue de la documentation existante, y compris des rapports gouvernementaux, des recherches examinées par les pairs et des évaluations environnementales effectuées pour d'autres projets. <p>La présence saisonnière dans la ZÉR marine a été recensée lors d'une revue des données existantes; les sources spécifiques sont indiquées dans le sommaire des conditions de base. La répartition des espèces peut varier et il est parfois possible de les observer.</p> <p>¹ Gouvernement du Canada (2015a)</p>							



PROJET OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST PIPELINE PROJECT

Répartition de la baleine noire de l'Atlantique Nord dans la baie de Fundy, de 1968 à 2012 / North Atlantic Right Whale Distribution in the Bay of Fundy, 1968 - 2012

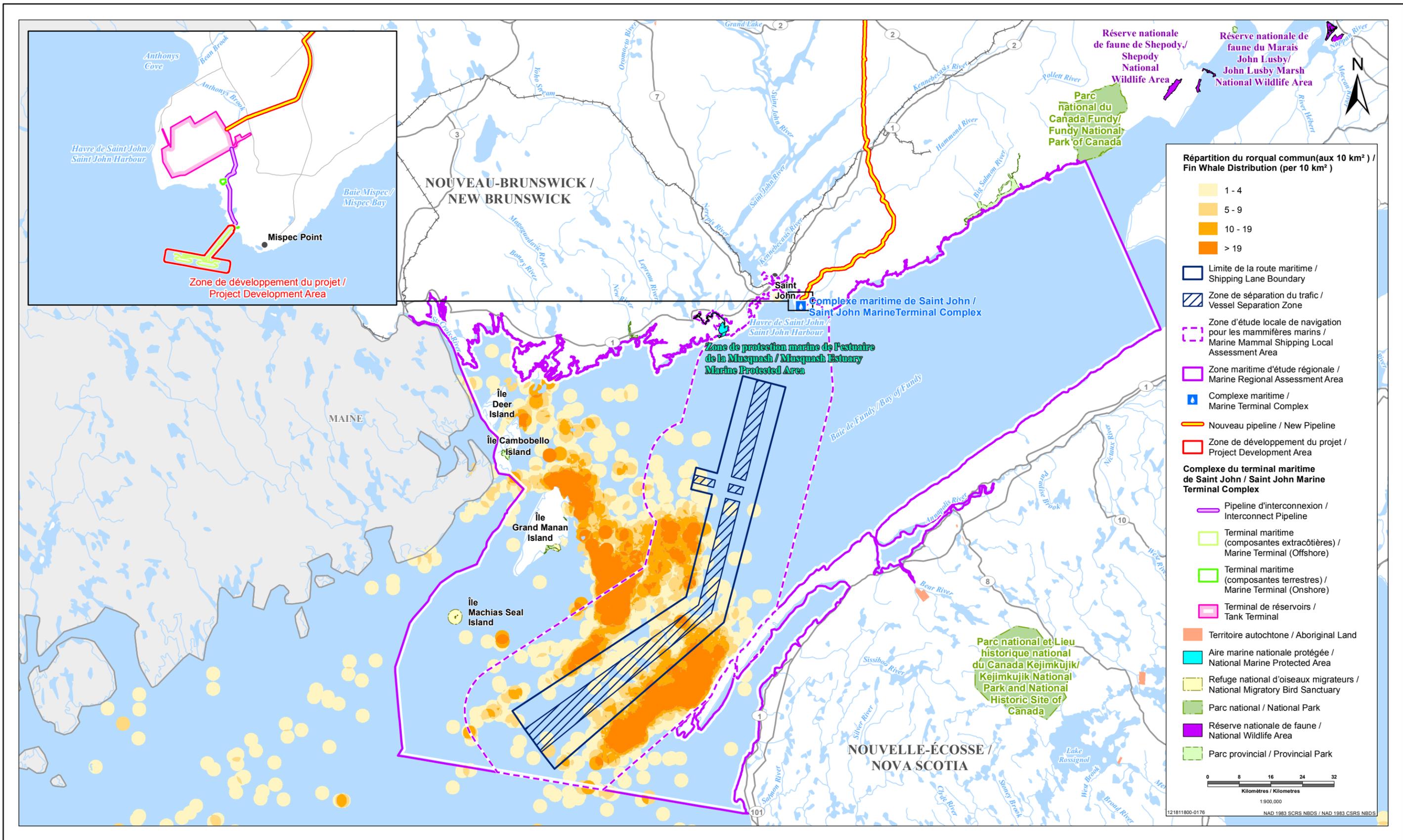
Sources: Données sur le projet fournies par TransCanada Pipelines Ltée. Données de base fournies par les gouvernements du Canada et du Nouveau-Brunswick. Données sur les mammifères marins fournies par Halpin et al. (2009), SeaMap du SIBO, Hyrenbach et al. (2006), Khan et al. (2010), Kenney (2009), Palka (2007), Environnement Canada (2014), Pêches et Océans Canada (2014), Right Whale Consortium (2014) et Smedbol et al., 2005. Sources: Project data provided by TransCanada Pipelines Limited. Base data provided by the Governments of Canada and New Brunswick. Marine mammal data provided by Halpin et al. (2009) (OBIS-SEAMAP), Hyrenbach et al. (2006), Khan et al. (2010), Kenney (2009), Palka (2007), Environment Canada (2014), Fisheries and Oceans Canada (2014), Right Whale Consortium (2014), and Smedbol et al. (2005).

PRÉPARÉ PAR / PREPARED BY
 Stantec

PRÉPARÉ POUR / PREPARED FOR
 TransCanada

FIGURE NO. / FIGURE NO.
3.3-2

Dernières modifications : 16/10/2015 par : acmckay / Last Modified: 16/10/2015 By: acmckay



PROJET OLÉODUC ÉNERGIE EST/ ENERGY EAST PIPELINE PROJECT

Répartition du rorqual commun dans la baie de Fundy, de 1966 à 2013 / Fin Whale Distribution in the Bay of Fundy, 1966 - 2013

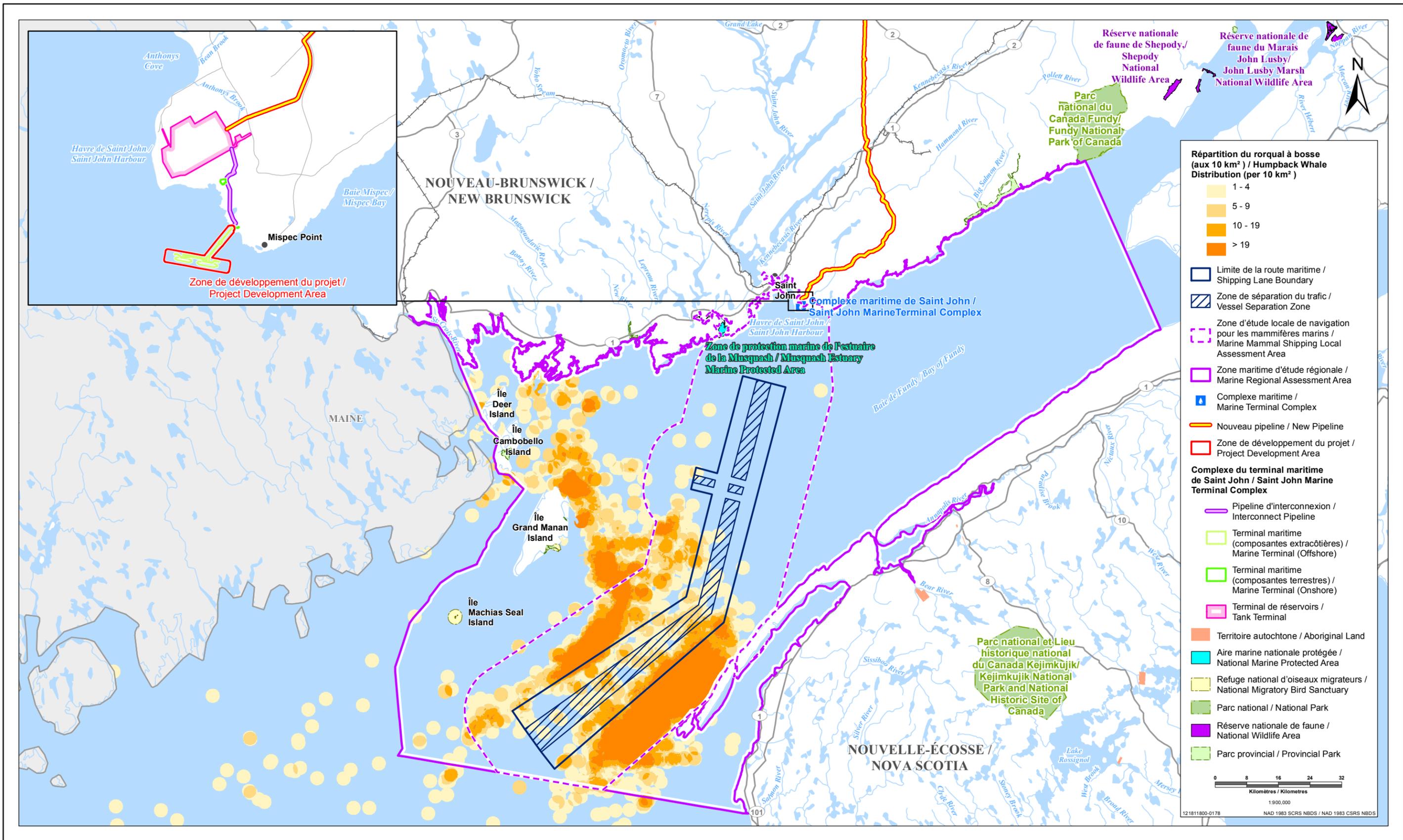
Sources: Données sur le projet fournies par TransCanada Pipelines Ltée. Données de base fournies par les gouvernements du Canada et du Nouveau-Brunswick. Données sur les mammifères marins fournies par Halpin et al. (2009), SeaMap du SIBO, Hyrenbach et al. (2006), Khan et al. (2010), Kenney (2005), Palka (2007), Pêches et Océans Canada (2014), Right Whale Consortium (2014) et Smedbol et al., 2005. Sources: Project data provided by TransCanada Pipelines Limited. Base data provided by the Governments of Canada and New Brunswick. Marine mammal data provided by Halpin et al. (2009) (OBS - SEAMAP), Hyrenbach et al. (2006), Khan et al. (2010), Kenney (2005), Palka (2007), Fisheries and Oceans Canada (2014), Right Whale Consortium (2014), and Smedbol et al. (2005).

PRÉPARÉ PAR / PREPARED BY
 Stantec

PRÉPARÉ POUR / PREPARED FOR
 TransCanada

FIGURE NO. / FIGURE NO.
3.3-3

Dernières modifications : 16/10/2015 par : acmackay / Last Modified: 16/10/2015 By: acmackay



PROJET OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST PIPELINE PROJECT

Répartition du rorqual à bosse dans la baie de Fundy, de 1966 à 2013 / Humpback Whale Distribution in the Bay of Fundy, 1966 - 2013

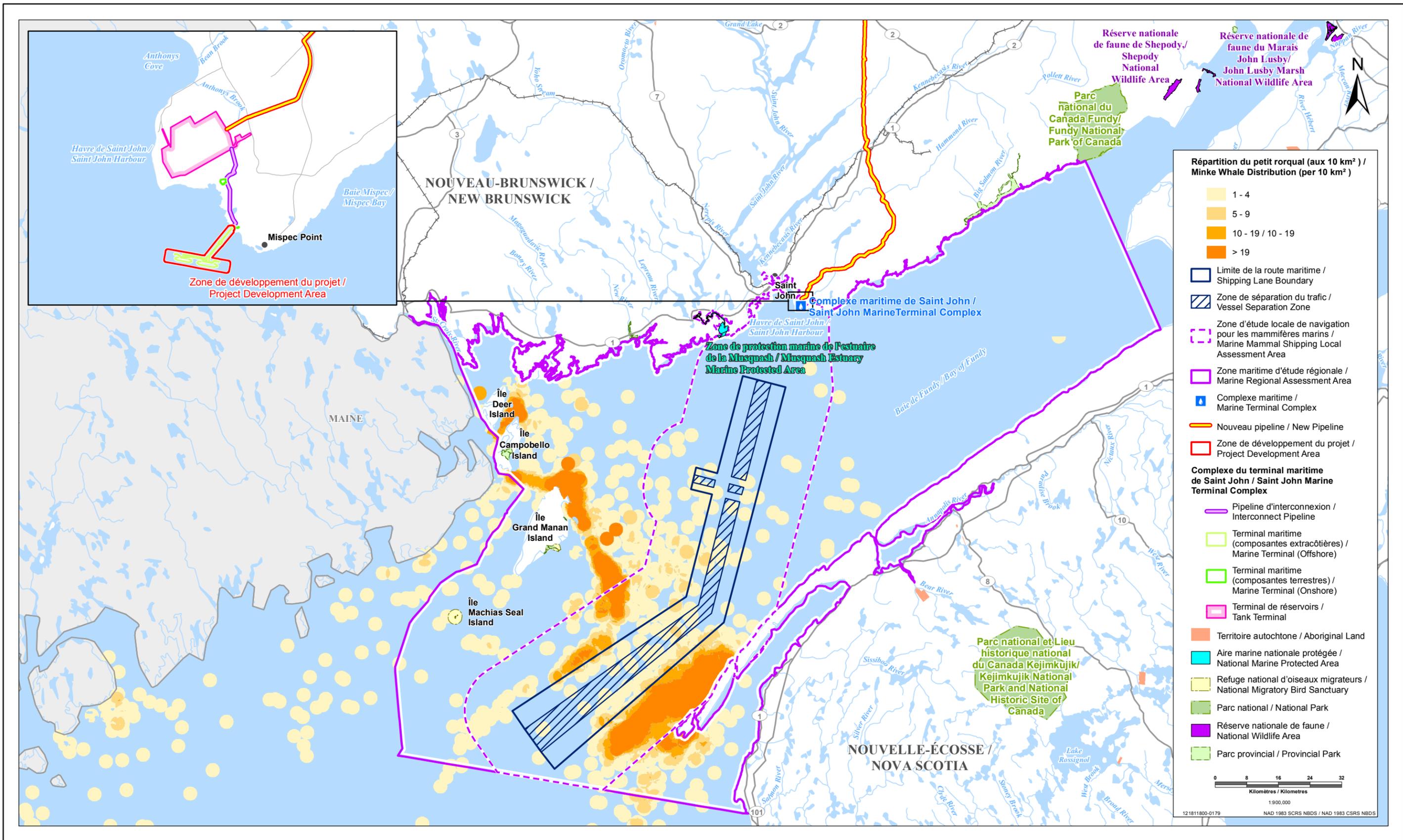
Sources : Données sur le projet fournies par TransCanada Pipelines Limited. Données de base fournies par les gouvernements du Canada et du Nouveau-Brunswick. Données sur les mammifères marins fournis par Halpin et al. (2009), SeaMap du SIBO, Hyrenbach et al. (2006), Khan et al. (2010), Kenney (2005), PSeaMap du SIBOaika (2007), Robbins et al. (2012), Environnement Canada (2014), Pêches et Océans Canada (2014), Right Whale Consortium (2014), et Smedbol et al., 2005 / Sources: Project data provided by TransCanada Pipelines Limited. Base data provided by the Governments of Canada and New Brunswick. Marine mammal data provided by Halpin et al. (2009) (OBIS-SEAMAP), Hyrenbach et al. (2006), Khan et al. (2010), Kenney (2005), PSeaMap (2007), Robbins et al. (2012), Environment Canada (2014), Fisheries and Oceans Canada (2014), Right Whale Consortium (2014), and Smedbol et al. (2005).

PRÉPARÉ PAR / PREPARED BY
 Stantec

PRÉPARÉ POUR / PREPARED FOR
 TransCanada

FIGURE NO. / FIGURE NO.
3.3-4

Dernières modifications : 16/10/2015 par : acmackay / Last Modified: 16/10/2015 By: acmackay



Répartition du petit rorqual (aux 10 km²) / Minke Whale Distribution (per 10 km²)

- 1 - 4
- 5 - 9
- 10 - 19 / 10 - 19
- > 19

Limite de la route maritime / Shipping Lane Boundary
 Zone de séparation du trafic / Vessel Separation Zone
 Zone d'étude locale de navigation pour les mammifères marins / Marine Mammal Shipping Local Assessment Area
 Zone maritime d'étude régionale / Marine Regional Assessment Area
 Complexe maritime / Marine Terminal Complex
 Nouveau pipeline / New Pipeline
 Zone de développement du projet / Project Development Area

Complexe du terminal maritime de Saint John / Saint John Marine Terminal Complex

- Pipeline d'interconnexion / Interconnect Pipeline
- Terminal maritime (composantes extracôtières) / Marine Terminal (Offshore)
- Terminal maritime (composantes terrestres) / Marine Terminal (Onshore)
- Terminal de réservoirs / Tank Terminal

Territoire autochtone / Aboriginal Land
 Aire marine nationale protégée / National Marine Protected Area
 Refuge national d'oiseaux migrateurs / National Migratory Bird Sanctuary
 Parc national / National Park
 Réserve nationale de faune / National Wildlife Area
 Parc provincial / Provincial Park

0 8 16 24 32
Kilomètres / Kilometres
1:900,000
121811800-0179 NAD 1983 SCRS NBDS / NAD 1983 CSRS NBDS



PROJET OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST PIPELINE PROJECT

Répartition du petit rorqual dans la baie de Fundy, de 1971 à 2013 / Minke Whale Distribution in the Bay of Fundy, 1971 - 2013

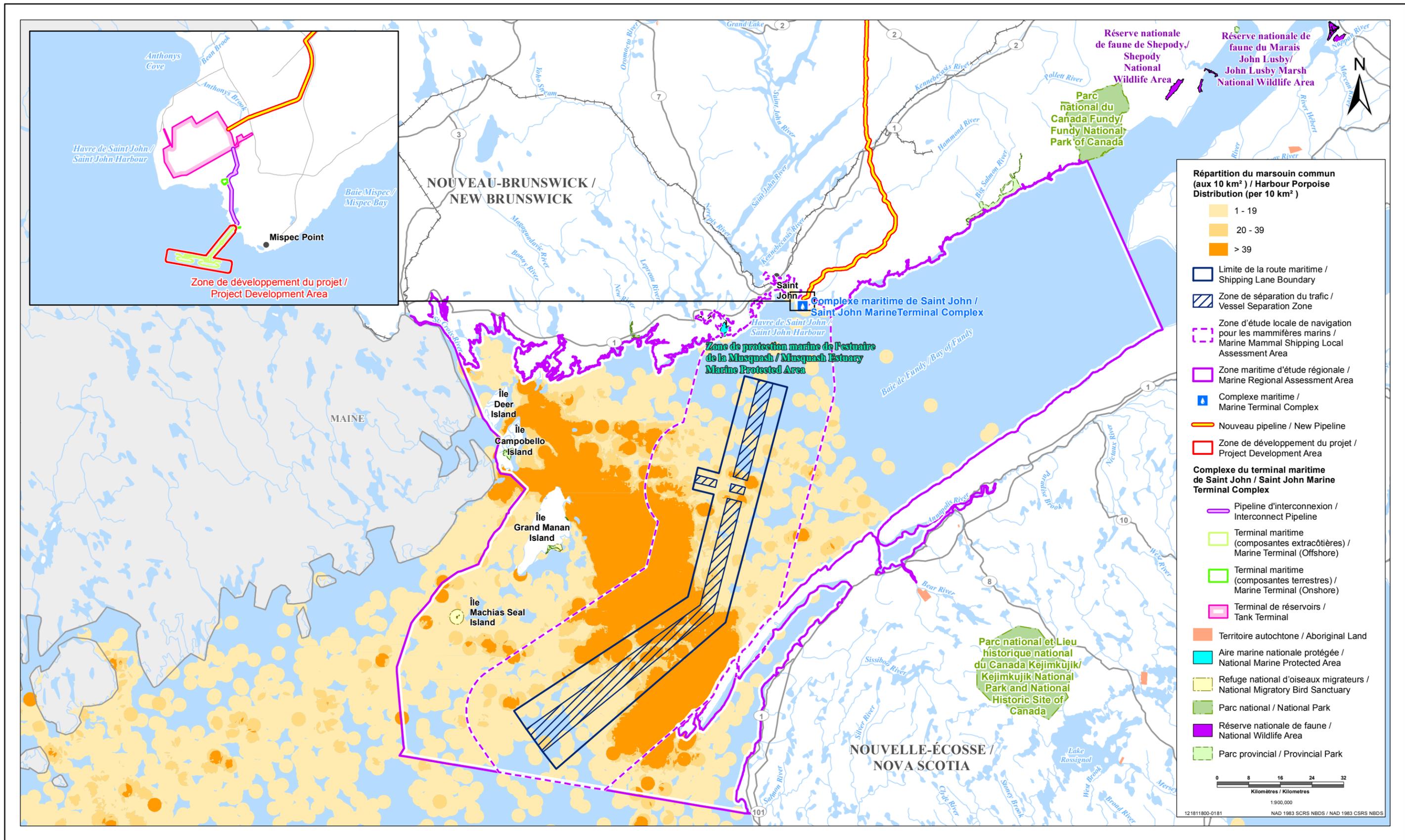
Sources: Données sur le projet fournies par TransCanada Pipelines Ltd. Données de base fournies par les gouvernements du Canada et du Nouveau-Brunswick. Données sur les mammifères marins fournies par Halpin et al. (2009), SeaMap du SIBO, Hyrenbach et al. (2006), Khan et al. (2010), Kenney (2005), Paika (2007), Environment Canada (2014), Pêches et Océans Canada (2014), Right Whale Consortium (2014) et Smedbol et al., 2005. Sources: Project data provided by TransCanada Pipelines Limited. Base data provided by the Governments of Canada and New Brunswick. Marine mammal data provided by Halpin et al. (2009) (OBIS - SEAMAP), Hyrenbach et al. (2006), Khan et al. (2010), Kenney (2005), Paika (2007), Environment Canada (2014), Fisheries and Oceans Canada (2014), Right Whale Consortium (2014), and Smedbol et al. (2005).

PRÉPARÉ PAR / PREPARED BY
Stantec

PRÉPARÉ POUR / PREPARED FOR
TransCanada

FIGURE NO. / FIGURE NO.
3.3-5

Dernières modifications : 16/10/2015 par : acmckay / Last Modified: 16/10/2015 By: acmckay



PROJET OLÉODUC ÉNERGIE EST / ENERGY EAST PIPELINE PROJECT

Répartition du marsouin commun dans la baie de Fundy, de 1969 à 2013 / Harbour Porpoise Distribution in the Bay of Fundy, 1969 - 2013



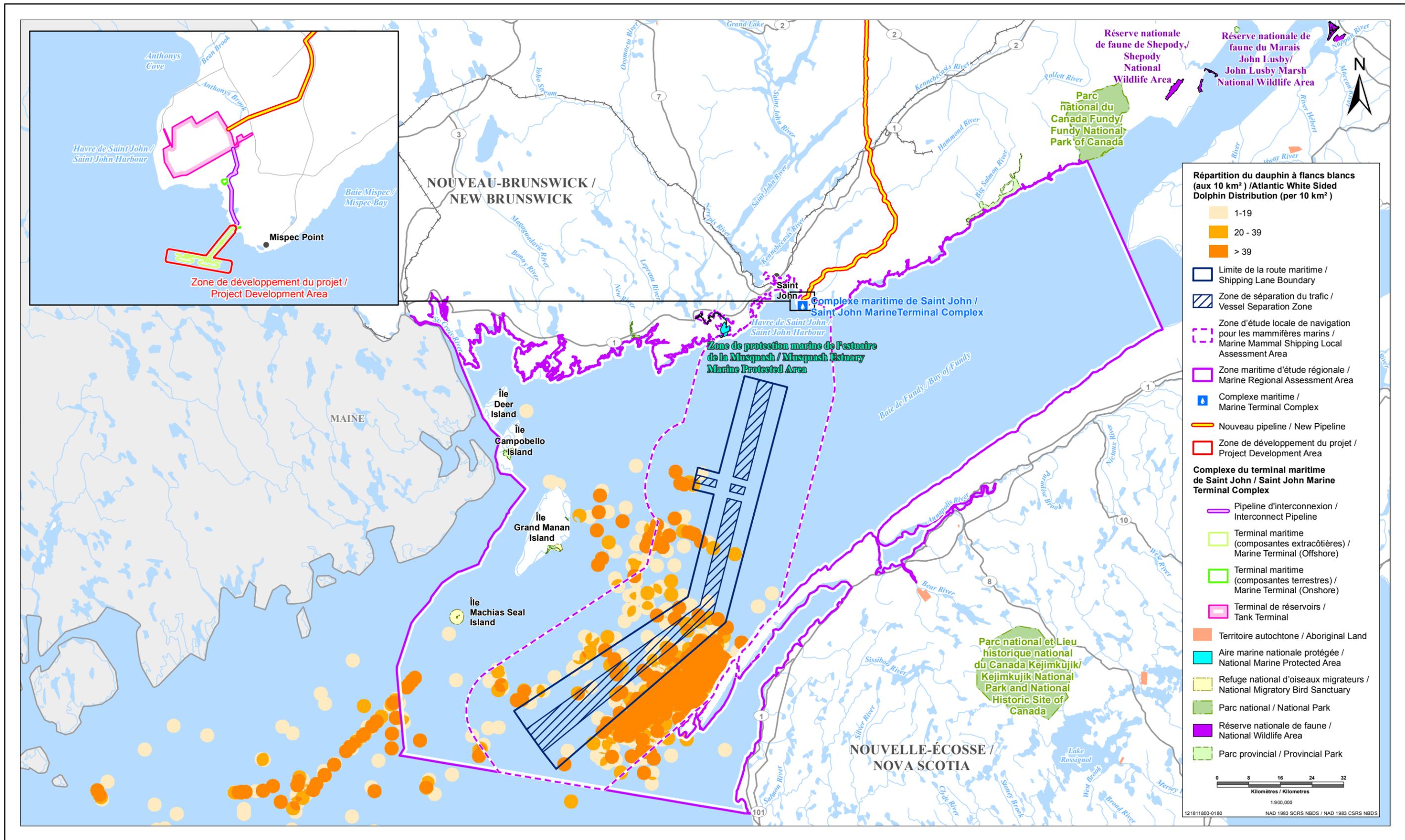
Sources : Données sur le projet fournies par TransCanada Pipelines Ltée. Données de base fournies par les gouvernements du Canada et du Nouveau-Brunswick. Données sur les mammifères marins fournies par Halpin et al. (2009), SeaMap du SIBO, Hyrenbach et al. (2006), Khan et al. (2010), Kenney (2005), Palka (2007), Read (2004), Environnement Canada (2014), Pêches et Océans Canada (2014), Right Whale Consortium (2014) et Smedbol et al., 2005.
Sources: Project data provided by TransCanada Pipelines Limited. Base data provided by the Governments of Canada and New Brunswick. Marine mammal data provided by Halpin et al. (2009), OBIS - SEAMAP, Hyrenbach et al. (2006), Khan et al. (2010), Kenney (2005), Palka (2007), Read (2004), Environment Canada (2014), Fisheries and Oceans Canada (2014), Right Whale Consortium (2014), and Smedbol et al., (2005).

PREPARE PAR / PREPARED BY
 Stantec

PREPARE POUR / PREPARED FOR
 TransCanada

FIGURE NO. / FIGURE NO.
3.3-6

Dernières modifications : 16/10/2015 par : acmckay / Last Modified: 16/10/2015 By: acmckay



Répartition du dauphin à flancs blancs dans la baie de Fundy, de 1969 à 2013 / Atlantic White - Sided Dolphin Distribution in the Bay of Fundy, 1969 - 2013

Sources: Données sur le projet fournies par TransCanada Pipelines Ltee. Données de base fournies par les gouvernements du Canada et du Nouveau-Brunswick. Données sur les mammifères marins fournies par Halpin et al. (2009), SeaMap du SIBO, Hyrenbach et al. (2006), Khan et al. (2010), Kenney (2005), Palka (2007), Environnement Canada (2014), Pêches et Océans Canada (2014), Right Whale Consortium (2014) et Smedbol et al., 2005. Sources: Project data provided by TransCanada Pipelines Limited. Base data provided by the Governments of Canada and New Brunswick. Marine mammal data provided by Halpin et al. (2009) (OBIS - SEAMAP), Hyrenbach et al. (2006), Khan et al. (2010), Kenney (2005), Palka (2007), Environment Canada (2014), Fisheries and Oceans Canada (2014), Right Whale Consortium (2014), and Smedbol et al. (2005).

PRÉPARÉ PAR / PREPARED BY
Stantec

PRÉPARÉ POUR / PREPARED FOR
TransCanada

FIGURE NO. / FIGURE NO.
3.3-7

Dernières modifications : 16/10/2015 par : acmckay / Last Modified: 16/10/2015 By: acmckay

3.3.2.2 Oiseaux de mer

La baie de Fundy abrite de nombreuses espèces d'oiseaux marins qui vivent toute l'année ou de façon saisonnière dans la ZÉR. Les données de base sur ces espèces sont résumées ci-dessous. Les espèces d'intérêt pour la conservation (EIC) retrouvées dans la ZÉR sont indiquées au tableau 3.3-2. Les EIC sont définies comme suit :

- les espèces en péril : espèce désignée à l'échelle fédérale ou provinciale comme *disparue du pays*, en *voie de disparition* ou *menacée* qui nécessite une protection légale en vertu de la LEP fédérale ou de la LEP du Nouveau-Brunswick.
- les espèces désignées par le COSEPAC comme étant *préoccupantes*, *menacées*, en *voie de disparition* ou *disparues*, et toute espèce désignée par des autorités provinciales comme étant d'une importance reconnue en raison de la situation de ses populations locales.

Le RDT inclus dans ce rapport supplémentaire n° 5, mise à jour 1 du volume 11 de l'ÉES comprend :

- la liste complète des EIC d'oiseaux marins;
- les oiseaux de mer inscrits, en vertu du *Rapport sur la situation générale des espèces sauvages au Nouveau-Brunswick* (MRNNB, 2014), comme ayant une situation générale classée comme espèces en péril, possiblement en péril ou sensibles;
- les oiseaux classés S1, S2 ou S3 par le Centre de données sur la conservation du Canada atlantique (CDCCA, 2014);
- la liste des espèces d'oiseaux connues pour leur importance sur le plan socioéconomique ou traditionnel (p. ex. la chasse ou la récolte);
- les espèces d'oiseaux faisant l'objet de restrictions particulières concernant la période ou la distance de recul au Nouveau-Brunswick (c.-à-d. les hérons et les rapaces) (MRNNB, 2004).

L'Arlequin plongeur est un canard plongeur de petite à moyenne taille qui se reproduit près des cours d'eau à débit rapide et qui hiverne sur les côtes rocheuses du littoral. Cet oiseau se nourrit principalement d'invertébrés marins et parfois de poissons qu'il attrape en plongeant dans l'eau (Robertson et Goudie, 1999). La population de l'Arlequin plongeur dans l'est est inscrite à titre d'*espèce préoccupante* à l'annexe 1 de la LEP et est considérée comme une espèce *en voie de disparition* en vertu de la LEP du Nouveau-Brunswick. Toutefois, on n'a pas élaboré de stratégie de rétablissement de cette espèce en vertu de la LEP. En général, de petits groupes d'individus de cette espèce sont présents en de nombreux endroits dans l'embouchure de la baie de Fundy, entre Martin's Point et l'île Machias Seal (au large de Grand Manan). Les principaux lieux d'hivernage de l'Arlequin plongeur incluent la pointe Lepreau, l'archipel Wolves, l'île White Head et l'île Machias Seal (Pascal Giasson, corr. pers., 19 mars 2008). On a observé au moins 18 oiseaux en train d'hiverner à la pointe Lepreau (Dietz et Chiasson, 2000). Le Service canadien de la faune a observé des Arlequins plongeurs chaque année dans le cadre des études sur la côte dans la ZÉR (Andrew Hicks, Service canadien de la faune, corr. per., 24 octobre 2013). Cet oiseau a aussi fait l'objet d'inventaires dans le cadre de ce projet en 2013 et 2014. Les inventaires hivernaux menés en 2004 dans le cadre du projet de gaz naturel liquéfié de Canaport (Jacques Whitford Limited, 2004) montrent qu'un petit nombre d'Arlequins plongeurs étaient présents entre Anthonys Cove

et la plage de Mispéc. Dans le cadre de la surveillance côtière effectuée à l'hiver 2005-2006 et au début du printemps 2006, on a observé de deux à six individus lors de six des neuf visites de sites à la pointe Black entre le 22 décembre 2005 et le 29 mars 2006. La présence continue d'un petit nombre d'Arlequins plongeurs dans la zone de Mispéc/Canaport, qui comprend l'installation Canaport d'Irving et le terminal de gaz naturel liquéfié Canaport, indique que cette zone d'alimentation est un lieu où un petit nombre de ces canards hivernent de manière régulière.

Tableau 3.3-2 Espèces d'oiseaux de mer d'intérêt pour la conservation susceptibles d'être présentes dans la zone d'étude régionale

Nom commun	Nom scientifique	LEP ¹	COSEPAC ²	Classement selon la LEP du N.-B. ³	Situation générale selon le MRN ³	Classement CDCCA ⁴
Arlequin plongeur (population de l'Est)	<i>Histrionicus histrionicus</i>	Annexe 1, préoccupante	Préoccupante	En voie de disparition	Population reproductrice : en péril Population hivernante : en péril	S1B, S1N
Garrot d'Islande (population de l'Est)	<i>Bucephala islandica</i>	Annexe 1, préoccupante	Préoccupante	Préoccupante	Population hivernante : sensible	S2N
Pluvier siffleur (sous-espèce de <i>melodus</i>) ^a	<i>Charadrius melodus</i>	Annexe 1, en voie de disparition	En voie de disparition	En voie de disparition	Population reproductrice : en péril	S2B
Phalarope à bec étroit ^a	<i>Phalaropus lobatus</i>	–	Préoccupante	–	Population migratrice : sensible	S3M
Sterne de Dougall ^a	<i>Sterna dougallii</i>	Annexe 1, en voie de disparition	En voie de disparition	En voie de disparition	Population reproductrice : en péril	S1B
Bécasseau maubèche (sous-espèce de <i>rufa</i>) ^a	<i>Calidris canutus rufa</i>	Annexe 1, en voie de disparition	En voie de disparition	En voie de disparition	Population migratrice : en péril	S3M

Tableau 3.3-2 Espèces d'oiseaux de mer d'intérêt pour la conservation susceptibles d'être présentes dans la zone d'étude régionale

REMARQUES :	
^a	N'apparaissait pas à l'origine dans l'ÉES volume 4, partie B, section 11.
S1 =	Extrêmement rare dans son aire de répartition dans la province (généralement cinq occurrences ou moins, ou très peu d'individus restants). Espèce particulièrement susceptible de disparaître.
S2 =	Rare dans son aire de répartition dans la province (de 6 à 20 occurrences, ou quelques individus restants). Peut être susceptible de disparaître en raison de sa rareté ou d'autres facteurs.
S3 =	Peu commune, ou occupant une aire de répartition restreinte, même si elle est abondante à certains endroits (de 21 à 100 occurrences).
S#S#	Classement numérique : Un intervalle entre deux cotes consécutives. Désigne le degré d'incertitude de la rareté exacte (p. ex. S1S2).
B =	Reproduction : Le classement de base renvoie à la population reproductrice de l'espèce dans la province.
N =	Non nicheuse : Le classement de base renvoie à la population non nicheuse de l'espèce dans la province.
– aucun statut de désignation	
SOURCES :	
¹ Gouvernement du Canada (2015a)	³ Gouvernement du Nouveau-Brunswick (2015)
² Gouvernement du Canada (2015b)	⁴ CDCCA (2015)

Le Garrot d'Islande est un canard plongeur de taille moyenne inscrit sur la liste des *espèces préoccupantes* dans l'annexe 1 de la LEP fédérale et de la LEP du Nouveau-Brunswick, et est considéré comme une *espèce sensible* en vertu du rapport sur la Situation générale des espèces du MRNENB. Toutefois, on n'a pas élaboré de stratégie de rétablissement de cette espèce en vertu de la LEP. Le Garrot d'Islande se reproduit aux lacs dans les forêts boréales de l'est et hiverne sur les côtes rocheuses (Laboratoire d'ornithologie de l'Université Cornell, 2014). La population de l'est se reproduit au Québec. Toutefois, environ 400 oiseaux de cette population hivernent dans les provinces de l'Atlantique et dans le Maine (Environnement Canada, 2013). Dans la ZÉL, on a souvent observé le Garrot d'Islande dans le cadre des études du Service canadien de la faune sur les blocs de littoral et des études sur la migration hivernale menées dans la région du cap Red Head. On n'en a pas observé dans le cadre des études réalisées en appui au présent projet en 2013, 2014 ou 2015.

Le Pluvier siffleur (*Charadrius melodus*) est un petit oiseau migrateur qui niche sur les plages de gravier et de sable de tout le Nouveau-Brunswick. On le trouve principalement le long du détroit de Northumberland, mais aussi dans la baie de Fundy de la fin de mars au début de mai. Les sites de nidification et les habitats essentiels recensés dans la stratégie de rétablissement pour le Pluvier siffleur se trouvent au fond de la baie de Fundy, à l'extérieur de la ZÉR (Environnement Canada, 2012); cependant, on a observé des Pluviers siffleurs (sous-espèce *melodus*) en petit nombre à quatre occasions (1976, 1986, 1996 et 2003) au marais et à la plage de Saints Rest, et dans la baie Courtenay. Le Pluvier siffleur est désigné *menacée* en vertu de la LEP (Gouvernement du Canada, 2015a) et par le COSEPAC (COSEPAC, 2013). La population reproductrice est désignée *en péril* en vertu du rapport sur la situation générale des espèces sauvages au Nouveau-Brunswick (Gouvernement du Nouveau-Brunswick, 2015).

La Sterne de Dougall (*Sterna dougallii*) est un oiseau de mer plongeur, migrateur et côtier qui niche en colonies dans les dunes de sable, les marais salés et les plages. En Amérique du Nord, deux populations de Sterne de Dougall nichent sur la côte atlantique, en colonies avec d'autres espèces de sternes (commune et arctique). La population reproductrice dans le nord-est du continent est estimée à moins de 200 paires et est principalement concentrée dans quelques îles côtières et promontoires le long de la côte sud de la Nouvelle-Écosse, avec un petit nombre sur l'île Machias Seal dans la baie de Fundy. La Sterne de Dougall est désignée *en voie de disparition* en vertu de la LEP (Gouvernement du Canada, 2015a) et par le COSEPAC (COSEPAC, 2009). La population reproductrice au Nouveau-Brunswick est désignée *en péril* en vertu de la LEP du Nouveau-Brunswick (Gouvernement du Nouveau-Brunswick, 2015). La stratégie de rétablissement de la Sterne de Dougall n'identifie aucun habitat essentiel dans la ZÉR (Environnement Canada, 2010).

Le Bécasseau maubèche est un oiseau de rivage. La sous-espèce *rufa* niche dans l'Arctique central canadien et hiverne dans le sud de la Patagonie et de la Terre de Feu (COSEPAC, 2007). Le Bécasseau maubèche est inscrit comme *espèce en voie de disparition* en vertu de l'annexe 1 de la LEP et de la LEP du Nouveau-Brunswick. Il jouit donc aussi de la protection juridique de ces lois. Toutefois, on n'a pas élaboré de stratégie de rétablissement de cette espèce en vertu de la LEP. Les Bécasseaux maubèches en train de migrer préfèrent faire halte dans de grandes battures intertidales (habituellement des laisses de sable et parfois des vasières). L'espèce se nourrit de bivalves et d'autres invertébrés benthiques (COSEPAC, 2007). Au Nouveau-Brunswick, les zones importantes pour les sous-espèces *rufa* sont l'île

Miscou et le fond de la baie de Fundy, près de la pointe Mary's (COSEPAC, 2007). Le relevé des oiseaux de rivage de la région de l'Atlantique contient 13 observations de Bécasseaux maubèches dans la ZÉL. La majorité d'entre elles ont été faites au marais et à la plage de Saints Rest. On y a habituellement observé un ou deux individus à la fois, mais on en a déjà observés une vingtaine à une occasion.

Le Phalarope à bec étroit (*Phalaropus lobatus*) a été désigné *espèce préoccupante* par le COSEPAC en novembre 2014 (COSEPAC, 2014). Cette espèce entreprend une migration pélagique en petites volées sur les algues et les débris flottants à l'extérieur de la baie de Fundy à la fin de l'été et au début de l'automne, se nourrissant de zooplancton de la taille des copépodes se trouvant à la surface de l'eau. L'espèce préfère les zones à forte concentration de biomasse de proies, comme la côte du Nouveau-Brunswick. Le Phalarope à bec étroit niche dans les étangs de l'Arctique et de la toundra subarctique. La population migratoire retrouvée au Nouveau-Brunswick est considérée comme *sensible* en vertu de la Situation générale des espèces sauvages du MRNNB (Gouvernement du Nouveau-Brunswick, 2015).

Les données de base sur les autres EIC d'oiseaux marins sont résumées dans l'ÉES.

3.3.3 Portée de l'évaluation

La portée de l'évaluation de la faune marine et de son habitat, y compris les limites de l'évaluation, les indicateurs clés et les effets potentiels liés à la construction et l'exploitation du projet, est la même que celle décrite dans l'ÉES, volume 4, partie C. Pour ce qui est de l'addenda à l'ÉES, les interactions potentielles du projet et les effets sur la faune marine et son habitat sont les mêmes que ceux décrits dans l'ÉES, volume 4, partie C. Les effets potentiels sur la faune marine et son habitat sont les suivants :

- changement de comportement;
- changement de l'état de santé.

Les collisions entre les pétroliers et les mammifères marins sont traitées dans la section portant sur les accidents et défaillances du rapport supplémentaire n° 5, ÉES, volume 13, partie C, addenda à l'ÉES, volume 6.

Dans cette section, les navires incluent les remorqueurs et les pétroliers. Toutefois, les restrictions en matière de manœuvre s'appliquant aux pétroliers s'appliqueront également aux remorqueurs lorsqu'ils escortent les pétroliers.

LIMITES DE L'ÉVALUATION

La définition de la zone d'étude locale (ZÉL) utilisée pour évaluer les effets résiduels potentiels de la navigation sur les mammifères marins a été mise à jour par rapport à la définition fournie dans l'ÉES, volume 4, partie C, en fonction des résultats de la modélisation acoustiques sous-marine. La ZÉL de la navigation sur les mammifères marins comprend la zone qui s'étend du terminal maritime jusqu'aux routes maritimes désignées, le long des routes maritimes avec une zone tampon de 12 km s'étendant de chaque côté, jusqu'à l'extrémité des eaux juridiques du Canada (figure 3.3-1). La zone tampon de 12 km était fondée sur la modélisation acoustique sous-marine prédisant l'étendue des bruits sous-marins produits par les pétroliers associés au projet.

La ZÉR de l'ÉES n'a pas été modifiée. La ZÉR est la zone dans laquelle des effets environnementaux cumulatifs sont susceptibles de se produire sur la faune marine et l'habitat faunique, et comprend les projets passés, en cours, et raisonnablement prévisibles. Il s'agit de la zone la plus grande : elle s'étend au sud-ouest de l'extrémité des routes maritimes désignées (juste en dehors du port de Saint John) jusqu'à l'embouchure de la zone, définie comme étant la baie de Fundy, et s'étend au nord-est jusqu'à l'estuaire moyen (près du parc provincial du cap Chignecto).

MÉTHODES D'ANALYSE

Pour évaluer les changements en matière de santé et de comportement des mammifères marins, la distribution probable des espèces dans la ZÉL et la ZÉR est comparée aux prévisions de l'étendue spatiale des bruits sous-marins définies par les activités d'atténuation du projet et en tenant compte de la sensibilité des espèces à ce bruit. Les prévisions des bruits sous-marins sont fondées sur la modélisation acoustique et fournissent des renseignements supplémentaires sur les effets résiduels potentiels des bruits sous-marins sur les mammifères marins.

Les bruits sous-marins produits par de très gros transporteurs de brut (TGTB) et les pétroliers de classe Suezmax sont modélisés. Les pétroliers de classe Aframax seront également utilisés, mais les résultats de la modélisation pour les TGTB et les pétroliers de classe Suezmax sont jugés représentatifs des effets potentiels du projet.

Les scénarios de modélisation acoustique sont les suivants :

- Entrée de bassin d'un pétrolier de classe Suezmax avec trois remorqueurs d'appui et sans propulseurs (3 nœuds). Les propulseurs n'ont pas été inclus puisqu'il a été supposé que les pétroliers ne seront pas munis de propulseurs ou ils n'utiliseront pas de propulseurs pendant l'entrée et la sortie de bassin.
- Entrée de bassin d'un TGTB avec quatre remorqueurs d'appui et sans utilisation de propulseurs (3 nœuds). Les propulseurs n'ont pas été inclus puisqu'il a été supposé que les pétroliers ne seront pas munis de propulseurs ou ils n'utiliseront pas de propulseurs pendant l'entrée et la sortie de bassin.
- Un pétrolier de classe Suezmax et un remorqueur en transit à 6 nœuds entre le terminal maritime et la station d'embarquement des pilotes.
- Un TGTB et un remorqueur en transit à 6 nœuds entre le terminal maritime et la station d'embarquement des pilotes.
- Un pétrolier de classe Suezmax en transit à pleine vitesse (15 nœuds) à trois emplacements (est, centre et ouest) dans la route maritime de sortie dans la baie de Fundy.
- Un TGTB en transit à pleine vitesse (15 nœuds) à trois emplacements (est, centre et ouest) dans la route maritime de sortie dans la baie de Fundy.
- Un pétrolier de classe Suezmax en transit à vitesse réduite (10 nœuds) pendant l'été (août) et à pleine vitesse (15 nœuds) pendant l'hiver (février) dans l'habitat essentiel de la baleine noire.
- Un TGTB en transit à vitesse réduite (10 nœuds) pendant l'été (août) et à pleine vitesse (15 nœuds) pendant l'hiver (février) dans l'habitat essentiel de la baleine noire.

Les scénarios de modélisation acoustique sont fondés sur les mesures d'atténuation recommandées expliquées de façon détaillée dans la section 3.3.4.

Une description détaillée des méthodes utilisées pour la modélisation acoustique sous-marine est fournie à l'annexe 3.3-A.

Pêches et Océan Canada n'a pas encore établi de seuils réglementaires pour évaluer les effets des bruits sous-marins sur les mammifères marins. Pour estimer l'étendue sur laquelle les bruits sous-marins pourraient se traduire par des modifications de la santé des mammifères marins, les résultats de la modélisation acoustiques sont comparés aux seuils acoustiques proposés de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) entraînant des dommages auditifs permanents chez les mammifères marins (NOAA, 2013). Depuis l'achèvement de la modélisation acoustique sous-marine, la NOAA a publié les seuils acoustiques proposés mis à jour entraînant des dommages auditifs permanents et a ajusté la plage d'audition des groupes d'audition fonctionnelle à basse fréquence des cétacés et otaridés (c.-à-d., phoque à oreille) (NOAA, 2015). Les résultats de la modélisation acoustique sous-marine sont comparés de façon qualitative aux seuils de lésion proposés de NOAA en 2013 et mis à jour en 2015.

Pour estimer l'étendue des bruits sous-marins, les résultats de la modélisation acoustique sont comparés aux seuils de perturbation comportementale temporaires de la NOAA (NOAA, s.d.). Les seuils acoustiques ont été définis par la NOAA et le National Marine Fisheries Service (une division de la NOAA). Les seuils proposés par la NOAA pour les lésions auditives permanentes et les seuils de perturbation comportementale sont résumés dans le tableau 3.3-3.

Tableau 3.3-3 Seuils de lésion auditive permanente¹ et de perturbation comportementale chez les mammifères marins

Groupe d'audition fonctionnelle (plage d'audition)	Seuils de lésion de la NOAA (2015) utilisés dans cet addenda ^a		Seuils de lésion de la NOAA (2013) utilisés dans l'ÉES ^b		Seuils de perturbation comportementale temporaires de la NOAA ^c	
	Impulsion	Non impulsion	Impulsion	Non impulsion	Impulsion	Non impulsion
Pinnipèdes phocidés (75 Hz à 100 kHz; p. ex. phoque commun)	230 dB _{crête} et 186 dB SEL _{cum}	230 dB _{crête} et 201 dB SEL _{cum}	235 dB _{crête} et 192 dB SEL _{cum}	235 dB _{crête} et 197 dB SEL _{cum}	160 dB _{RMS} p/r à une référence de 1 µPa	120 dB _{RMS} p/r à une référence de 1 µPa
Pinnipèdes otaridés (100 Hz à 48 kHz; p. ex. lion de mer de Steller) ²	230 dB _{crête} et 203 dB SEL _{cum}	230 dB _{crête} et 218 dB SEL _{cum}	235 dB _{crête} et 215 dB SEL _{cum}	235 dB _{crête} et 220 dB SEL _{cum}		
Cétacés basse fréquence (7 Hz à 25 kHz; p. ex., baleine noire) ³	230 dB _{crête} et 192 dB SEL _{cum}	230 dB _{crête} et 207 dB SEL _{cum}	230 dB _{crête} et 187 dB SEL _{cum}	230 dB _{crête} et 198 dB SEL _{cum}		
Cétacés moyenne fréquence (150 Hz à 160 kHz; p. ex. béluga)	230 dB _{crête} et 187 dB SEL _{cum}	230 dB _{crête} et 199 dB SEL _{cum}	230 dB _{crête} et 187 dB SEL _{cum}	230 dB _{crête} et 198 dB SEL _{cum}		
Cétacés haute fréquence (200 Hz à 180 kHz; p. ex. marsouin commun)	202 dB _{crête} et 154 dB SEL _{cum}	202 dB _{crête} et 171 dB SEL _{cum}	201 dB _{crête} et 161 dB SEL _{cum}	201 dB _{crête} et 180 dB SEL _{cum}		
<p>REMARQUES :</p> <p>Les seuils acoustiques du niveau d'exposition au bruit cumulatif sont pondérés par groupe d'audition fonctionnelle; les autres mesures ne le sont pas.</p> <p>¹ Fait référence aux seuils de lésion auditive permanente non pondérés (niveaux reçus)</p> <p>² La plage initiale (celle utilisée dans l'ÉES) était de 100 Hz à 40 kHz (NOAA 2013).</p> <p>³ La plage initiale (celle utilisée dans l'ÉES) était de 7 Hz à 30 kHz (NOAA 2013).</p>						
SOURCE : ^a NOAA (2015); ^b NOAA (2013); ^c NOAA (s.d.)						

Les seuils de lésion proposés de la NOAA sont en cours de finalisation (NOAA, 2015) et les seuils de perturbation comportementale temporaires sont en cours d'examen (NOAA, 2013, s.d.). Des recherches récentes ont suggéré qu'un seuil unique de perturbation comportementale peut ne pas fournir suffisamment de contexte pour prédire si un changement de comportement d'un mammifère marin peut être causé puisque la probabilité associée à un tel changement varie en fonction de l'activité de l'espèce et du caractère inédit des sources de bruit (p. ex., Ellison *et al.*, 2012). Étant donné l'incertitude scientifique actuelle au sujet des effets sur la population des changements de comportement (Tyack 2008), les seuils temporaires de perturbation comportementale fournissent une approche conservatrice (c.-à-d., effets probablement surestimés) pour l'évaluation des changements de comportement des mammifères marins.

3.3.4 Mesures d'atténuation

Les mesures d'atténuation des effets potentiels sont identiques à celles décrites dans l'ÉES, volume 4, partie C.

De plus, l'habitat essentiel de la baleine noire (Brown *et al.*, 2009; MPO, 2014) est situé le long des routes maritimes de la baie de Fundy et chevauche une partie du couloir de sortie. Les lignes directrices des Avis aux navigateurs de la Garde côtière canadienne dans l'habitat essentiel de Grand Manan (MPO, 2015) recommandent que les navires en transit de juin à décembre dans le bassin Grand Manan, l'habitat essentiel de la baleine noire, se déplacent à une vitesse de 10 nœuds ou moins lors de l'utilisation du couloir de sortie du schéma de séparation de la circulation de la baie de Fundy afin de réduire la perturbation acoustique. Il est également recommandé que tous les pétroliers aient une vigie en poste afin d'augmenter la probabilité d'apercevoir et d'éviter les mammifères marins (« Mesures relatives à l'habitat essentiel »). Les bruits sous-marins produits par les pétroliers proviennent principalement de la cavitation générée par leur hélice (Ross, 1976) et elle réduite aux vitesses plus lentes du pétrolier. Les baleines à fanons, comme la baleine noire, sont plus susceptibles d'être affectées par le bruit sous-marin produit durant la navigation maritime puisqu'elles sont les plus sensibles au bruit dans la plage de 7 Hz à 22 kHz (Southall *et al.*, 2007), et les gros pétroliers commerciaux produisent généralement du bruit sous-marin à basse fréquence inférieur à 40 Hz (McKenna *et al.*, 2012). Les baleines à dents peuvent également répondre au bruit produit par les grands navires (e.g., Hermanssen *et al.*, 2014). Bien qu'Énergie Est ne sera pas le propriétaire ni n'affrètera les pétroliers, elle appuie tout de même les mesures relatives à l'habitat essentiel et une des mesures d'atténuation recommandées qui sera mise en œuvre par Énergie Est est de conseiller aux capitaines de pétroliers de se conformer aux mesures relatives à l'habitat essentiel. Les recommandations supplémentaires en matière d'atténuation pour les mammifères marins sont présentées dans le tableau 3.3-4.

Tableau 3.3-4 Mesures d'atténuation additionnelles recommandées pour les mammifères marins

Effet	Mesures d'atténuation recommandées
Changement de comportement	<ul style="list-style-type: none">• Aviser tous les capitaines de pétrolier avant les déplacements de sortie de réduire leur vitesse à 15 nœuds ou moins lors du déplacement dans l'habitat essentiel de la baleine noire de janvier à mai et à 10 nœuds ou moins pendant les périodes de grande fréquentation par la baleine noire (c.-à-d., de juin à décembre).• Aviser tous les capitaines de pétrolier avant les déplacements de sortie de placer une vigie en poste pour l'observation des mammifères marins lors du déplacement dans l'habitat essentiel de la baleine noire pendant les périodes de grande fréquentation par cette dernière (c.-à-d., de juin à décembre).

3.3.5 Effets résiduels et détermination de leur importance

La caractérisation des effets résiduels sur la faune marine et l'habitat faunique est évaluée, puis confirmée ou mise à jour dans l'addenda en fonction des comparaisons avec l'ÉES, volume 4, partie C, après avoir tenu compte des modifications apportées aux composantes du projet.

Les effets résiduels sont déterminés en fonction de plusieurs critères et de l'efficacité prévue des mesures d'atténuation, conformément au volume 4, partie C de l'ÉES.

Le seuil d'importance des effets résiduels sur la faune marine et l'habitat faunique est le même que celui cerné dans la partie C du volume 4 de l'ÉES et se définit comme suit :

- se répercute sur les populations de telle façon qu'il entraîne une diminution de l'abondance ou une modification de la répartition compromettant la pérennité des populations dans la zone d'évaluation.

L'ensemble des lois et des règlements en vigueur (*Loi sur les pêches*, LEP, LCOM et LEP du Nouveau-Brunswick) fait aussi partie des éléments essentiels à l'évaluation des effets résiduels.

La probabilité d'effets résiduels sur la faune marine et son habitat est évaluée pour la navigation maritime. S'il y a lieu, les modifications au niveau de la caractérisation des effets résiduels par rapport aux dépôts antérieurs sont notées. En outre, les tableaux des effets résiduels ont été mis à jour de façon à apporter des précisions quant aux interactions du projet.

3.3.5.1 Oiseaux de mer

La caractérisation des effets résiduels sur les oiseaux marins est inchangée par rapport à l'ÉES, volume 4, partie C. Si les mesures d'atténuation recommandées sont mises en œuvre, les effets négatifs potentiels sur les oiseaux marins ne devraient pas être significatifs. La détermination de l'importance demeure également inchangée. La fiabilité des prévisions reste élevée au vu de la quantité et de la qualité des données de base disponibles et des mesures d'atténuation, mesures conformes aux meilleures pratiques de l'industrie et déjà avalisées par les organismes de réglementation.

Le tableau 3.3-7 résume les effets résiduels de la navigation maritime sur les oiseaux marins.

3.3.5.2 Mammifères marins

Cette section traite des modifications du comportement des mammifères marins et de leur état de santé qui pourraient être entraînées par le bruit sous-marin dans le milieu marin dans le cadre du projet. Les effets liés aux collisions entre les pétroliers et les mammifères marins sont traités dans le rapport supplémentaire n° 5, ÉES, volume 13, partie C, addenda à l'ÉES, volume 6.

CHANGEMENT DE COMPORTEMENT

La navigation dans le cadre du projet va générer des bruits sous-marins susceptibles de modifier le comportement des mammifères marins, y compris les EIC. Consulter le tableau 3.3-5 pour l'estimation de l'étendue du bruit sous-marin dépassant le seuil de perturbation comportementale, en fonction de la modélisation acoustique effectuée dans le cadre du projet.

Tableau 3.3-5 Estimation des rayons dépassant le seuil de perturbation comportementale pour les mammifères marins en fonction de la saison et de l'emplacement

Seuil de perturbation comportementale ¹	Scénario	Lieu	Vitesse (nœuds)	Rayon (R95 %) de dépassement du seuil (km) par saison			
				Suezmax		TGTB	
				Août	Février	Août	Février
120 dB _{RMS} p/r à une référence de 1 µPa	Entrée de bassin/sortie de bassin (3 remorqueurs d'appui pour le Suezmax, 4 pour les TGTB)	Terminal	3	2,89	3,11	3,22	3,49
	Transit d'un pétrolier avec un remorqueur d'appui	Station d'embarquement des pilotes	6	0,79	0,84	0,84	0,88
	Transit d'un pétrolier le long des routes maritimes	Extrémité est des routes maritimes	15	6,70	7,73	8,53	10,89
		Emplacement dans l'habitat essentiel de la baleine noire	15	–	7,49	–	10,31
			10	1,84	–	2,52	–
		Emplacement central des routes maritimes	15	6,57	7,49	9,07	10,79
	Extrémité ouest des routes maritimes	15	6,84	7,92	8,79	11,20	

REMARQUES :

- le scénario n'a pas été modélisé

Les scénarios de modélisation acoustique sous-marine sont fondés sur les mesures d'atténuation recommandées.

SOURCE : ¹ NOAA (s.d.)

Les espèces de mammifères marins dont la présence est anticipée dans la ZÉR peuvent être exposées à des bruits sous-marins au-dessus du seuil de perturbation comportementale. Le phoque commun est l'espèce la plus susceptible de se trouver à proximité du terminal maritime, et est donc la plus susceptible d'être exposée à des bruits sous-marins liés à l'accostage du pétrolier. La baleine noire, le rorqual à bosse, le petit rorqual et le rorqual commun sont plus abondants à environ 60 km du terminal maritime (figure 3.3-2 à figure 3.3-5); par conséquent, ils sont moins susceptibles d'être exposés aux bruits sous-marins liés à l'accostage du pétrolier. Toutefois, ces espèces seraient exposées aux bruits sous-marins le long des routes maritimes. Le dauphin à flancs blancs et le marsouin commun devraient également être exposés aux bruits sous-marins au-dessus du seuil de perturbation comportementale; toutefois, ils sont moins susceptibles d'être touchés pendant l'accostage du pétrolier puisque leur abondance est plus

grande à environ 40 km du terminal maritime (figure 3.3-6 et 3.3-7). Pour une discussion élargie des conditions de base et des espèces présentes, consultez le RDT inclus dans le rapport supplémentaire n° 5, mise à jour 1 du volume 11 de l'ÉES.

Le bruit sous-marin est plus susceptible d'avoir un effet sur les baleines à fanons présentes (relativement à d'autres espèces de mammifères marins) en raison de leur plage d'audition à basse fréquence (Southall *et al.*, 2007). Les baleines à fanons ont l'acuité auditive la plus développée entre 7 Hz et 22 kHz, ce qui coïncide avec la principale gamme de fréquences générées par les gros pétroliers commerciaux (c.-à-d., moins de 40 Hz) (McKenna *et al.*, 2012). Toutefois, les cétacés ayant une audition fonctionnelle haute fréquence (p. ex., marsouin commun) pourraient également être susceptibles aux bruits sous-marins des gros pétroliers, bien que cela dépende grandement de la profondeur de l'eau et de la vitesse du pétrolier (Hermanssen *et al.*, 2014).

La durée du moment pendant lequel un mammifère marin serait exposé aux bruits sous-marins supérieurs au seuil de perturbation comportementale en raison de la navigation liée au projet dépend de l'emplacement, de la saison, du type de pétrolier et de la vitesse du pétrolier. Le tableau 3.3-6 indique la durée estimée pendant laquelle un animal stationnaire serait exposé au bruit au-dessus du seuil de perturbation comportementale selon les scénarios de navigation maritime du projet. Ces valeurs sont probablement des surestimations puisqu'elles sont fondées sur un animal stationnaire dans le sillage d'un pétrolier; les mammifères marins à proximité seraient probablement en mouvement.

Tableau 3.3-6 Durée d'exposition estimée des mammifères marins au bruit au-dessus du seuil de perturbation comportementale

Scénario	Emplacement du pétrolier	Vitesse du pétrolier (nœuds)	Durée d'exposition estimée au bruit au-dessus du seuil de perturbation comportementale ¹ (minutes)			
			Suezmax		TGTB	
			Août	Février	Août	Février
Transporteur en transit le long des routes maritimes	Extrémité est des routes maritimes	15	29	33	37	47
	Emplacement dans l'habitat essentiel de la baleine noire	15	–	32	–	44
		10	12	–	16	–
	Emplacement central des routes maritimes	15	28	32	39	46
	Extrémité ouest des routes maritimes	15	30	34	38	48
REMARQUES :						
Ces valeurs sont probablement des surestimations puisqu'elles sont fondées sur un animal stationnaire dans le sillage d'un pétrolier; les mammifères marins à proximité seraient probablement en mouvement.						
– le scénario n'a pas été modélisé						
SOURCE :						
¹ NOAA (s.d.)						

Les routes maritimes désignées par Transports Canada dans la baie de Fundy ont été déplacées en 2003 afin de restreindre les zones de chevauchement avec les zones à densité élevée de baleines noires (figure 3.3-2), et également avec les zones à densité élevée de rorquals communs (figure 3.3-3), de rorquals à bosse (figure 3.3-4) et de petits rorquals (figure 3.3-5). L'étendue du bruit sous-marin au-dessus du seuil de perturbation comportementale s'étendra au-delà des routes maritimes désignées (chacune ayant une largeur approximative de 3,8 km), mais seulement pendant de courtes périodes chaque jour. Les durées d'exposition au pétrolier en transit associé au projet varieront de 12 à 39 minutes pendant l'été (lorsque la densité de baleines à fanons est la plus élevée). À l'hiver, lorsque la majorité des espèces ont migré et quitté cette zone, la durée d'exposition potentielle d'un animal stationnaire variera de 32 à 48 minutes. Chaque année, 281 escales de pétrolier sont attendues, ce qui se traduit par 562 passages le long des routes maritimes. Par conséquent, les mammifères marins peuvent être exposés à des pétroliers associés au projet toutes les 16 heures.

La mesure d'atténuation recommandée de réduire la vitesse des pétroliers à 10 nœuds dans la zone de la route maritime désignée qui chevauche l'habitat essentiel de la baleine noire (mesure sujette à l'examen par les autorités compétentes) réduira l'étendue du bruit au-dessus du seuil de perturbation (tableau 3.3-5) et la durée pendant laquelle un animal sera exposé à ce bruit. Cela réduira probablement le nombre d'expositions des mammifères marins aux bruits au-dessus du seuil de perturbation comportementale dans les zones où la densité de baleines à fanons est élevée.

Les bruits sous-marins créés par la circulation du pétrolier sont moins susceptibles de toucher les baleines à dents (c.-à-d., le dauphin à flancs blancs et le marsouin commun) et les pinnipèdes (c.-à-d., le phoque commun) dans la ZÉR. Ces espèces sont classées dans les groupes d'audition fonctionnelle de fréquence moyenne à élevée, et le groupe d'audition fonctionnelle des phocidés, respectivement (Southall *et al.*, 2007; NOAA, 2015). Ces trois espèces ont l'acuité auditive la plus élevée dans les gammes de fréquences qui sont plus élevées (consulter le tableau 3.3-3) que celles associées aux bruits générés par la majorité des gros pétroliers commerciaux (c.-à-d., surtout inférieur à 40 Hz) (McKenna *et al.*, 2012).

Même si la circulation des pétroliers est limitée aux routes maritimes désignées et qu'il y a une possibilité de baisse de la vitesse des pétroliers dans l'habitat essentiel, les mammifères marins peuvent tout de même être exposés aux bruits sous-marins au-dessus du seuil de perturbation comportementale. La stratégie de rétablissement de la baleine noire (Brown *et al.*, 2009; MPO, 2014) identifie la perturbation acoustique comme étant une menace potentielle pour cette espèce. La réponse de la baleine noire au bruit sous-marin peut inclure des modifications la fréquence du cri (Parks *et al.*, 2007) et de l'amplitude du cri (Parks *et al.*, 2011). Des modifications du comportement d'émersion ou de plongée n'ont pas été observées en réponse au bruit généré par les pétroliers (Nowacek *et al.*, 2003). Les menaces pour le rorqual à bosse dans l'Atlantique Nord incluent la perturbation des zones de reproduction (dans les eaux des Caraïbes) découlant des bruits sous-marins (COSEPAC, 2003). La dégradation de l'habitat découlant de la perturbation acoustique est identifiée pour le rorqual commun (COSEPAC, 2005).

Le potentiel de masquer la communication des mammifères marins ou de modifier l'espace de communication pour être le résultat du bruit sous-marin créé par la circulation de pétroliers dans le cadre du projet. Les baleines noires dans le Stellwagen Bank National Marine Sanctuary (sanctuaire marin national) de la baie de Massachusetts, Golfe du Maine, ou à proximité, ont eu une perte de leur espace

de communication de 38 % ou plus en raison du bruit lié à la navigation comparativement aux niveaux supposés de bruit ambiant historique (Hatch *et al.*, 2012). Dans la même zone, l'espace de communication a été réduit à une valeur moyenne de 80 % pour le rorqual commun, 92 % pour le rorqual à bosse et 23 % pour la baleine noire en réponse au passage d'un navire commercial (Clark, 2009). Hermanssen *et al.* (2014) ont trouvé des modifications dans la plage d'audition du marsouin commun découlant de la circulation de gros pétroliers, bien que ceci ait été observé dans des zones moins profondes que celles où la navigation relative au projet se produirait et chevaucherait la distribution du marsouin commun dans la ZÉR.

On s'attend à ce que les mammifères marins exposés au bruit au-dessus du seuil de perturbation comportementale reprennent leur activité normale une fois que le bruit cessera (Southall *et al.*, 2007). Les mammifères marins se trouvant à 11,2 km d'un pétrolier lié au projet seront exposés à des bruits sous-marins qui pourraient causer des modifications du comportement pendant 12 à 48 minutes (selon l'emplacement et la saison) environ toutes les 16 heures.

Les modifications du comportement des mammifères marins peuvent survenir à des niveaux variés de bruit sous-marin, et dépendent des espèces, de l'individu et de son activité. Il a été observé que l'amplitude du cri de la baleine noire augmente de façon linéaire avec des augmentations du bruit de fond de 92 dB à 142 dB (dans la gamme de 20 Hz à 8 kHz) (Parks *et al.*, 2011). Lorsque les baleines noires ont été exposées à un bruit généré par un pétrolier variant entre 129 dB et 142 dB p/r à une référence de 1 μ Pa (avec le plus d'énergie de 50 Hz à 500 Hz), il n'y a pas eu une modification majeure du comportement de plongée (Norwacek *et al.*, 2003). Les rorquals communs dans l'Atlantique Nord-Est et en Méditerranée ont modifié les caractéristiques de leur cri en réponse aux bruits des pétroliers; cela peut compenser les effets de masquage, mais se traduit par des coûts énergétiques plus importants (Castellote *et al.*, 2012).

Les rorquals communs dans les eaux californiennes n'ont pas modifié leurs habitudes de recherche de nourriture lorsqu'ils ont été exposés à du bruit dépassant 140 dB p/r à une référence de 1 μ Pa dans la zone d'étude (Croll *et al.* 2001). Les rorquals à bosse migrant au large de l'Australie ont modifié leur trajectoire et leur comportement de plongée lorsqu'ils ont été exposés à du bruit de 2 à 2,1 kHz et des niveaux de 148 dB à 153 dB p/r à une référence de 1 m (Dunlope *et al.*, 2013). Les modifications du comportement liées aux bruits d'origine anthropique sont difficile à prévoir et varient grandement (Southall *et al.*, 2007).

Bien que les seuils actuels de perturbation comportementale temporaires soient en cours d'évaluation (NOAA, s.d.), ils fournissent probablement une surestimation des modifications du comportement puisque le potentiel d'une modification de comportement des mammifères marins dépend de plusieurs variables.

Les effets résiduels de la navigation maritime liée au projet sur mammifères marins sont caractérisés comme suit :¹

- La direction est négative, bien qu'il soit attendu que les modifications prévues ne causent pas une augmentation du potentiel de blessures ou de mortalité.
- L'ampleur est modérée puisqu'il y aura une modification mesurable au-delà des seuils de perturbation comportementale; toutefois, on ne s'attend pas à ce qu'il y ait une incidence sur la viabilité des populations de la faune marine puisque l'utilisation des routes maritimes désignées réduira le chevauchement avec des zones d'abondance élevée des mammifères marins. La réduction potentielle de la vitesse des pétroliers dans l'habitat essentiel de la baleine noire réduira également le nombre d'animaux exposés à du bruit dépassant les seuils de perturbation comportementale étant donné que l'étendue de ce bruit sera diminuée.
- L'étendue géographique est limitée à la ZÉL.
- La durée est à long terme.
- En ce qui concerne la fréquence, il s'agit d'événements multiples réguliers.
- L'effet devrait être réversible puisque les animaux devraient reprendre leurs activités normales entre les événements.
- Le contexte écologique et socio-économique actuel reflète un niveau de perturbation moyen puisque la zone est déjà fortement utilisée pour le trafic des navires commerciaux et industriels, à l'intérieur et en dehors des routes maritimes existantes, et que le terminal maritime est construit à côté d'une installation portuaire existante et en activité (terminal de Canaport LNG et SBM).

Avec l'application des mesures d'atténuation recommandées, les modifications comportementales des mammifères marins liées à la navigation maritime dans le cadre du projet ne devraient pas être significatives. Il est peu probable que les effets résiduels négatifs entraînent une diminution de l'abondance ou une modification de la répartition qui compromettrait la pérennité des populations dans la ZÉR, y compris les EIC. La fiabilité des prévisions est modérée en raison de l'incertitude associée aux modifications comportementales, aux effets sur la population découlant des modifications comportementales et du temps nécessaire pour le rétablissement après la perturbation.

¹ Pour une description plus détaillée des caractérisations, veuillez vous reporter au volume 4, partie C, de l'ÉES.

CHANGEMENT DE L'ÉTAT DE SANTÉ

La modélisation acoustique sous-marine prévoit que le bruit sous-marin généré par les pétroliers dans le cadre du projet ne dépassera pas les seuils initiaux proposés par la NOAA pour les lésions auditives permanentes (Gaboury, 2014). Les seuils mis à jour proposés par la NOAA (2015) pour les lésions auditives permanentes qui ont été présentées, une fois la modélisation terminée sont parfois plus bas que les seuils initiaux proposés et s'appliquent aux pondérations des fréquences ajustées. La comparaison qualitative des résultats de la modélisation acoustique sous-marine aux seuils mis à jour proposés par la NOAA (2015) pour les lésions auditives permanentes suggère que les pétroliers dans le cadre du projet ne généreront pas de bruits qui dépassent ces seuils. La modification de l'état de santé des mammifères marins résultant de la navigation maritime ne fait par conséquent pas l'objet d'une évaluation plus détaillée.

EFFETS RÉSIDUELS

Le tableau 3.3-7 résume les effets résiduels sur la faune marine et l'habitat faunique découlant de la navigation maritime.

Tableau 3.3-7 Effets résiduels sur la faune marine et l'habitat faunique – Navigation maritime

Phase du projet	Mesures d'atténuation	Caractéristiques des effets résiduels							Importance	Fiabilité des prévisions	Probabilité d'effets significatifs ²	Surveillance et suivi
		Direction	Ampleur	Étendue géographique	Durée	Fréquence	Réversibilité	Contexte écologique et socioéconomique				
NAVIGATION												
Changement de comportement – Mammifères marins												
Navigation	Voir la section 3.3.4.	N	M	ZÉL	L	MR	R	M	N	M	S.O.	Un programme de surveillance des mammifères marins et une surveillance acoustique passive dans la baie de Fundy seront mis au point pour confirmer les données existantes et les mesures d'atténuation futures.
Changement de comportement – Oiseaux marins												
Navigation	Voir la section 3.3.4.	N	F	ZÉR	M	MI	R	M	N	É	S.O.	Aucune recommandation pour le moment
Changement de l'état de santé – Mammifères marins												
Navigation	Sans objet	Sans objet – aucune interaction n'est attendue									Sans objet	
Changement de l'état de santé – Oiseaux marins												
Navigation	Voir la section 3.3.4.	N	F	ZÉR	M	MI	R	M	N	É	S.O.	Aucune recommandation pour le moment

Tableau 3.3-7 Effets résiduels sur la faune marine et l'habitat faunique – Navigation maritime

REMARQUES :			
Le caractère gras indique un changement par rapport à la caractérisation des effets résiduels présentée dans la partie C, volume 4 de l'ÉES.			
¹ Le tableau 3.3-4, partie C du volume 4 de l'ÉES présente les définitions des critères de classification des effets résiduels pour la faune marine et son habitat.			
² La probabilité est caractérisée seulement si d'importants effets indésirables sont observés.			
LÉGENDE			
Direction	Durée	Réversibilité	Importance
P Positive	C Court terme	R Réversible	I Significatif
N Négative	M Moyen terme	I Irréversible	N Non significatif
Nt Neutre	L Long terme		
Ampleur	Fréquence	Contexte écologique et socioéconomique	Fiabilité des prévisions
F Faible	U Événement unique	N Négligeable ou limité	F Faible
M Modérée	MI Événement multiple irrégulier	F Faible	M Modérée
É Élevée	MR Événement multiple régulier	M Moyen	É Élevée
	C Continue	É Élevé	S.O. Sans objet
Étendue géographique			
ZDP	Zone de développement du projet		
ZÉL	Zone d'étude locale		
ZÉR	Zone d'étude régionale		

3.3.6 Effets cumulatifs

Un effet cumulatif se produit si un effet résiduel du projet agit conjointement aux effets d'autres activités concrètes passées, existantes, certaines et raisonnablement prévisibles. Pour en savoir plus sur les méthodes d'évaluation des effets cumulatifs, voir l'ÉES volume 1, section 6. Les activités concrètes passées et actuelles ont eu une incidence sur les conditions de base utilisées pour l'évaluation des effets du projet (voir l'ÉES, volume 4, partie C). Les effets d'autres activités concrètes passées ou existantes combinés aux effets du projet sont donc pris en compte dans l'évaluation des effets environnementaux résiduels du projet (voir la section 3.3.5). Les activités concrètes passées, existantes, certaines et raisonnablement prévisibles qui ont le potentiel de produire des effets environnementaux cumulatifs sont présentés dans le tableau 3.3-8.

Les effets cumulatifs potentiels du changement de comportement des mammifères marins sont évalués ci-dessous. Les effets cumulatifs du changement de l'état de santé des mammifères marins ne font pas l'objet d'une évaluation plus détaillée puisqu'on prévoit que le projet ne devrait produire aucun effet résiduel. Les effets cumulatifs sur les oiseaux marins sont traités dans l'ÉES, volume 4, partie C et sont inchangés. Les effets cumulatifs liés aux collisions entre les pétroliers et les mammifères marins sont traités dans la section portant sur les accidents et défaillances du rapport supplémentaire n° 5, ÉES, volume 13, partie C, addenda à l'ÉES, volume 6.

Tableau 3.3-8 Effets cumulatifs potentiels de la navigation maritime sur les mammifères marins

Autres activités concrètes présentant des risques d'effets cumulatifs	Effets cumulatifs potentiels	Justification
	Changement de comportement	
Activités physiques passées et actuelles		
Utilisation des terres industrielles (y compris l'infrastructure maritime associée au terminal Canaport d'Irving, au terminal Canaport LNG et aux autres opérations terrestres du port de Saint John)	✓	L'utilisation passée et existante des terres industrielles peut se surimposer aux effets résiduels du projet, ce qui peut entraîner des changements de comportement et de l'état de santé des mammifères marins en raison des modifications des bruits sous-marins.
Circulation maritime (y compris les vraquiers, les porte-conteneurs, les navires de croisière, les bateaux de pêche commerciale et le traversier reliant Saint John à Digby)	✓	Le trafic maritime passé ou existant pourrait se surimposer à celui des pétroliers se déplaçant vers le terminal maritime ou partant du terminal maritime. Cela pourrait entraîner des changements du comportement et de l'état de santé des mammifères marins à cause des modifications des bruits sous-marins.
Pêche commerciale	S.O.	On ne prévoit pas une surimposition des effets de la navigation avec les effets de la pêche commerciale en ce qui concerne les mammifères marins.

Tableau 3.3-8 Effets cumulatifs potentiels de la navigation maritime sur les mammifères marins

Autres activités concrètes présentant des risques d'effets cumulatifs	Effets cumulatifs potentiels	Justification
	Changement de comportement	
Dragage et immersion en mer	✓	Les activités existantes de dragage et d'immersion en mer pourraient se surimposer à celui des pétroliers se déplaçant vers le terminal maritime ou partant du terminal maritime. Cela pourrait entraîner des changements du comportement et de l'état de santé des mammifères marins à cause des modifications des bruits sous-marins.
Activités concrètes certaines et raisonnablement prévisibles		
Augmentation de la circulation maritime à destination du port de Saint John (tous les projets prévus, y compris l'exportation de gaz naturel liquéfié à partir du terminal de Canaport LNG et l'expansion du terminal maritime de PotashCorp)	✓	Les effets de l'augmentation de la circulation maritime peuvent se surimposer aux effets résiduels du projet, ce qui peut entraîner des changements de comportement et de l'état de santé des mammifères marins en raison des modifications des bruits sous-marins.
Saint John Industrial Parks Ltée. : construction d'un terminal pour barges	✓	Les effets de l'augmentation de la circulation maritime peuvent se surimposer aux effets résiduels du projet, ce qui peut entraîner des changements de comportement et de l'état de santé des mammifères marins en raison des modifications des bruits sous-marins.
REMARQUES : ✓ Indique que les effets potentiels risquent fortement d'interagir de façon cumulative avec les effets des autres activités concrètes. S.O. Indique que les effets potentiels n'interagissent pas de façon cumulative avec les effets des autres activités concrètes.		

ÉVALUATION DES EFFETS CUMULATIFS POTENTIELS

SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE

Le scénario de référence dans la ZÉL et la ZÉR est influencé par d'autres activités et projets maritimes passés et actuels, et notamment par les composantes maritimes de l'utilisation des terres industrielles (p. ex., terminal Canaport d'Irving, terminal de Canaport LNG), le dragage et l'immersion en mer, et la navigation maritime.

Les bruits sous-marins associés à l'infrastructure marine et à la circulation maritime ont eu une incidence sur l'environnement de based dans lequel les activités du projet se déroulent. Ces activités et projets passés et existants ont donc influencé les conditions environnementales existantes pour la faune marine et sont décrits dans le sommaire des données de référence dans l'ÉES, volume 4, partie C.

SCÉNARIO LIÉ AU PROJET

Le changement de comportement chez les mammifères marins est évalué pour le scénario lié au projet. Les mesures d'atténuation recommandées afin de réduire les effets négatifs sur les mammifères marins (p. ex., la réduction de la vitesse des pétroliers) sont également décrites pour le scénario lié au projet à la section 3.3.4.

Les bruits sous-marins créés par les activités de navigation liées au projet et jumelés au bruit généré par les pétroliers et les activités de dragage et d'immersion en mer agiront de façon cumulative et se traduiront pas des bruits sous-marins au-dessus du seuil de perturbation comportementale. Par conséquent, la baleine noire, le rorqual commun, le rorqual à bosse, le petit rorqual, le marsouin commun, le dauphin à flancs blancs et le phoque commun peuvent présenter un certain degré de changement du comportement en raison de la proximité des routes maritimes désignées de la baie de Fundy aux zones à forte densité de population dans la ZÉR. Il est attendu que les activités de navigation liées au projet, jumelées avec d'autres activités, n'entraîneront aucun changement de l'état de santé des mammifères marins. Les activités de navigation liées au projet ne dépasseront les seuils de lésion auditive, et il n'est pas prévu que les bruits sous-marins cumulatifs dépassent les seuils de lésion auditive.

SCÉNARIO DE DÉVELOPPEMENT FUTUR

Les effets liés à l'augmentation de la circulation maritime et à la construction d'un terminal pour barges (consulter le tableau 3.3-8) dans la baie de Fundy pourraient se cumuler aux effets résiduels du projet sur les mammifères marins. On prévoit que la circulation des pétroliers associés au terminal maritime de Canaport LNG ne dépasse pas 120 pétroliers par an. On prévoit que la circulation des pétroliers associés à l'exploitation du terminal pour barges ne dépasse pas 12 pétroliers par an. On prévoit que l'augmentation de la circulation des pétroliers associés à l'expansion du terminal maritime de PotashCorp nécessite 61 pétroliers supplémentaires. D'autres augmentations de la navigation sont également possibles et associées aux opérations en cours au port de Saint John. L'augmentation des bruits sous-marins par rapport aux conditions de référence actuelles est donc principalement associée aux pétroliers supplémentaires dans le cadre du projet (prévision de 281 escales par an).

La navigation maritime liée au projet peut agir de façon cumulative avec l'augmentation potentielle de la circulation des pétroliers du terminal de Canaport LNG, de l'expansion du terminal maritime de PotashCorp et du terminal pour barges de Saint John Industrial Parks Ltée, et générer un bruit sous-marin au-dessus du seuil de perturbation comportementale. On ne prévoit pas que le bruit sous-marin dépasse les seuils de lésion auditive. Les espèces de mammifères marins les plus susceptibles d'être touchées sont la baleine noire, le rorqual commun, le rorqual à bosse, le petit rorqual, le marsouin commun, le dauphin à flancs blancs et le phoque commun. Les routes maritimes désignées contournent les principales zones à densité de population élevée de toutes les espèces de rorqual et l'habitat identifié du phoque commun dans les eaux près des côtes de la baie de Fundy. L'ampleur du bruit sous-marin généré par les pétroliers associés au terminal de Canaport LNG et au terminal pour barges est inconnue; toutefois, on s'attend à ce qu'il y ait une augmentation cumulative de l'ampleur du bruit sous-marin qui pourrait entraîner des changements de comportement chez les mammifères marins. Il est prévu que les navires qui ne sont pas liés au projet respecteront les Avis aux navigateurs au sujet des réductions saisonnières de la vitesse des navires dans l'habitat essentiel de la baleine noire; toutefois, il est également possible qu'il y ait d'autres augmentations de l'ampleur spatiale des bruits sous-marins.

Le long des routes maritimes, il est attendu de façon prudente que les pétroliers associés au projet (c.-à-d., les effets sont surestimés) exposent un mammifère marin à un bruit sous-marin au-dessus du seuil de perturbation comportementale pendant 12 à 48 minutes (selon l'emplacement et la saison) environ toutes les 16 heures. La durée du moment pendant lequel un mammifère marin sera exposé aux bruits sous-marins supérieurs au seuil de perturbation comportementale est possiblement surestimée puisque les durées sont fondées sur un animal stationnaire dans le sillage d'un pétrolier. Toutefois, les mammifères marins se trouvant dans les environs seraient en mouvement.

Il y aura également une augmentation additionnelle de la circulation de navires qui ne sont pas associés au projet. Le changement de comportement qui découle du bruit sous-marin cumulatif ne devrait pas avoir d'incidence sur la viabilité des populations de mammifères marins dans la ZÉR puisque les routes maritimes désignées sont situées à une certaine distance des zones où les densités des populations de rorqual sont les plus élevées et qu'il est fort probable que les espèces reprendront leur activité normale une fois que le bruit sous-marin reviendra aux niveaux précédents. Les effets cumulatifs sur un changement de comportement des mammifères marins ne devraient pas être significatifs. Cette prévision est formulée avec un niveau de confiance modéré puisqu'il y a de l'incertitude au sujet des changements de comportement attribuables à la variation selon l'espèce et selon l'individu (Southall et al. 2007). Il y a également de l'incertitude au sujet des effets sur la population associés aux changements de comportement chez les mammifères marins (Tyack 2008) et du temps nécessaire pour que ces mammifères se rétablissent de la perturbation.

3.3.7 Surveillance et suivi

Un programme de surveillance des mammifères marins et une surveillance acoustique passive dans la baie de Fundy seront mis au point pour confirmer les données existantes et les mesures d'atténuation futures.

3.3.8 Références

- Allen, K.R. 1971. A preliminary assessment of Fin Whale stock off the Canadian Atlantic coast. *International Whaling Commission* 21:64-66.
- Brilliant, S.W., Vanderlaan, A.S.M., Rangeley, R.W., Taggart, C.T. 2015. Quantitative estimates of the movement and distribution of North Atlantic right whales along the northeast coast of North America. *Endangered Species Research* 27:141-154.
- Brown, M.W., Fenton, D., Smedbol, K., Merriman, C., Robichaud-Leblanc, K., Conway, J.D. 2009. Programme de rétablissement de la baleine noire (*Eubalaena glacialis*) de l'Atlantique Nord dans les eaux canadiennes de l'Atlantique [final]. Série de Programmes de rétablissement de la *Loi sur les espèces en péril*. Pêches et Océans Canada, Ottawa (Ontario). vi + 72 p.
- Castellote, M., Clark, C.W., Lammers, M.O. 2012. Acoustic and behavioural changes by fin whales (*Balaenoptera physalus*) in response to shipping and airgun noise. *Biological Conservation* 147:115-122.
- Clark, C.W., Ellison, W.T., Southall, B.L., Hatch, L., Van Parijs, S.M., Frankel, A., Ponirakis, D. 2009. Acoustic masking in marine ecosystems: intuitions, analysis, and implications. *Marine Ecology Progress Series* 395:201-222.
- Croll, D.A., Clark, C.W., Calambokidis, J., Ellison, W.T., Tershy, B.R. 2001. Effect of anthropogenic low-frequency noise on the foraging ecology of *Balaenoptera* whales. *The Zoological Society of London* 4:13-27.
- [CDCCA] Centre de données sur la conservation du Canada atlantique. 2015. Species Ranks. Accès : <http://www.accdc.com/fr/index-fr.html> [consulté en août 2015].
- [COSEPAC] Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. 2003. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le rorqual à bosse (*Megaptera novaeanglia*) au Canada – Mise à jour. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa. viii + 29 p.
- [COSEPAC] Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. 2005. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le rorqual commun (*Balaenoptera physalus*) au Canada – Mise à jour. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa. vii + 43 p. Accès : <https://www.registrelep-sararegistry.gc.ca/default.asp?lang=Fr&n=2012D6C6-1>
- [COSEPAC] Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. 2006. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le marsouin commun (*Phocoena*) (population de l'Atlantique Nord-Ouest) au Canada – Mise à jour. Espèce préoccupante. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada.
- [COSEPAC] Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. 2009. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la Sterne de Dougall (*Sterna dougallii*) au Canada – Mise à jour. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa. viii + 55 p. Accès : www.sararegistry.gc.ca/sar/assessment/status_f.cfm
- [COSEPAC] Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. 2013. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le Pluvier siffleur de la sous-espèce *circumcinctus* (*Charadrius melodus circumcinctus*) et de la sous-espèce *melodus* (*Charadrius melodus*) au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa. xv + 43 p. Accès : www.registrelep-sararegistry.gc.ca/default.asp?lang=Fr&n=24F7211B-1
- [COSEPAC] Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. 2014. Base de données des espèces. Accès : http://www.cosewic.gc.ca/fra/sct2/index_f.cfm [consulté en août 2015].
- Dunlop, R.A., Noad, M.J., Cato, D.H., Kniest, E., Miller, P.J.O., Smith, J.N., Stokes, M.D. 2013. Multivariate analysis of behavioural response to experiments in humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). *The Journal of Experimental Biology* 216:759-770.

- Ellison, W.T., Southall, B.L., Clark, C.W., Frankel, A.S. 2012. A new context-based approach to assess marine mammal behavioural responses to anthropogenic sounds. *Conservation Biology* 26(1):21-28.
- Environnement Canada. 2012. Programme de rétablissement du Pluvier siffleur (*Charadrius melodus melodus*) au Canada. Série de Programmes de rétablissement de la *Loi sur les espèces en péril*. Environnement Canada, Ottawa. v + 32 p.
- Gaboury, I.L. 2014. Modelling of Underwater Sound Associated with Shipping in the Bay of Fundy. JASCO Document 00835. Version 3.0. Rapport technique de JASCO Applied Sciences pour Stantec Consulting Ltd.
- Gouvernement du Canada. 2015a. Registre public des espèces en péril. Accès : www.sararegistry.gc.ca [consulté en août 2015].
- Gouvernement du Canada. 2015b. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Accès : http://www.cosewic.gc.ca/fra/sct5/index_f.cfm [consulté en août 2015].
- Gouvernement du Nouveau-Brunswick. 2015. Ministère des Ressources naturelles du Nouveau-Brunswick. Accès : http://www2.gnb.ca/content/gnb/fr/ministeres/Ressources_naturelles/Faune.html [consulté en août 2015].
- Halpin, P., Read, A.J., Fujioka, E., Best, B.D., Donnelly, B., Hazen, L.J., Kot, C., Urian, K., LaBrecque, E.A., Diametter, A., *et al.* 2009. OBIS-SEAMAP: The World Data Center for Marine Mammal, Sea Bird, and Sea Turtle Distributions. *Oceanography* 22(2):104-115.
- Hatch, L.T., Clark, C.W., Van Parijs, S.M., Frankel, A.S., Ponirakis, D.W. 2012. Quantifying loss of acoustic communication space for right whales in and around a U.S. national marine sanctuary. *Conservation Biology* 26(6):983-994.
- Hermanssen, L., Beedholm, K., Tougaard, J., Madsen, P.T. 2014. High frequency components of ship noise in shallow water with a discussion of implications for harbour porpoises (*Phocoena phocoena*). *Journal of the Acoustical Society of America* 136(4):1640-1653.
- Hildebrand, J.A. 2009. Anthropogenic and natural sources of ambient noise in the ocean. *Marine Ecology Progress Series* 395:5-20.
- Hyrenbach, D., Whitehead, H. 2006. Sargasso Cruise 2005 – Cetacean Sightings. Université Dalhousie, Dalhousie (Nouvelle-Écosse).
- Ingram, S.N., Walshe, L., Johnson, D.A., Rogan, E. 2007. Habitat partitioning and the influence of benthic topography and oceanography on the distribution of fin and minke whales in the Bay of Fundy, Canada. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 87:149-156.
- Jacobs, S.R., Terhune, J.M. 2000. Harbor seal (*Phoca vitulina*) numbers along the New Brunswick Coast of the Bay of Fundy in autumn in relation to aquaculture. *Northeastern Naturalist* 7(3):289-296.
- James, M.C., Sherrill-Mix, S.A., Martin, K., Myers, R.A. 2006. Canadian waters provide critical foraging habitat for leatherback sea turtles. *Biological Conservation* 133:347-357.
- Kenney, R. 2005. BLM Cetacean and Turtle Assessment Program (CETAP) AIR Sightings. Université du Rhode Island, Kingston (Rhode Island).
- Khan, C., Cole, T., Duley, P., Henry, A., Gatzke, J. 2011. North Atlantic Right Whale Sighting Survey (NARWSS) and Right Whale Sighting Advisory System (RWSAS) 2010 Results Summary. Northeast Fisheries Science Center de la NOAA, Woods Hole (Massachusetts).
- Lien, J. 2001. Les principes de conservation justifiant la réglementation de l'observation des baleines au Canada par le ministère des Pêches et des Océans : une approche prudente. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques, n° 2363. vi + 38 p.

- McKenna, M.F., Ross, D., Wiggins, S.M., Hildebrand, J.A. 2012. Underwater radiated noise from modern commercial ships. *Journal of the Acoustical Society of America* 131(1):92-103.
- [MPO] Ministère des Pêches et des Océans du Canada. 2014. Programme de rétablissement de la baleine noire (*Eubalaena glacialis*) de l'Atlantique Nord dans les eaux canadiennes de l'Atlantique [final]. Série de Programmes de rétablissement de la *Loi sur les espèces en péril*. Pêches et Océans Canada, Ottawa. xiii + 81 p.
- [MPO] Ministère des Pêches et des Océans du Canada. 2015. Édition annuelle : Avis aux navigateurs 1 à 46, avril 2015 à mars 2016. Pêches et Océans Canada – Publication officielle de la Garde côtière canadienne.
- Nowacek, D.P., Johnson, M.P., Tyack, P.L. 2003. North Atlantic right whales (*Eubalaena glacialis*) ignore ships but respond to alerting stimuli. *Proceedings of the Royal Society of London B* 271:227-231.
- [NOAA] National Oceanic and Atmospheric Administration. 2013. Draft Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammals: Acoustic Threshold Levels for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts. National Oceanic and Atmospheric Administration.
- [NOAA] National Oceanic and Atmospheric Administration. 2014. Harbor seal (*Phoca vitulina concolor*): Western North Atlantic Stock. Marine Mammal Stock Assessment Reports.
- [NOAA] National Oceanic and Atmospheric Administration. 2015. Draft Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammals: Acoustic Threshold Levels for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts. Version révisée, seconde période de commentaires du public, 23 juillet 2015. National Oceanic and Atmospheric Administration.
- [NOAA] National Oceanic and Atmospheric Administration. s.d. Interim Sound Threshold Guidance. Accès : http://www.westcoast.fisheries.noaa.gov/protected_species/marine_mammals/threshold_guidance.html [consulté en avril 2014].
- Palka, D. 2007. NEFSC Aerial Circle-Back Abundance Survey 2004. Northeast Fisheries Science Center de la NOAA.
- Parks, S.E., Clark, C.W., Tyack, P.L. 2007. Short- and long-term changes in right whale calling behaviour: The potential effects of noise on acoustic communication. *Journal of the Acoustical Society of America* 122(6):3725-3731.
- Parks, S.E., Johnson, M., Nowacek, D., Tyack, P.L. 2011. Individual right whales call louder in increased environmental noise. *Biology Letters* 7:33-35.
- Pettis, H.M., Hamilton, P.K. 2014. North Atlantic Right Whale Consortium 2014 annual report card. Report to the North Atlantic Right Whale Consortium, November 2014.
- Read, A. 2004. Duke Harbor Porpoise Tracking. Université Duke, Marine Laboratory.
- Right Whale Consortium. 2014. North Atlantic Right Whale Consortium Sightings Database [05/06/2014]. New England Aquarium, Boston (Massachusetts), États-Unis.
- Robbins, J., Zerbini, A.N., Gales, N., Gulland, F.M., Double, M., Clapham, P.J., Andrews-Goff, V., Kennedy, A., Landry, S., Mattila, D.K. 2013. Satellite tag effectiveness and impacts on large whales: preliminary results of a case study with Gulf of Maine humpback whales. Document SC/65a/SH05 présenté au comité scientifique de la International Whaling Commission. Jeju, Corée du Sud.
- Rosenfeld, M., George, M., Terhune, J.M. 1988. Evidence of autumnal harbour seal, *Phoca vitulina*, movement from Canada to the United States. *Canadian Field-Naturalist* 102:527-529.
- Ross, D.G. 1976. *Mechanics of Underwater Noise*. Pergamon Press.

- Smedbol, K., Gale, J., Bajona, L. 2005. Canada Maritimes Regional Cetacean Sightings. *In*: Fisheries and Oceans, Canada – Digital Collections, OBIS Canada. Version 1. OBIS Canada, Dartmouth (Nouvelle-Écosse). Base de données numérique initiale créée et administrée à la Station biologique de St. Andrews (Nouveau-Brunswick).
- Southall, B.L., Bowles, A.E., Ellison, W.T., Finneran, J.J., Gentry, R.L., Greene, C.R., Kastak, D., Ketten, D.R., Miller, J.H., Nachtigall, P.E., *et al.* 2007. Marine mammal noise exposure criteria: Initial scientific recommendations. *Aquatic Mammals* 33(4).
- Transports Canada. 2002. Modification des voies de navigation pour protéger les baleines noires dans la Baie de Fundy. Accès : http://nouvelles.gc.ca/web/article-fr.do?nid=630399&_ga=1.264140233.471401131.1444054485 [consulté en avril 2014].
- Tyack, P.L. 2008. Implications for marine mammals of large-scale changes in the marine acoustic environment. *Journal of Mammalogy* 89(3):549-558.
- Winn, H.E., Price, C.A., Sorensen, P.W. 1986. The distribution biology of the right whale (*Eubalaena glacialis*) in the western North Atlantic. *Report of the International Whaling Commission* 10 (Special Issue):129-138.

ANNEXE 3.3-A Modélisation de l'acoustique sous-marine associée à la navigation dans la baie de Fundy



Modélisation de l'acoustique sous-marine associée à la navigation dans la baie de Fundy

Soumis à :
Dale Conroy
Stantec Consulting Ltd.
Entente de sous-consultant : Le 1^{er} mai 2014

Auteure :
Isabelle L. Gaboury

Le 4 décembre 2015

P001240-003
Document 00835
Version 3.0

JASCO Applied Sciences (Canada) Ltd.
202-32, avenue Troop
Dartmouth, Nouvelle-Écosse B3B 1Z1
Canada

Téléphone : +1-902-405-3336
Télécopieur : +1-902-405-3337

www.jasco.com



Contrôle des versions du document

Version	Date	Nom	Modification
1.0	Le 8 octobre 2014	IL Gaboury	Ébauche diffusée au client à des fins d'examen.
2.0	Le 16 janvier 2015	IL Gaboury	Version finale diffusée au client.
3.0	Le 25 septembre 2015	IL Gaboury	Version mise à jour avec des modifications apportées aux figures 1 et 3, diffusée au client

Citation proposée :

Gaboury, I.L. 2014. *Modelling Underwater Sound Associated with Shipping in the Bay of Fundy*. JASCO Document 00835, Version 3.0. Rapport technique de JASCO Applied Sciences pour Stantec Consulting Ltd.

Table des matières

1. INTRODUCTION	5
1.1. Aperçu du projet.....	5
1.2. Contexte	6
1.2.1. Perte de transmission	6
1.2.2. Bruit impulsif et continu.....	7
1.2.3. Mesures acoustiques	7
1.2.4. Fonction de pondération d'audition des mammifères marins	8
1.2.5. Critères d'exposition au bruit des mammifères marins.....	10
2. SCÉNARIOS MODÉLISÉS	12
3. MÉTHODOLOGIE.....	16
3.1. Niveaux sources.....	16
3.1.1. Transporteurs.....	16
3.1.2. Remorqueurs	18
3.2. Modèle de propagation du son	20
3.2.1. Niveau d'exposition au bruit (SEL) sur 24 heures	23
3.3. Paramètres environnementaux.....	23
3.3.1. Bathymétrie	23
3.3.2. Propriétés géoacoustiques	23
3.3.3. Profil de vitesse du son.....	24
3.3.4. Absorption de l'eau de mer	26
4. RÉSULTATS	28
4.1. Niveaux de pression acoustique de la valeur efficace.....	28
4.2. Niveau d'exposition au bruit (SEL) sur 24 heures.....	33
5. DISCUSSION	36
GLOSSAIRE	39
OUVRAGES CITÉS	43
APPENDIX A. CARTES DES CHAMPS ACOUSTIQUES	43

Figures

Figure 1. Emplacements des sites modélisés à proximité du terminal maritime Canaport Énergie Est à la pointe Mispec (Nouveau-Brunswick).	6
Figure 2. Fonctions de pondération d'audition pour les groupes d'audition fonctionnelle des mammifères marins recommandées par (haut) Southall <i>et al.</i> (2007) et (bas) la NOAA (2013).	9
Figure 3. Emplacements des sites modélisés. Les sites côtiers sont illustrés plus en détail dans le carton intérieur. Les numéros des sites correspondent à ceux du tableau 3.	13
Figure 4. Tracés des navires utilisés pour calculer les niveaux d'exposition au bruit (SEL) pendant 24 heures. Les plages relatives au nombre de remorqueurs reflètent le fait que les TGTB ont besoin d'un remorqueur d'appui de plus pour l'entrée de bassin et la sortie de bassin que les transporteurs Suezmax. La vitesse de passage dans l'habitat essentiel de la baleine franche de l'Atlantique Nord est de 10 nœuds en été et de 15 nœuds en hiver.	14
Figure 5. Niveaux sources estimés (SL) pour un transporteur Suezmax (haut) et un TGTB (bas) se déplaçant à trois vitesses différentes. Les niveaux extrapolés inférieurs à 20 Hz et supérieurs à 800 Hz sont représentés par des lignes interrompues.	18
Figure 6. Niveaux sources estimés (SL) pour les remorqueurs d'escorte des transporteurs avec (haut) 50 t et (bas) 70 t de puissance de traction se déplaçant et poussant/tirant. Les niveaux extrapolés supérieurs à 10 kHz sont représentés par des lignes interrompues.	20
Figure 7. Représentation des approches $N \times 2D$ et de niveau de surprofondeur maximal (MOD).	22
Figure 8. Profils de vitesse du son moyens mensuels à proximité des sites de modélisation 3 et 6 (Figure 3, tableau 3). Les profils ont été établis à partir des données fournies par le <i>GDEM V. 3.0</i> (Teague <i>et al.</i> , 1990, Carnes, 2009).	25
Figure 9. Profils de vitesse du son moyens mensuels utilisés pour les scénarios de modélisation dans le tableau 3, établis à partir des données fournies par le <i>GDEM V. 3.0</i> (Teague <i>et al.</i> , 1990, Carnes, 2009). Les portions extrapolées des profils associés aux sites 4 à 6 sont indiquées par les lignes de tirets.	26
Figure 10. Coefficient d'absorption établi d'après les équations de François et Garrison (1982a, b) pour février et août.	27
Figure 11. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour l'entrée de bassin/la sortie de bassin des très gros transporteurs de brut (TGTB) avec quatre remorqueurs au site 1 au mois de février.	30
Figure 12. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de très gros transporteurs de brut (TGTB) avec un remorqueur à 6 nœuds au site 2 au mois de février.	30
Figure 13. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de très gros transporteurs de brut (TGTB) à 15 nœuds au site 3 au mois de février.	31
Figure 14. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de très gros transporteurs de brut (TGTB) à 15 nœuds au site 4 au mois de février.	31
Figure 15. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de très gros transporteurs de brut (TGTB) à 15 nœuds au site 5 au mois de février.	32
Figure 16. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de très gros transporteurs de brut (TGTB) à 15 nœuds au site 6 au mois de février.	32
Figure 17. Niveaux d'exposition au bruit non pondérée (MOD) pour les activités des transporteurs de type Suezmax au mois de février.	33
Figure 18. Niveaux d'exposition au bruit non pondérée (MOD) pour les activités des transporteurs de type Suezmax au mois d'août.	34
Figure 19. Niveaux d'exposition au bruit non pondérée (MOD) pour les activités des TGTB au mois de février.	34

Figure 20. Niveaux d'exposition au bruit non pondérée (MOD) pour les activités des TGTB au mois d'août. 35

Figure 21. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) pour le passage de très gros transporteurs de brut (TGTB) à 15 nœuds au site 6 pour les mois de février (panneau supérieur) et d'août (panneau inférieur). Les niveaux sont indiqués le long d'une voie radiale qui s'étend vers l'est depuis l'emplacement source..... 38

Figure A1. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour l'entrée de bassin/la sortie de bassin de navires de type Suezmax avec trois remorqueurs au site 1 au mois de février. 46

Figure A2. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de navires de type Suezmax avec un remorqueur à 6 nœuds au site 2 au mois de février. 47

Figure A3. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de navires de type Suezmax à 15 nœuds au site 3 au mois de février..... 47

Figure A4. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de navires de type Suezmax à 15 nœuds au site 4 au mois de février..... 48

Figure A5. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de navires de type Suezmax à 15 nœuds au site 5 au mois de février..... 48

Figure A6. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de navires de type Suezmax à 15 nœuds au site 6 au mois de février..... 49

Figure A7. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour l'entrée de bassin/la sortie de bassin de navires de type Suezmax avec trois remorqueurs au site 1 au mois d'août. 49

Figure A8. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de navires de type Suezmax avec un remorqueur à 6 nœuds au site 2 au mois d'août..... 50

Figure A9. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de navires de type Suezmax à 15 nœuds au site 3 au mois d'août. 50

Figure A10. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de navires de type Suezmax à 10 nœuds au site 4 au mois d'août. 51

Figure A11. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de navires de type Suezmax à 15 nœuds au site 5 au mois d'août. 51

Figure A12. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de navires de type Suezmax à 15 nœuds au site 6 au mois d'août. 52

Figure A13. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour l'entrée de bassin/la sortie de bassin des très gros transporteurs de brut (TGTB) avec quatre remorqueurs au site 1 au mois d'août..... 52

Figure A14. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de TGTB avec un remorqueur à 6 nœuds au site 2 au mois d'août..... 53

Figure A15. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de TGTB à 15 nœuds au site 3 au mois d'août. 53

Figure A16. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de TGTB à 10 nœuds au site 4 au mois d'août. 54

Figure A17. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de TGTB à 15 nœuds au site 5 au mois d'août. 54

Figure A18. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de TGTB à 15 nœuds au site 6 au mois d'août. 55

Tableaux

Tableau 1. Paramètres pour les fonctions de pondération d'audition recommandées par Southall <i>et al.</i> (2007) et la NOAA (2013).	10
Tableau 2. Seuils acoustiques doubles pour le niveau de pression sonore de crête (SPL, en dB p/r à une référence de 1 µPa) et le niveau d'exposition au bruit avec pondération M (SEL, en dB p/r à une référence de µPa ² s) pour un déplacement permanent du seuil auditif (PTS) provenant de bruits impulsifs et non impulsifs proposés par l'ébauche des lignes directrices acoustiques de la NOAA (NOAA, 2013, tableau 6).	11
Tableau 3. Emplacements et opérations pour les scénarios modélisés. L'abscisse (vers l'est) et l'ordonnée (vers le nord) sont définies dans le système UTM (Mercator transverse universelle) zone 19N. Les profondeurs de l'eau sont exprimées en mètres en dessous du niveau moyen de l'eau.....	13
Tableau 4. Tracés et activités des navires utilisés pour calculer les niveaux d'exposition au bruit (SEL) pendant 24 heures. Les activités sont énumérées dans l'ordre approximatif d'occurrence pour un transporteur sortant, et peuvent se chevaucher dans certains cas. La vitesse de passage dans le parc marin dépend de la saison. BP = Puissance de traction	15
Tableau 5. Spécifications présumées dans la modélisation des niveaux sources pour les transporteurs (Antonopoulos, 2012; Fidell, 2014; Moffat et Nichol, 2014).	17
Tableau 6. Renseignements sur les navires de substitution utilisés pour calculer les niveaux sources pour le modèle acoustique.....	17
Tableau 7. Spécifications des navires utilisés pour estimer les niveaux sources pour les remorqueurs exploités au terminal ou à proximité de celui-ci.....	19
Tableau 8. Profil géoacoustique estimé. Dans chaque tranche d'eau, chaque paramètre varie de façon linéaire dans la tranche indiquée.	24
Tableau 9. Distances horizontales au 95 ^e centile ($R_{95\%}$) (en km) de la source aux niveaux de pression acoustique de la valeur efficace de la bande passante non pondérée modélisés (MOD) (SPL; de 10 Hz à 31,6 kHz) pour les activités des transporteurs de type Suezmax au mois de février. La résolution de la grille horizontale est de 10 m.	28
Tableau 10. Distances horizontales au 95 ^e centile ($R_{95\%}$) (en km) de la source aux niveaux de pression acoustique de la valeur efficace de la bande passante non pondérée modélisés (MOD) (SPL; de 10 Hz à 31,6 kHz) pour les activités des transporteurs de type Suezmax au mois d'août. La résolution de la grille horizontale est de 10 m.	29
Tableau 11. Distances horizontales au 95 ^e centile ($R_{95\%}$) (en km) de la source aux niveaux de pression acoustique de la valeur efficace de la bande passante non pondérée modélisés (MOD) (SPL; de 10 Hz à 31,6 kHz) pour les activités des TGTB au mois de février. La résolution de la grille horizontale est de 10 m.	29
Tableau 12. Distances horizontales au 95 ^e centile ($R_{95\%}$) (en km) de la source aux niveaux de pression acoustique de la valeur efficace de la bande passante non pondérée modélisés (MOD) (SPL; de 10 Hz à 31,6 kHz) pour les activités des TGTB au mois d'août. La résolution de la grille horizontale est de 10 m.....	29
Tableau 13. Résumé des distances ($R_{95\%}$, km) par rapport à l'isoplèthe des niveaux de pression acoustique de la valeur efficace de 120 dB p/r à une référence de 1 µPa pour les scénarios modélisés des activités des navires. La résolution de la grille horizontale est de 10 m.	37

1. Introduction

1.1. Aperçu du projet

Le projet Énergie Est se rapporte à la construction d'un réseau de pipelines pour le transport du pétrole brut de l'Alberta et de la Saskatchewan jusqu'à des points de livraison au Québec et au Nouveau-Brunswick. Dans le cadre de ce projet, TransCanada Pipelines Limited a proposé d'exploiter un terminal sur la rive nord de la baie de Fundy à la pointe Mispic, à environ 9 km au sud-est de la ville de Saint John, au Nouveau-Brunswick (figure 1). Le terminal maritime Canaport comprendrait une structure fixe à deux postes de mouillage et chargerait des pétroliers Suezmax et de très gros transporteurs de brut (TGTB) destinés aux marchés internationaux.

Le présent rapport décrit une étude de modélisation réalisée par JASCO Applied Sciences (JASCO) pour Stantec Consulting visant à prévoir les niveaux de bruits sous-marins associés aux activités de navigation en provenance et à destination du terminal maritime Canaport. Au total, six scénarios ont été modélisés pour deux périodes distinctes de l'année (février et août) et pour l'exploitation de deux types de pétroliers (Suezmax et TGTB), ainsi que les remorqueurs d'appui associés. La méthode de modélisation tient compte des caractéristiques des sources et des propriétés environnementales de la zone, notamment les variations saisonnières des propriétés de la colonne d'eau. Les résultats du modèle sont présentés sous la forme de niveaux de pression acoustique (SPL) et de niveaux d'exposition au bruit (SEL) de valeur efficace (RMS) pendant 24 heures.

La section 1.2 présente des renseignements généraux sur la modélisation acoustique sous-marine et les seuils de niveau sonore utilisés pour évaluer les possibles répercussions sur les mammifères marins. La section 2 décrit les scénarios modélisés. La section 3 traite de la méthodologie adoptée pour estimer les niveaux sources et pour modéliser la propagation du son, et décrit les paramètres environnementaux utilisés par les modèles de propagation. La section 4 présente les résultats du modèle dans deux formats : des tableaux de distances par rapport aux seuils de niveau sonore et des cartes en courbes de niveau de champ acoustique illustrant la directivité des différentes courbes de seuil de niveau sonore. Enfin, la section 5 présente une analyse des résultats.

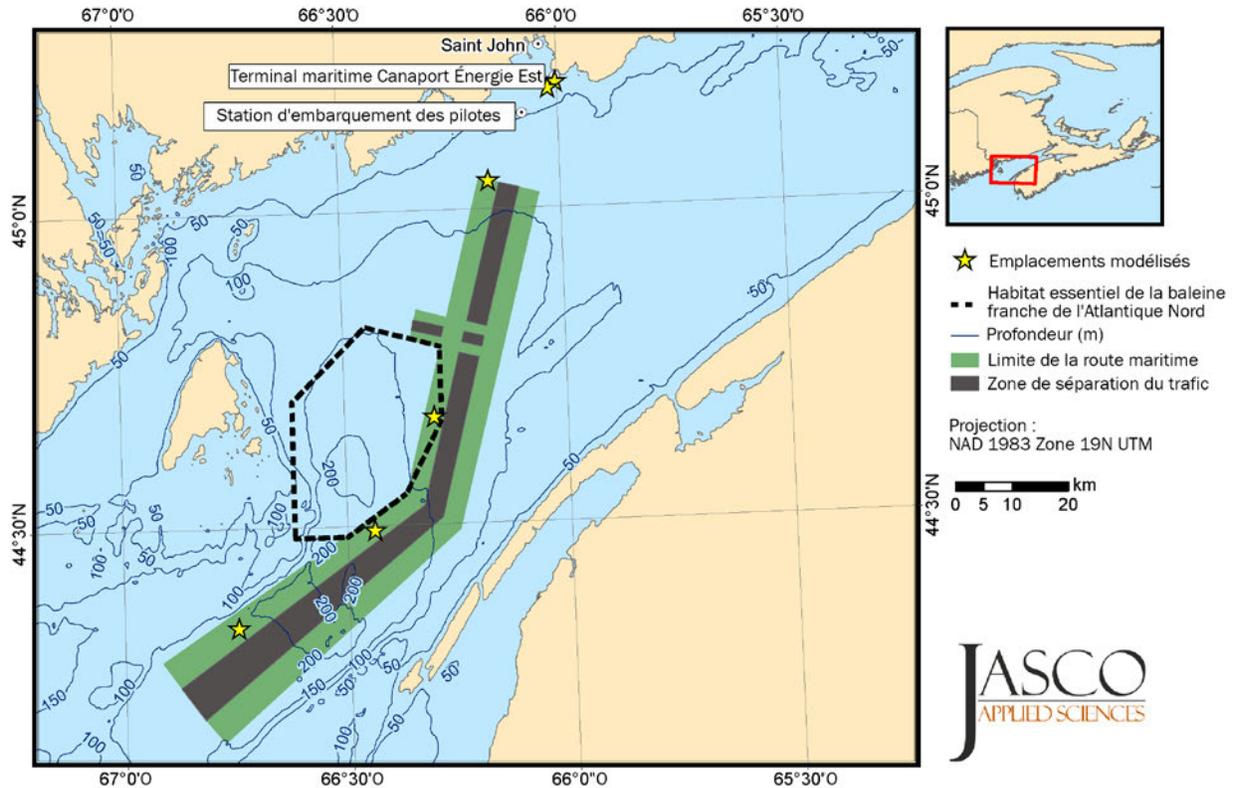


Figure 1. Emplacements des sites modélisés à proximité du terminal maritime Canaport Énergie Est à la pointe Mispec (Nouveau-Brunswick).

1.2. Contexte

1.2.1. Perte de transmission

La propagation du son dans l'environnement est modélisée en prédisant la perte de transmission (une mesure en décibels ([dB]) de la baisse du niveau sonore entre une source et un récepteur situé à une certaine distance. La diffusion géométrique des ondes acoustiques est le principal mécanisme de perte de transmission. On parle aussi de perte de transmission lorsque le son est absorbé et dispersé par l'eau de mer, et absorbé, dispersé et réfléchi à la surface de l'eau et dans le plancher océanique. La perte de transmission dépend de la fréquence du son et des propriétés acoustiques de l'environnement, notamment la vitesse du son sous l'eau (qui varie selon la profondeur et les propriétés de l'eau), la bathymétrie et les propriétés géoacoustiques du plancher océanique.

Lorsque la perte de transmission à une fréquence donnée est connue, alors le niveau sonore reçu à un endroit (niveau reçu, RL) est égal au niveau source (SL) moins la perte de transmission (TL) qui a lieu entre la source et un endroit donné :

$$RL = SL - TL \tag{1}$$

SL est le SPL ou le SEL efficace de la source à une distance de référence de 1 mètre (en dB p/r à une référence de 1 µPa à 1 m et en dB p/r à une référence de 1 µPa² s à 1 m, respectivement), RL est le SPL ou le SEL reçu à l'endroit donné (en dB p/r à une référence de 1 µPa ou en dB p/r à une référence de 1 µPa² s, respectivement) et TL est la perte de transmission (en dB p/r à une référence de 1 m) qui a lieu entre la source et cet endroit donné.

1.2.2. Bruit impulsif et continu

On peut classer les bruits d'origine anthropique et environnementale en deux catégories générales : impulsifs et continus. Les bruits impulsifs, tels que les bruits provenant de l'enfoncement de pieux par battage, se caractérisent par des événements acoustiques brefs et intermittents avec une apparition rapide (en quelques secondes) et un retour aux niveaux ambiants. Les bruits continus, tels que les bruits des hélices d'un navire, se caractérisent par des changements progressifs du niveau sonore au fil du temps.

1.2.3. Mesures acoustiques

On mesure l'amplitude acoustique sous-marine en décibels (dB) par rapport à une pression de référence fixe de $p_0 = 1 \mu\text{Pa}$. Compte tenu du fait que les niveaux sonores des bruits impulsifs ne sont en général pas proportionnels à la pression acoustique instantanée, on utilise généralement plusieurs mesures de niveau sonore afin d'évaluer les niveaux sonores des bruits impulsifs et leurs effets sur le milieu biologique marin. Les mesures sonores suivantes peuvent aussi être utilisées dans le cadre de l'évaluation des bruits continus (section 1.2.5).

Le SPL de zéro à crête, ou le SPL de crête (dB p/r à une référence de $1 \mu\text{Pa}$), est le niveau de pression sonore instantanée maximum dans une bande de fréquences donnée atteint par un signal de pression acoustique, $p(t)$:

$$\text{SPL de crête} = 10 \log_{10} \left[\frac{\max(|p^2(t)|)}{p_0^2} \right] \quad (2)$$

On utilise couramment la mesure du SPL de crête pour les bruits impulsifs, mais elle ne tient pas compte de la durée ou de la largeur de bande du bruit. À de fortes intensités, le SPL de crête peut être un critère valide pour évaluer si un bruit peut être nuisible; toutefois, compte tenu du fait que le SPL de crête ne tient pas compte de la durée d'un bruit, il n'est pas un bon indicateur de sonie perçue.

La valeur efficace (RMS) du SPL (en dB p/r à une référence de $1 \mu\text{Pa}$) est le niveau de pression RMS dans une bande de fréquence établie pendant une durée (T , en secondes) contenant l'événement acoustique :

$$\text{SPL RMS} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{T} \int_T p^2(t) dt / p_0^2 \right) \quad (3)$$

Le SPL RMS est une mesure de la pression moyenne ou de la pression efficace pendant toute la durée d'un événement acoustique, comme l'émission d'une impulsion acoustique ou d'une drague acoustique. Étant donné que la durée T est le diviseur, les événements qui durent plus longtemps ont un SPL RMS inférieur pour la même densité d'énergie acoustique totale.

Le niveau d'exposition au bruit (SEL, en dB p/r à une référence de $1 \mu\text{Pa}^2 \text{ s}$) est une mesure de l'énergie acoustique totale reçue pendant une période de temps, et se calcule en prenant le niveau en dB de la puissance acoustique intégrée pendant une période de temps donnée T :

$$\text{SEL} = 10 \log_{10} \left(\int_T p^2(t) dt / (p_0^2 T_0) \right) \quad (4)$$

où T_0 est un intervalle de temps de référence de 1 s. Le SEL représente l'énergie acoustique totale reçue à un endroit pendant un événement acoustique; il mesure l'énergie acoustique totale à laquelle serait exposé un organisme présent à cet endroit.

On peut calculer le SEL sur des périodes de temps comprenant plusieurs événements acoustiques. On calcule le SEL pendant plusieurs événements (en dB p/r à une référence de $1 \mu\text{Pa}^2 \text{ s}$) en additionnant (en unités linéaires) les SEL des N événements individuels :

$$\text{SEL}_N = 10 \log_{10} \left(\sum_{i=1}^N 10^{\frac{\text{SEL}_i}{10}} \right) \quad (5)$$

1.2.4. Fonction de pondération d'audition des mammifères marins

Selon la qualité auditive de l'animal, un bruit peut nuire plus ou moins aux animaux marins. Les bruits ont tendance à moins déranger les animaux ou à moins leur nuire s'ils sont à des fréquences que les animaux ne peuvent pas bien entendre, même si la pression acoustique peut provoquer des lésions physiques par l'entremise de mécanismes non auditifs (p. ex. barotraumatisme) si elle est suffisamment élevée. Pour des niveaux sonores inférieurs à de tels extrêmes, on peut appliquer la pondération fréquentielle pour mesurer l'importance des composantes acoustiques à des fréquences particulières pour refléter la sensibilité d'un animal à ces fréquences (Nedwell et Turnpenny, 1998; Nedwell *et al.*, 2007).

Les fonctions de pondération d'audition pour les mammifères marins ont été proposées par Southall *et al.* (2007). On les appelle les fonctions de pondération M. Ces fonctions ont été définies pour cinq groupes d'audition fonctionnelle de mammifères marins :

- Cétacés basse fréquence – mysticètes (cétacés à fanons)
- Cétacés moyenne fréquence – certains odontocètes (cétacés à dents)
- Cétacés haute fréquence – odontocètes spécialisés dans l'utilisation des hautes fréquences
- Pinnipèdes sous l'eau – phoques, otaries et morses
- Pinnipèdes à l'air libre (non traités ici)

Les fonctions de pondération M ont un gain unitaire (0 dB) dans la largeur de bande et leurs pentes de diminution haute fréquence et basse fréquence sont d'environ -12 dB par octave. La réponse d'amplitude dans le domaine de fréquence de chaque fonction de pondération M est définie ainsi :

$$G(f) = -20 \log_{10} \left[\left(1 + \frac{a^2}{f^2} \right) \left(1 + \frac{f^2}{b^2} \right) \right] \quad (6)$$

où $G(f)$ est l'amplitude de la fonction de pondération (en dB) à la fréquence f (en Hz), et a et b sont les limites inférieures et supérieures d'audition estimées, respectivement, qui contrôlent la pente de diminution et la largeur de bande de la fonction de pondération. Les paramètres a et b sont définis de manière unique pour chaque groupe d'audition fonctionnelle (tableau 1).

Finneran et Jenkins (2012) ont proposé de mettre à jour les fonctions de pondération M des cétacés en les fusionnant selon des fonctions de pondération d'isophonie. Dans une ébauche de rapport, la National Oceanic and Atmospheric Administration des États-Unis (NOAA, 2013) a proposé d'autres modifications à la fonction des cétacés basse fréquence et a recommandé de diviser le groupe d'audition des pinnipèdes aquatiques en deux familles : les phocidés (p. ex. les vrais phoques) et les otaridés (p. ex. les otaries et les otaries à fourrure). Chaque fonction de pondération d'audition recommandée par la NOAA (2013) est une fusion de deux fonctions :

$$G_1(f) = K_1 - 20 \log_{10} \left[\left(1 + \frac{a_1^2}{f^2} \right) \left(1 + \frac{f^2}{b_1^2} \right) \right] \tag{7}$$

$$G_2(f) = K_2 - 20 \log_{10} \left[\left(1 + \frac{a_2^2}{f^2} \right) \left(1 + \frac{f^2}{b_2^2} \right) \right]$$

où, en général, G_1 est la fonction de pondération M définie par Southall *et al.* (2007; équation 6) et G_2 est la fonction d'isotonie définie par Finneran et Jenkins (2012). K_1 et K_2 normalisent les fonctions par rapport à la même fréquence de référence. La fonction de pondération d'audition recommandée par la NOAA est égale à la plus élevée des deux fonctions à chaque fréquence; en général, G_1 s'applique aux basses fréquences et G_2 s'applique aux hautes fréquences. Pour les groupes de cétacés moyenne fréquence et haute fréquence, les paramètres sont ceux définis par Southall *et al.* (a_1 et b_1) et par Finneran et Jenkins (a_2 et b_2). Pour le groupe des cétacés basse fréquence, les paramètres sont modifiés par rapport à ceux précédemment définis. Pour les pinnipèdes sous l'eau, les nouveaux paramètres G_1 sont définis indépendamment pour les pinnipèdes phocidés et les pinnipèdes otariidés dans l'eau et la fonction G_2 est omise. La fonction de pondération des phocidés a une gamme de fréquences plus large que la fonction des otariidés (tableau 1). Les fonctions de pondération d'audition recommandées par Southall *et al.* (2007) et la NOAA (2013) sont illustrées dans la figure 2. L'utilisation des fonctions de pondération pour satisfaire aux critères proposés par la NOAA est traitée plus en détail dans la section 1.2.5.

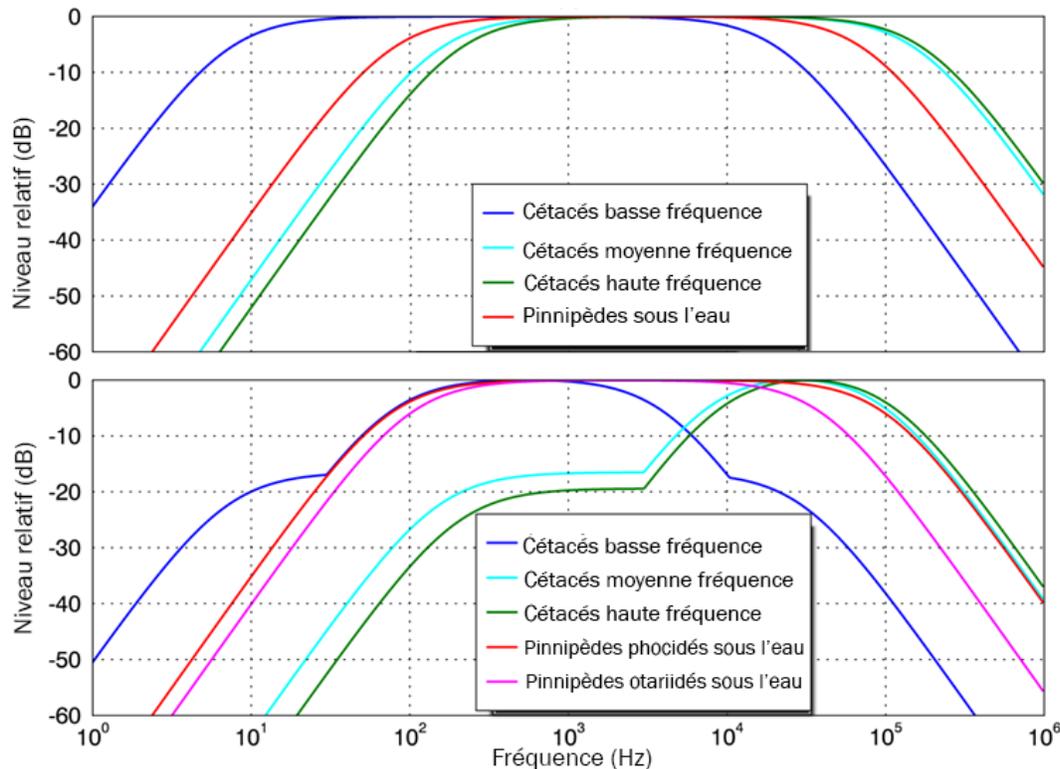


Figure 2. Fonctions de pondération d'audition pour les groupes d'audition fonctionnelle des mammifères marins recommandées par (haut) Southall *et al.* (2007) et (bas) la NOAA (2013).

Tableau 1. Paramètres pour les fonctions de pondération d'audition recommandées par Southall *et al.* (2007) et la NOAA (2013).

Groupe d'audition fonctionnelle	Southall <i>et al.</i>		NOAA					
	a (Hz)	b (Hz)	K_1 (dB)	α_1 (Hz)	b_1 (Hz)	K_2 (dB)	α_2 (Hz)	b_2 (Hz)
Cétacés basse fréquence	7	22 000	-16,5	7	30 000	0,3	75	4 000
Cétacés moyenne fréquence	150	160 000	-16,5	150	160 000	1,4	7 829	95 520
Cétacés haute fréquence	200	180 000	-19,4	200	180 000	1,4	9 480	108 820
Pinnipèdes aquatiques	75	75 000	-	-	-	-	-	-
Pinnipèdes phocidés sous l'eau	-	-	0	75	100 000	-	-	-
Pinnipèdes otaridés sous l'eau	-	-	0	100	40 000	-	-	-

1.2.5. Critères d'exposition au bruit des mammifères marins

Les résultats de modélisation sont fournis pour les critères d'évaluation suivants en ce qui concerne le bruit sous-marin :

- Critères acoustiques provisoires actuels du National Marine Fisheries Service (NMFS) pour la perturbation comportementale
- Critères proposés dans l'ébauche des lignes directrices acoustiques de la NOAA (NOAA, 2013) publiée en décembre 2013

Le National Marine Fisheries Service (NMFS) des États-Unis a défini la perturbation potentielle ou la perturbation comportementale pour les pinnipèdes et les cétacés :

- 160 dB p/r à une référence de 1 μ Pa SPL RMS pour les bruits impulsifs
- 120 dB p/r à une référence de 1 μ Pa SPL RMS pour les bruits continus (NMFS, 2014)

Exprimés en SPL RMS, les critères tiennent compte de l'énergie et de la durée de l'événement acoustique. Toutefois, ils ne tiennent pas compte de la durée de l'exposition, de la composition de fréquence du bruit, du taux de répétition ou de la capacité auditive des animaux.

En décembre 2013, la NOAA a publié une ébauche des lignes directrices acoustiques (NOAA, 2013) qui est en cours d'examen. Les lignes directrices incluent les seuils des SPL de crête et les seuils nuisibles des SEL cumulatifs; en vertu du système de réglementation des États-Unis, on parle de *prise* lorsqu'un mammifère marin est exposé à des niveaux sonores qui dépassent ces seuils. L'ébauche des lignes directrices acoustiques de la NOAA stipule que les SEL doivent être calculés à partir du niveau accumulé à l'emplacement de l'animal pendant une période d'accumulation précise. En outre, le SEL doit faire l'objet d'une pondération fréquentielle pour le groupe d'audition fonctionnelle de mammifères marins applicable et d'une comparaison avec les seuils propres à chaque groupe.

La période d'accumulation pour le calcul du SEL en vertu de l'ébauche des lignes directrices acoustiques de la NOAA dépend de la durée de l'activité, du déplacement de la source et de l'animal, et de la capacité de modéliser un tel déplacement. Lorsqu'une modélisation du déplacement de l'animal ou de la source est possible, la période d'accumulation correspond à la durée de l'activité ou à 24 h (la moindre des deux). Si la modélisation est impossible dans le cadre de l'évaluation, on propose une accumulation d'une heure pour simplifier l'approche. Pour une source stationnaire, toutefois, les lignes directrices stipulent que cette durée d'accumulation proposée pourrait être inappropriée pour les mammifères marins qui sont fidèles à un site particulier, car ils peuvent demeurer à proximité pendant des périodes plus longues.

Les fonctions de pondération d'audition et les seuils proposés par la NOAA (2013) se basent principalement sur deux études : Southall *et al.* (2007) et Finneran et Jenkins (2012). Bien qu'elles soient

étroitement liées, les fonctions de pondération et les seuils proposés dans l'ébauche des lignes directrices acoustiques de la NOAA sont différentes de celles contenues dans ces deux études. Comme nous l'avons mentionné précédemment, la NOAA propose des fonctions et des seuils de pondération d'audition pour cinq groupes d'audition de mammifères marins : les cétacés basse fréquence, moyenne fréquence et haute fréquence, et les deux classes de pinnipèdes sous l'eau que sont les phocidés et les otaridés (section 1.2.4). Les seuils de l'ébauche des lignes directrices acoustiques de la NOAA en ce qui concerne le déplacement permanent du seuil auditif (PTS) sont indiqués dans le tableau 2. Il faut faire plus de recherches et d'évaluation pour définir les seuils comportementaux; ceux-ci ne sont pas traités dans l'ébauche des lignes directrices acoustiques (NMFS, 2014; Lucke *et al.*, 2014).

Tableau 2. Seuils acoustiques doubles pour le niveau de pression sonore de crête (SPL, en dB p/r à une référence de 1 μPa) et le niveau d'exposition au bruit avec pondération M (SEL, en dB p/r à une référence de $\mu\text{Pa}^2 \text{s}$) pour un déplacement permanent du seuil auditif (PTS) provenant de bruits impulsifs et non impulsifs proposés par l'ébauche des lignes directrices acoustiques de la NOAA (NOAA, 2013, tableau 6).

Groupe d'audition fonctionnelle	Bruits impulsifs		Bruits non impulsifs	
	SPL de crête	SEL pondéré	SPL de crête	SEL pondéré
Cétacés basse fréquence	230	187	230	198
Cétacés moyenne fréquence	230	187	230	198
Cétacés haute fréquence	201	161	201	180
Pinnipèdes phocidés sous l'eau	235	192	235	197
Pinnipèdes otaridés sous- l'eau	235	215	235	220

2. Scénarios modélisés

Les champs acoustiques sous-marins associés aux opérations de navigation ont été modélisés pour les scénarios suivants et placés le long de l'itinéraire approximatif d'un transporteur sortant (figure 3, tableau 3) :

- Entrée de bassin/sortie de bassin du pétrolier : Les opérations d'entrée et de sortie de bassin assistées par remorqueur près du terminal (site 1, figure 3) ont été modélisées avec trois remorqueurs d'appui pour un transporteur Suezmax et quatre remorqueurs d'appui pour un TGTB (se reporter à la section 3.1 pour plus de détails). On a supposé que les transporteurs ne seront pas équipés de propulseurs ou ne les utiliseront pas; la contribution au champ acoustique global du transporteur devrait donc être négligeable durant l'entrée ou la sortie de bassin. Seuls les bruits générés par les remorqueurs ont été modélisés pour les scénarios d'entrée et de sortie de bassin.
- Passage du transporteur entre le terminal et la station d'embarquement des pilotes : Un transporteur et un remorqueur se déplaçant à 6 nœuds ont été modélisés pour un site entre le terminal et la station d'embarquement des pilotes (site 2, figure 3).
- Passage du transporteur à pleine vitesse : Un transporteur se déplaçant à 15 nœuds a été modélisé pour trois sites dans le couloir de navigation de sortie dans la baie de Fundy (sites 3, 5 et 6, figure 3).
- Passage du transporteur dans l'habitat essentiel de la baleine franche de l'Atlantique Nord : Un transporteur se déplaçant à 10 nœuds (été) ou à 15 nœuds (hiver) [se reporter à la section 3.1.1] a été modélisé pour un site dans le couloir de navigation de sortie dans lequel il passe dans l'habitat essentiel de la baleine franche de l'Atlantique Nord (site 4, figure 3).

Le champ acoustique sous-marin a été modélisé pour un transporteur Suezmax et un TGTB pour chacun des scénarios de déplacement (section 3.1).

La distance sur laquelle le son se propage dépend du profil de la vitesse sonique dans la colonne d'eau qui varie tout au long d'une année. Afin de définir cette variabilité, chaque scénario a été modélisé à l'aide de profils de vitesse sonique de février à août, et représente la meilleure et la moins bonne propagation sonique possible, respectivement (section 3.3.3).

Les SEL doivent être intégrés sur une zone et une période appropriée pour pouvoir évaluer les SEL en fonction des critères de l'ébauche de la NOAA (section 1.2.5). Un échantillon de scénarios de navigation a été assemblé pour estimer les SEL à partir d'une série d'opérations de transporteurs et de remorqueurs dans le cadre d'une sortie de bassin d'un seul transporteur et de son déplacement jusqu'à la fin du couloir de navigation de sortie (figure 4, tableau 4). Les SEL ont été estimés pour un transporteur Suezmax et un TGTB, pour les profils de vitesse sonique de février et août. Les transporteurs utiliseront des moteurs auxiliaires uniquement pendant les 20 à 31 heures passées au poste d'accostage avant la sortie de bassin (Fidell, 2014) et généreront des quantités négligeables de bruits pendant cette période; ainsi, le temps passé à quai avant la sortie de bassin n'a pas été inclus dans le scénario. Le scénario tient compte des champs acoustiques propres à la source et au site associés à chaque activité, du déplacement de la source et de la fréquence et durée attendues ou probables de l'émission de bruit. Le mouvement des animaux n'a pas été modélisé.

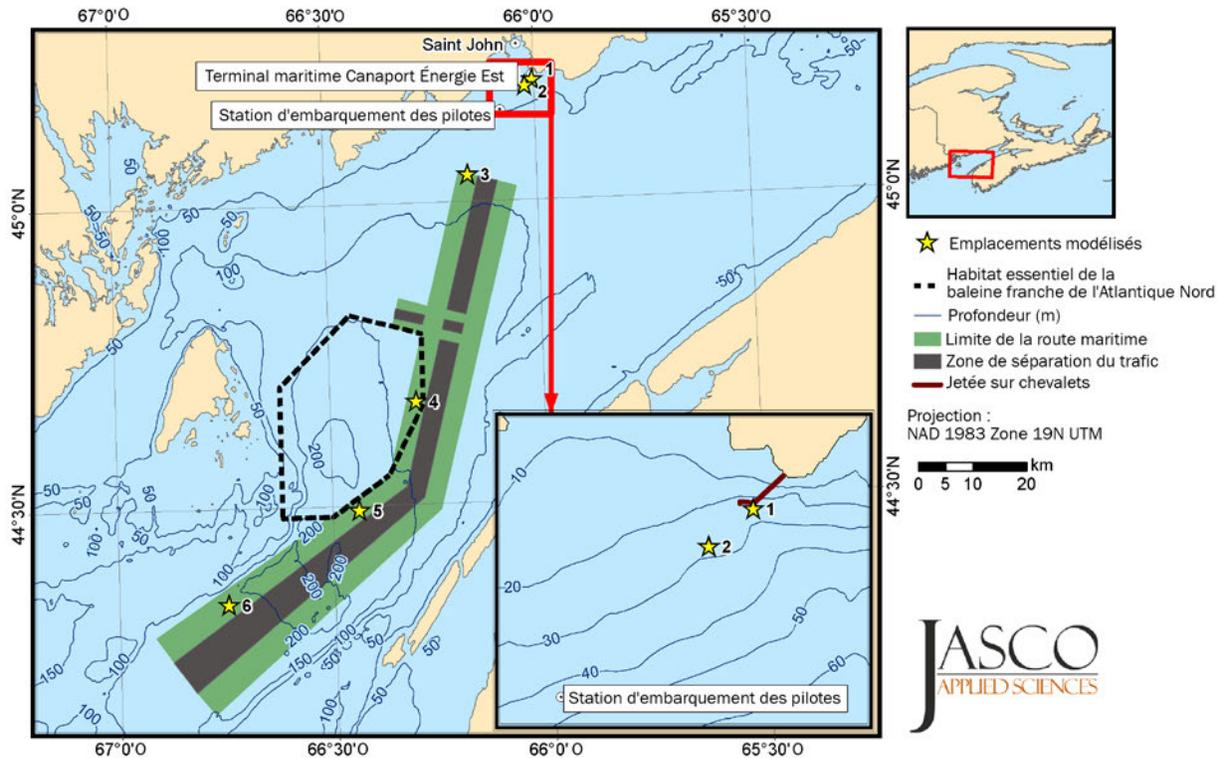


Figure 3. Emplacements des sites modélisés. Les sites côtiers sont illustrés plus en détail dans le carton intérieur. Les numéros des sites correspondent à ceux du tableau 3.

Tableau 3. Emplacements et opérations pour les scénarios modélisés. L'abscisse (vers l'est) et l'ordonnée (vers le nord) sont définies dans le système UTM (Mercator transverse universelle) zone 19N. Les profondeurs de l'eau sont exprimées en mètres en dessous du niveau moyen de l'eau.

Site	Longitude	Latitude	Vers l'est (m)	Vers le nord (m)	Profondeur approximative (m)	Opérations
1	66° 0.198' O	45° 12.054' N	735358	5009638	25	Entrée de bassin/sortie de bassin
2	66° 1.260' O	45° 11.460' N	734009	5008486	28	Passage des transporteurs et des remorqueurs, 6 nœuds
3	66° 9.708' O	45° 2.796' N	723512	4992046	87	Passage des transporteurs, 15 nœuds
4	66° 17.982' O	44° 40.350' N	714035	4950118	130	Passage des transporteurs, 10 nœuds (été) ou 15 nœuds (hiver)
5	66° 26.352' O	44° 29.664' N	703599	4929977	195	Passage des transporteurs, 15 nœuds
6	66° 44.862' O	44° 20.598' N	679533	4912471	196	Passage des transporteurs, 15 nœuds

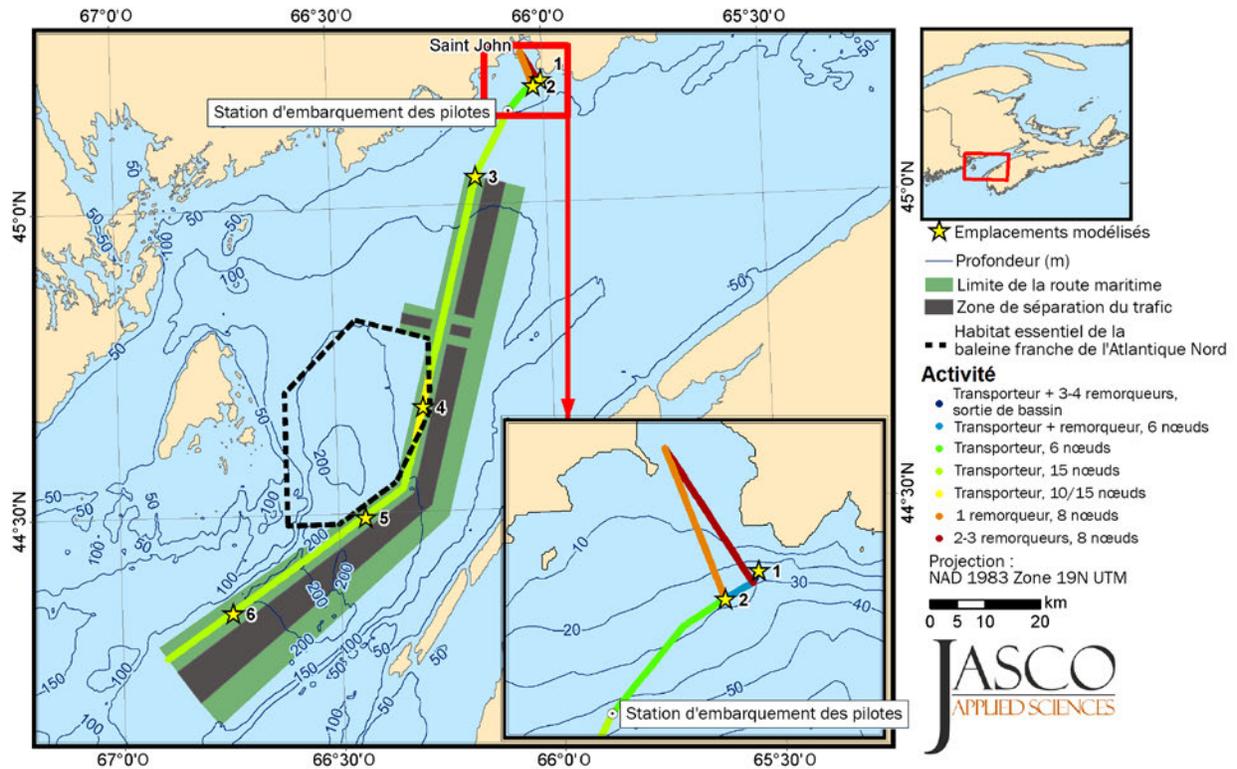


Figure 4. Tracés des navires utilisés pour calculer les niveaux d'exposition au bruit (SEL) pendant 24 heures. Les plages relatives au nombre de remorqueurs reflètent le fait que les TGTB ont besoin d'un remorqueur d'appui de plus pour l'entrée de bassin et la sortie de bassin que les transporteurs Suezmax. La vitesse de passage dans l'habitat essentiel de la baleine franche de l'Atlantique Nord est de 10 nœuds en été et de 15 nœuds en hiver.

Tableau 4. Tracés et activités des navires utilisés pour calculer les niveaux d'exposition au bruit (SEL) pendant 24 heures. Les activités sont énumérées dans l'ordre approximatif d'occurrence pour un transporteur sortant, et peuvent se chevaucher dans certains cas. La vitesse de passage dans le parc marin dépend de la saison. BP = Puissance de traction

Activité	Navires		Distance (km)	Vitesse (km/h [nœuds])	Durée (h)
	Suezmax	TGTB			
Sortie de bassin	Transporteur + 3 remorqueurs (2 × 70 t BP, 1 × 50 t de puissance de traction)	Transporteur + 4 remorqueurs (3 × 70 t de puissance de traction, 1 × 50 t de puissance de traction)	0,6	5,6 (3,0)	0,10
Passage du remorqueur jusqu'au port d'attache	2 remorqueurs (1 × 70 t de puissance de traction, 1 × 50 t de puissance de traction)	3 remorqueurs (2 × 70 t de puissance de traction, 1 × 50 t de puissance de traction)	6,5	14,8 (8,0)	0,44
Passage escorté	Transporteur + remorqueur (70 t de puissance de traction)	Transporteur + remorqueur (70 t de puissance de traction)	1,3	11,1 (6,0)	0,12
Passage du remorqueur jusqu'au port d'attache	Remorqueur (70 t de puissance de traction)	Remorqueur (70 t de puissance de traction)	6,5	14,8 (8,0)	0,44
Passage jusqu'à la station d'embarquement des pilotes	Transporteur	Transporteur	6,5	11,1 (6,0)	0,59
Passage jusqu'à l'extrémité N du parc marin	Transporteur	Transporteur	50,9	27,8 (15,0)	1,83
Passage dans le parc marin (hiver)	Transporteur	Transporteur	11,8	27,8 (15,0)	0,43
Passage dans le parc marin (été)	Transporteur	Transporteur	11,8	18,5 (10,0)	0,64
Passage jusqu'à la fin du couloir de navigation	Transporteur	Transporteur	61,8	27,8 (15,0)	2,23

3. Méthodologie

Les champs acoustiques sous-marins pour les sources du navire ont été modélisés à l'aide du modèle de bruit pour les opérations marine (MONM) de JASCO avec des paramètres propres à l'environnement. Les sous-sections suivantes décrivent la méthode et les paramètres utilisés pour estimer les niveaux sources et la propagation du son.

3.1. Niveaux sources

Les niveaux sources pour chacun des navires indiqués dans la section 2 ont été calculés à partir de mesures et de modèles empiriques publiés. Dans chaque cas, on a estimé les niveaux sources pour des bandes de tiers d'octave de 10 à 31 623 Hz. Les approches adoptées et les niveaux obtenus sont présentés dans les sous-sections ci-dessous.

3.1.1. Transporteurs

Les navires qui visiteront le terminal maritime Canoport proposé seront des transporteurs Suezmax et des TGTB, et la majeure partie des navires visiteurs seront des transporteurs Suezmax plus petits (Fidell, 2014). Les spécifications habituelles pour les deux types de transporteurs sont indiquées dans le tableau 5. Les navires devraient se déplacer à 15 nœuds vers la station d'embarquement des pilotes, puis à 6 nœuds vers la zone d'évitage qui se trouve immédiatement en face des postes d'accostage (Moffatt et Nichol, 2014). La vitesse des navires passera à 10 nœuds dans l'habitat essentiel de Grand Manan pendant l'été et l'automne (Garde côtière canadienne, 2014). L'entrée et la sortie de bassin s'effectueront avec le soutien de remorqueurs, comme cela est indiqué dans la section 3.1.2.

Les niveaux sources pour les transporteurs se basaient sur les mesures publiées de trois transporteurs de brut dans des conditions d'exploitation normales dans le canal de Santa Barbara (McKenna *et al.*, 2012). La vitesse de passage moyenne pour ces pétroliers était de 13,5 nœuds; les niveaux sources moyens pour ces mesures ont été présentés dans des bandes de tiers d'octave standard variant de 20 à 800 Hz. D'après les mesures de Arveson et Vendittis (2000), qui avaient mesuré un navire de charge moderne avec des vitesses de passage allant de 8 à 16 nœuds, les niveaux sources par bandes de tiers d'octave ont été extrapolés en basses fréquences (10 à 20 Hz) et en hautes fréquences (1 à 31,6 kHz). Le tableau 6 dresse la liste des spécifications pour les navires de substitution.

Les niveaux sources par bandes de tiers d'octave pour les navires de substitution ont été ajustés en fonction des spécifications des transporteurs et des vitesses de passage à l'aide de l'équation de la loi de puissance de Ross (1976) :

$$S(f, V, L) = S_0(f) + c_V 10 \log \left(\frac{V}{V_0} \right) + c_L 10 \log \left(\frac{L}{L_0} \right) \quad (8)$$

où S est le niveau spectral source, f est la fréquence, S_0 , V_0 et L_0 sont les spectres de niveau source de référence, la vitesse et la longueur, respectivement. Les constantes c_V et c_L sont de 6 et 2 respectivement (Wales et Heitmeyer, 2002). Les niveaux sources en bandes de tiers d'octave résultants pour les vitesses de passage de 6, 10 et 15 nœuds sont présentés dans la figure 5.

Étant donné que la source principale de bruits sous-marins issus de la navigation est généralement la cavitation des hélices (Ross, 1976, paragraphe 8.6), la profondeur de la source a été estimée en fonction des tirants d'eau et des diamètres des hélices (tableau 5). On a supposé que la source des bruits rayonnés se trouvait à mi-chemin entre l'arbre et le dessus du cercle balayé par l'hélice; par conséquent, on a utilisé l'équation suivante (Gray et Greeley, 1980) pour estimer la profondeur de la source Z_s :

$$Z_s = D - 0,85 \times d \quad (9)$$

où D est le tirant d'eau du navire et d est le diamètre des hélices. Les profondeurs résultantes de la source, d'après le tirant d'eau de conception des transporteurs, sont de 9 m pour un transporteur Suezmax et de 13 m pour le TGTB.

On a supposé que les transporteurs ne seront pas équipés de propulseurs ou ne les utiliseront pas durant l'entrée et la sortie de bassin lorsqu'ils recevront l'appui de remorqueurs, et qu'ils contribueront uniquement de manière minimale au champ acoustique total. Ainsi, seuls les bruits provenant des remorqueurs d'appui ont été inclus dans les scénarios d'entrée et de sortie de bassin (sections 2 et 3.1.2). De la même manière, en général, les transporteurs utiliseront uniquement les moteurs auxiliaires au poste d'accostage (Fidell, 2014).

Tableau 5. Spécifications présumées dans la modélisation des niveaux sources pour les transporteurs (Antonopoulos, 2012; Fidell, 2014; Moffat et Nichol, 2014).

Navire	Longueur (m)	Largeur (m)	Tirant d'eau (m)	Puissance maximale (kW)	Diamètre de l'hélice (m)
Suezmax	274	50	16	21 727	8
TGTB	332	60	21	29 400	10

Tableau 6. Renseignements sur les navires de substitution utilisés pour calculer les niveaux sources pour le modèle acoustique.

Type	Navire	Taille (m)			Puissance (kW)	Vitesse (nœuds)	Niveau sonore à large bande (dB p/r à une référence de 1 µPa à 1 m)
		Longueur	Largeur	Tirant d'eau			
Transporteur de pétrole brut*	<i>Singapore Voyager</i>	241,0	42,0	14,0	11 931	12,6	180,5
	<i>NS Century</i>	243,0	42,0	14,4	13 721	12,8	
	<i>Chemtrans Sky</i>	229,0	32,0	11,7	9 694	14,6	
Navire de charge**	<i>Overseas Harriette</i>	172,9	22,8	10,2	8 352	8 à 16	178,2 à 192,1

* Mesures du niveau source de McKenna *et al.* (2012).

** Mesures du niveau source de Arveson et Venditis (2000).

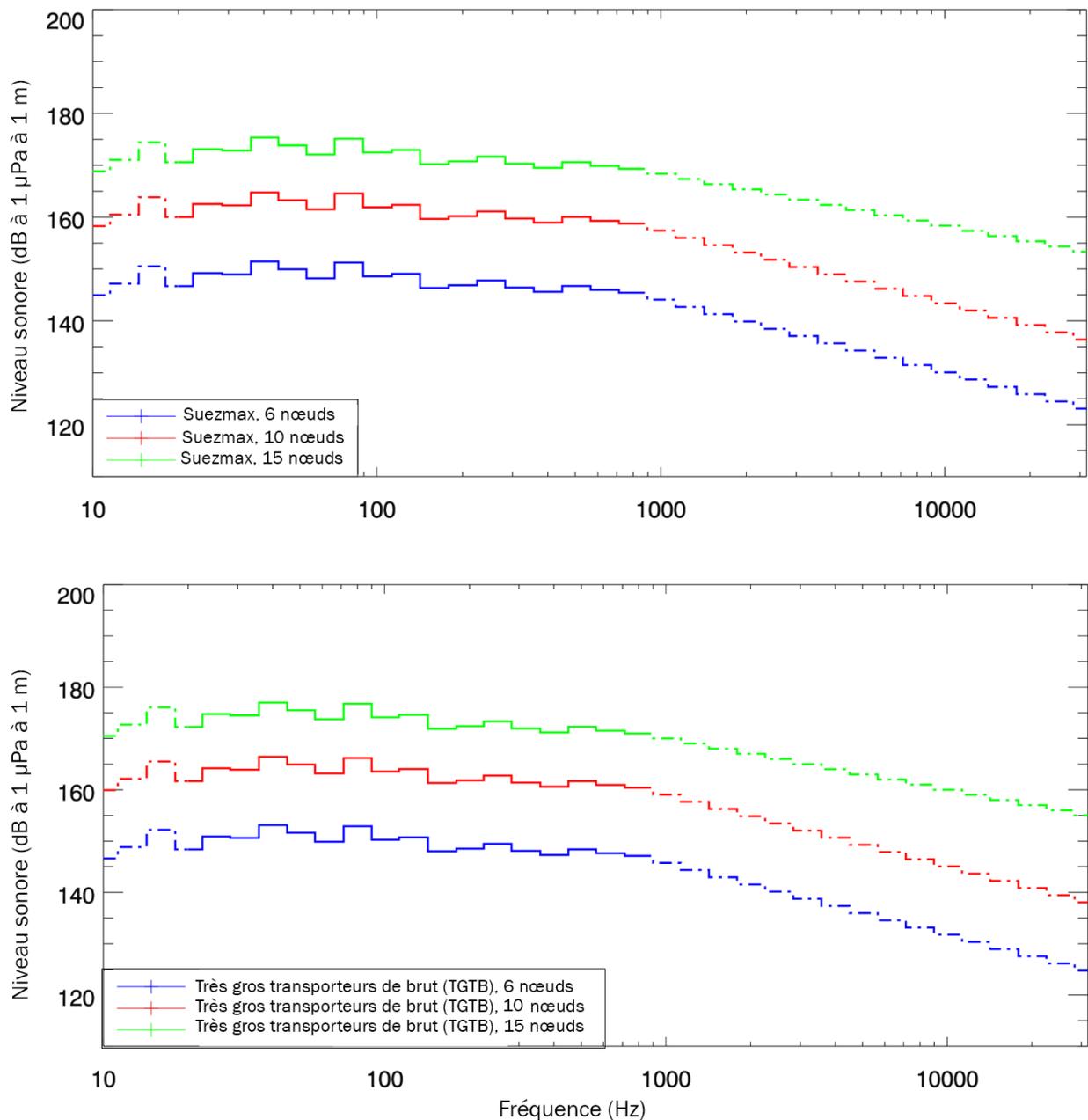


Figure 5. Niveaux sources estimés (SL) pour un transporteur Suezmax (haut) et un TGTB (bas) se déplaçant à trois vitesses différentes. Les niveaux extrapolés inférieurs à 20 Hz et supérieurs à 800 Hz sont représentés par des lignes interrompues.

3.1.2. Remorqueurs

Un remorqueur sera utilisé pour escorter les transporteurs se déplaçant entre le terminal et le point où l'itinéraire de passage du transporteur croise l'itinéraire du traversier Saint John-Digby, à environ 2 km au sud-ouest du terminal (figure 3, section 2). Deux remorqueurs supplémentaires aideront les navires Suezmax pendant l'entrée et la sortie de bassin; on prévoit trois remorqueurs supplémentaires (pour un total de quatre remorqueurs) pour les TGTB (Moffatt et Nichol, 2014). Tous les remorqueurs devraient

utiliser des transmissions en Z; les exigences initiales des remorqueurs stipulent une puissance de traction de 50 tonnes pour un des remorqueurs et de 70 tonnes pour le reste des navires d'appui (Moffatt et Nichol, 2014).

L'estimation des niveaux sources est tirée du *Britoil 51*, un remorqueur de haute mer ayant une puissance de traction de 90 t (tableau 7; Hannay *et al.*, 2004). Les estimations des niveaux sources pour les remorqueurs d'escorte se déplaçant et manœuvrant un transporteur vers le poste d'accostage ont été dérivées des niveaux sources du *Britoil 51* pour un déplacement à mi-vitesse (6,5 nœuds) et la levée d'ancre, respectivement, à l'aide de l'équation 8et d'une correction de puissance supplémentaire :

$$S(f, V, L, P) = S_0(f) + c_v 10 \log \left(\frac{V}{V_0} \right) + c_L 10 \log \left(\frac{L}{L_0} \right) + 10 \log \left(\frac{P}{P_0} \right) \quad (10)$$

Le terme supplémentaire reflète le fait que la puissance nominale d'un remorqueur est basée non seulement sur sa longueur (et donc, sur la puissance nécessaire pour la propulsion), mais aussi sur sa capacité de remorquage. Les dimensions et les puissances nominales pour les deux remorqueurs étaient basées sur celles des deux remorqueurs existants du port de Saint John (tableau 7). Étant donné que les niveaux sources supérieurs à 10 kHz pour le remorqueur de substitution n'étaient pas disponibles, les niveaux sources modélisés ont été extrapolés à 31,6 kHz d'après une relation empirique qui décrit la tendance typique à haute fréquence des niveaux spectraux sources pour les navires de surface (Ross, 1976) :

$$S(f) \propto -20 \log f, \quad f \geq 100 \text{ Hz} \quad (11)$$

où S est le niveau spectral source (dB p/r à une référence de 1 $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ à 1 m) à des fréquences supérieures à 100 Hz. Les niveaux sources ont ensuite été réduits de 5 dB pour refléter la baisse du bruit de la cavitation associée aux systèmes de transmission en Z (Spence *et al.*, 2007); les niveaux sources en bandes de tiers d'octave résultants sont illustrés dans la figure 6.

Les estimations des profondeurs de la source pour les remorqueurs, d'après l'équation 9 et le tableau 7 étaient de 1,5 m pour le remorqueur plus puissant et de 3 m pour le remorqueur moins puissant. Compte tenu du fait que la répartition des remorqueurs l'un par rapport à l'autre ou par rapport au transporteur escorté variera, des coordonnées sources identiques (vers l'est et vers le nord) ont été utilisés pour tous les navires inclus dans un scénario donné (section 2); des profondeurs sources propres à chaque navire ont été utilisées. Bien que cette approche conservatrice entraîne de légères augmentations des niveaux sonores à des distances proches des sources (une fraction de la vraie séparation des sources), les effets deviennent négligeables à des distances pertinentes dans le cadre des critères d'exposition au bruit des mammifères marins.

Tableau 7. Spécifications des navires utilisés pour estimer les niveaux sources pour les remorqueurs exploités au terminal ou à proximité de celui-ci.

Navire	Longueur (m)	Largeur (m)	Tirant d'eau (m)	Puissance maximale (kW)	Puissance de traction (t)	Propulsion	Diamètre de l'hélice (m)
<i>Atlantic Bear</i>	30,8	11,1	3,88	4 258	72	2 hélices à transmission en Z	2,8
<i>Atlantic Hemlock</i>	29,5	11,1	4,78	2 986	50	2 hélices à transmission en Z	2,1
<i>Britoil 51</i>	45,0	11,8	4,5	4 922	90	2 hélices à pas fixe, 1 propulseur d'étrave	3,2

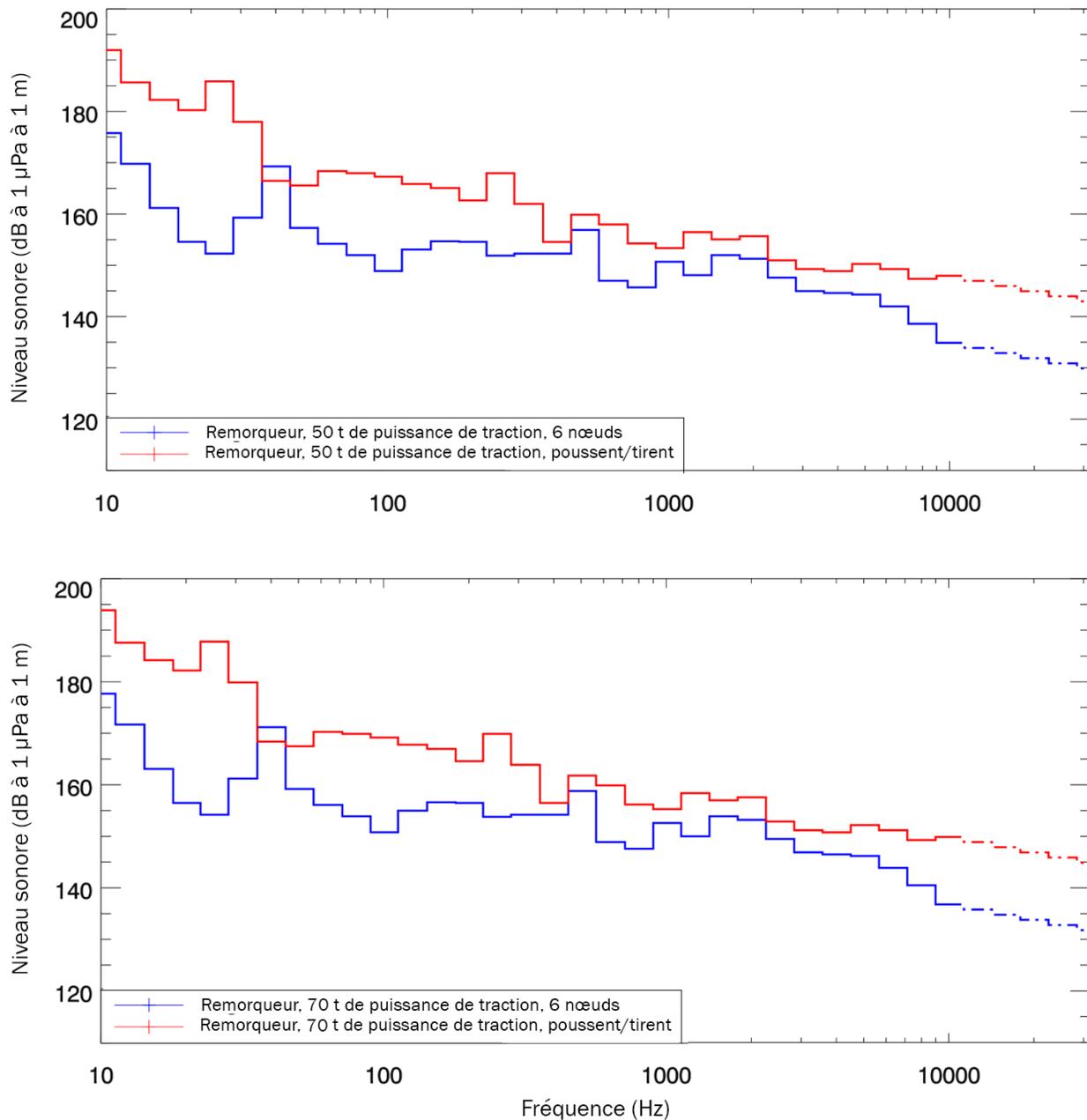


Figure 6. Niveaux sources estimés (SL) pour les remorqueurs d'escorte des transporteurs avec (haut) 50 t et (bas) 70 t de puissance de traction se déplaçant et poussant/tirant. Les niveaux extrapolés supérieurs à 10 kHz sont représentés par des lignes interrompues.

3.2. Modèle de propagation du son

La propagation du son sous-marin (c'est-à-dire la perte de transmission) a été prévue grâce au modèle de bruit pour les opérations marine (MONM) de JASCO. Le MONM calcule la propagation acoustique grâce à une solution d'équation parabolique grand angle appliquée à l'équation d'onde acoustique (Collins, 1993) d'après une version du modèle acoustique en fonction de la portée du Naval Research

Laboratory des États-Unis qui a été modifié pour tenir compte d'un plancher océanique élastique (Zhang et Tindle, 1995). La méthode de l'équation parabolique a été très utilisée à titre de référence et est largement employée dans la communauté de l'acoustique sous-marine (Collins *et al.*, 1996). Le MONM prend en compte la perte additionnelle de réflexion sur le plancher océanique due à une conversion partielle des ondes de compression incidentes en ondes équivolumiques au niveau des interfaces entre le plancher océanique et les couches sous-jacentes, et il inclut les atténuations d'onde dans toutes les couches. Le MONM intègre les propriétés environnementales propres aux sites suivantes : une grille bathymétrique de la zone modélisée, la vitesse du son sous-marin en tant que fonction de la profondeur et un profil géoacoustique basé sur la composition stratifiée générale du plancher océanique. Les prévisions du MONM ont été validées en s'appuyant sur des données expérimentales tirées de plusieurs programmes de mesure acoustique sous-marine entrepris par JASCO (Hannay et Racca, 2005; Aerts *et al.*, 2008; Funk *et al.*, 2008; Ireland *et al.*, 2009; O'Neill *et al.*, 2010; Warner *et al.*, 2010).

Le MONM calcule des champs acoustiques dans trois dimensions en modélisant la perte de transmission dans des plans verticaux en deux dimensions (2D) alignés le long de rayons couvrant une surface de 360° à partir de la source, une approche couramment appelée $N \times 2D$. Ces plans verticaux radiaux sont séparés par une taille d'incrément angulaire de $\Delta\theta$, avec un rendement de $N = 360^\circ/\Delta\theta$ nombre de plans (figure 7).

Le MONM traite la dépendance à la fréquence en calculant la perte de transmission acoustique aux fréquences centrales des bandes de tiers d'octave. Un nombre suffisant de bandes de tiers d'octave, commençant à 10 Hz, sont modélisées pour inclure la majorité de l'énergie acoustique émise par la source. À chaque fréquence centrale, la perte de transmission est modélisée dans chaque plan vertical N et est définie comme une fonction de la profondeur et de la distance par rapport à la source. Les niveaux reçus des bandes de tiers d'octave sont calculés en soustrayant les valeurs de perte de transmission de la bande au niveau source dans cette bande de fréquences. On calcule ensuite les niveaux reçus de bande large composite en additionnant les niveaux reçus des bandes de tiers d'octave.

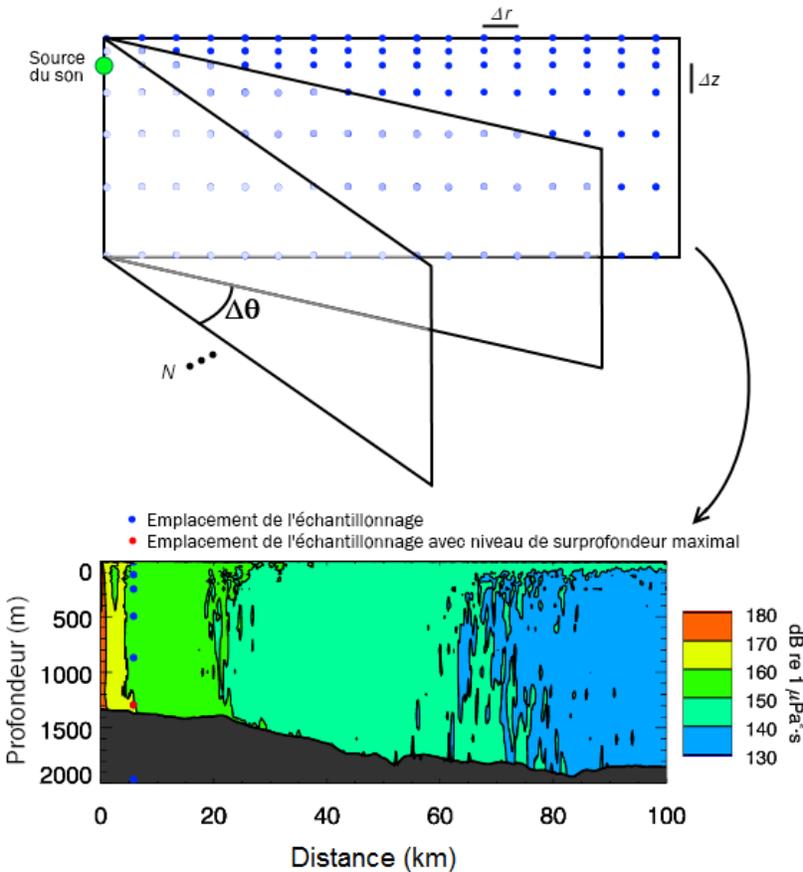


Figure 7. Représentation des approches $N \times 2D$ et de niveau de surprofondeur maximal (MOD).

La perte de transmission dépendant de la fréquence calculée par le MONM peut être corrigée pour prendre en compte l'atténuation de l'énergie acoustique par absorption moléculaire dans l'eau de mer. L'absorption du son volumétrique est quantifiée par un coefficient d'atténuation, exprimé en unités de décibels par kilomètre (dB/km). Le coefficient d'absorption dépend de la température, de la salinité et de la pression de l'eau, ainsi que de la fréquence du son. En général, le coefficient d'absorption augmente avec le carré de la fréquence. L'absorption de l'énergie d'onde acoustique a un effet notable ($> 0,05$ dB/km) à des fréquences supérieures à 1 kHz. Par exemple, à 10 kHz, la perte d'absorption sur une distance de 10 km peut dépasser 10 dB. Ce coefficient pour l'eau de mer peut être calculé en suivant la formule de François et Garrison (1982a, 1982b) qui prend en compte les contributions de l'eau de mer pure, du sulfate de magnésium et de l'acide borique. La formule s'applique à toutes les conditions océaniques et aux fréquences de 200 Hz à 1 MHz. Pour ce projet, les coefficients d'absorption ont été calculés et appliqués pour toutes les fréquences modélisées (section 3.3.4). En raison des charges de calcul associées à la modélisation des équations paraboliques à des fréquences supérieures ou égales à plusieurs kHz et de l'importance relative de l'absorption de telles fréquences, la valeur du TL dans chaque bande de fréquences entre 6,3 et 31,6 kHz a été rapprochée de celle du TL calculé à 5 kHz en appliquant le bon coefficient d'absorption en fonction de la fréquence dans chaque bande.

Le champ acoustique reçu dans chaque plan vertical radial est échantillonné à différentes distances de la source; en général, avec une taille d'incrément radial fixe, vers l'extérieur jusqu'à une distance maximale d'intérêt. Pour cette étude, le champ acoustique à chaque site a été modélisé sur une zone d'environ 60 x 60 km centrée sur la source, avec une séparation horizontale de $\Delta r = 5$ m entre les points de réception situés le long des rayons modélisés et une résolution angulaire horizontale de $\Delta \theta = 5^\circ$.

À chaque distance d'échantillonnage le long du plan radial, le champ acoustique est échantillonné à différentes profondeurs auxquelles les tailles d'incrément sont choisies pour offrir une plus grande

couverture près de la profondeur de la source et à des profondeurs d'intérêt en termes de profil de vitesse sonique. Les profondeurs des récepteurs pour cette étude s'étendent sur toute la colonne d'eau des zones modélisées, de 2 m à un maximum de 300 m, avec des incréments qui passent de $\Delta z = 2$ à 50 m à des profondeurs croissantes. Pour la modélisation et le calcul des distances par rapport aux isoplèthes, le niveau reçu à un endroit d'échantillonnage donné est la valeur maximale atteinte à toutes les profondeurs des récepteurs à cet endroit, c'est-à-dire le niveau reçu.

3.2.1. Niveau d'exposition au bruit (SEL) sur 24 heures

Les niveaux d'exposition au bruit (SEL) cumulatifs pour la sortie de bassin et le passage d'un seul transporteur ont été estimés d'après les tracés des navires, les vitesses et les activités décrites dans la section 2. On a attribué à chaque segment de tracé un champ acoustique de la modélisation par site en fonction de l'activité et de l'environnement. Plusieurs copies des champs acoustiques appropriés ont été faites à des intervalles de 50 m le long des tracés. Chaque champ a ensuite été ajouté, avec un facteur de correction pour prendre en compte la vitesse du navire le long du tracé, donnant ainsi le champ total tout au long de l'opération. Les courbes et les seuils de distance pour le champ estimé ont ensuite été calculés, comme pour les cas des sites individuels.

3.3. Paramètres environnementaux

3.3.1. Bathymétrie

On a extrait les profondeurs de l'eau sur toute la zone modélisée de la bathymétrie numérique pour le golfe du Maine (Roworth et Signell, 1998). Ces données bathymétriques ont une résolution de 15 secondes d'arc (environ 330 x 460 m à la latitude étudiée). La donnée du canevas altimétrique est le niveau moyen de la mer. On a extrait et requadrillé la bathymétrie pour une zone de 200 x 200 km sur une projection de coordonnées UTM zone 19 avec un intervalle de quadrillage normal de 50 x 50 m. Les courbes dérivées de la grille bathymétrique sont présentées dans la figure 1 et la figure 3.

3.3.2. Propriétés géoacoustiques

La propagation du son dans l'eau peu profonde est fortement influencée par les paramètres géoacoustiques du fond marin, notamment la densité, la vitesse de l'onde de compression (onde P), la vitesse de l'onde de cisaillement (onde S), l'atténuation de la vague de compression ainsi que l'atténuation de la vague de cisaillement des sédiments et du substrat rocheux du plancher océanique. On observe une variété de sédiments dans la baie de Fundy, qui varient de l'argile aux rochers. Trois catégories générales de sédiments sont présentes dans la zone d'étude (Osler, 1994, Fader *et al.*, 2004) :

- Dépôt du plateau néo-écossais : Till glaciaire, composé de sédiments mal triés, principalement du sable, mais qui contient une grande quantité de limon et d'argile.
- Sable de Sambro : Placage mince de sable silteux, avec de plus grandes proportions de matières grossières observées localement.
- Argile de LaHave : De l'argile limoneuse au silt argileux.

Le sable de Sambro et l'argile de LaHave présents recouvrent les dépôts du plateau néo-écossais, qui, à leur tour, recouvrent le substrat rocheux dans l'ensemble de la baie de Fundy. L'épaisseur globale des sédiments dans la zone d'étude varie d'environ 140 m à l'est de l'île Grand Manan à 170 m près du site 6 (Whittaker *et al.*, 2013); en outre, le grès constitue le principal type de substrat rocheux (King et MacLean, 1974; Davis et Brown, 1996).

Les dépôts du plateau néo-écossais constituent le principal type de sédiment de surface dans la zone d'étude (Fader *et al.*, 2004) et les échantillons de sédiments de surface prélevés à proximité des sites 3 à

6 présentent des quantités variables de gravier, de sable, de limon et d'argile (Bershad et Weiss, 1976, Hathaway, 1977). Les sites 1 et 2 sont situés dans une région où se trouve de l'argile de LaHave (Fader *et al.*, 2004), mais un échantillon de sédiment de surface à proximité (Bershad et Weiss, 1976) a démontré la présence d'une grande proportion de sable, ce qui laisse entendre que la couche d'argile peut être fine ou irrégulière. Ainsi, les dépôts du plateau néo-écossais constituent le principal type de sédiment pour les six sites de modélisation.

D'après les renseignements ci-dessus, un profil géoacoustique simplifié a été établi en supposant un dépôt de 150 m du plateau néo-écossais sur du grès. Les propriétés géoacoustiques de la couche de sédiments ont été estimées à partir des paramètres fournis par Osler (1994) et d'après les formules empiriques présentées par Hamilton (1980) et Buckingham (2005). Les paramètres associés à la couche de grès sont issus des valeurs déclarées par Osler (1994). Le profil obtenu est présenté dans le tableau 8.

Tableau 8. Profil géoacoustique estimé. Dans chaque tranche d'eau, chaque paramètre varie de façon linéaire dans la tranche indiquée.

Profondeur en dessous du fond marin (m)	Matière	Densité (g/cm ³)	Vitesse de la vague P (m/s)	Atténuation de la vague P (dB/λ)	Vitesse de la vague S (m/s)	Atténuation de la vague S (dB/λ)
0-20	Dépôt du plateau néo-écossais	2,05-2,06	1 670-1 870	0,40-1,02	420	0,85
20-50		2,06-2,08	1 870-2 000	1,02-1,31		
50-100		2,08	2 000-2 120	1,31-1,57		
100-150		2,08	2 120-2 210	1,57-1,74		
> 150	Grès	2,30	2 300	0,02		

3.3.3. Profil de vitesse du son

Les profils de vitesse du son pour les sites modélisés ont été établis à partir des profils de température et de salinité du modèle *Generalized Digital Environmental Model V. 3.0* du Naval Oceanographic Office des États-Unis (GDEM; Teague *et al.*, 1990, Carnes, 2009). Le GDEM fournit une climatologie océanique liée à la température et à la salinité pour les océans du monde sur une grille avec une résolution de 0,25° en longitude-latitude et une résolution temporelle d'un mois, d'après les observations historiques globales découlant du Master Oceanographic Observational Data Set (MOODS) de la marine américaine. Les profils de climatologie comprennent 78 points de profondeur fixes jusqu'à une profondeur maximale de 6 800 m (là où l'océan est aussi cette profondeur). Les profils de température et de salinité du GDEM ont été convertis en profils de vitesse du son d'après les équations de Coppens (1981) :

$$c(z, T, S, \phi) = 1449,05 + 45,7t - 5,21t^2 - 0,23t^3 + (1,333 - 0,126t + 0,009t^2)(S - 35) + \Delta \tag{12}$$

$$\Delta = 16,3Z + 0,18Z^2, \quad Z = \frac{z}{1000} [1 - 0,0026 \cos(2\phi)], \quad t = \frac{T}{10}$$

où z représente la profondeur de l'eau (m), T représente la température (°C), S représente la salinité (usp) et ϕ représente la latitude (radians).

Deux profils de vitesse de son ont été choisis pour chaque scénario de modèle, de façon à définir cette variabilité saisonnière dans la propagation du son découlant des changements dans la vitesse du son dans la colonne d'eau. Pendant l'hiver, les vitesses du son dans la zone d'intérêt augmentent généralement avec la profondeur (figure 8), ce qui conduit à un renvoi du son vers la surface de la mer, une situation qui s'avère favorable à une propagation du son sur une plus longue distance. Par contre, d'après les profils de vitesse du son près de la surface dans la zone, on observe une propagation du son

largement descendante (figure 8). En fonction de cela, les profils de vitesse du son en février (hiver) et en août (été) ont été choisis comme étant les plus favorables et les moins favorables à la propagation du son, respectivement. Les profils de température et de salinité pour chaque site de modélisation ont été extraits à l'aide du point de grille du GDEM le plus proche, avec une couverture de profondeur appropriée; dans le cas des sites 1 à 4, il s'agissait d'un point de grille situé au sud ou à l'ouest du point de grille étant, géographiquement, le plus près de la source. Concernant les trois sites les plus profonds (sites 4 à 6), les profils du GDEM raisonnablement proches des sources présentaient une étendue verticale inférieure de 20 à 30 m à la profondeur maximale dans la zone de modélisation. Ces profils ont été élargis en supposant un gradient son vitesse constant inférieur à la profondeur maximale dans le profil du GDEM. Les profils obtenus sont présentés dans la figure 9.

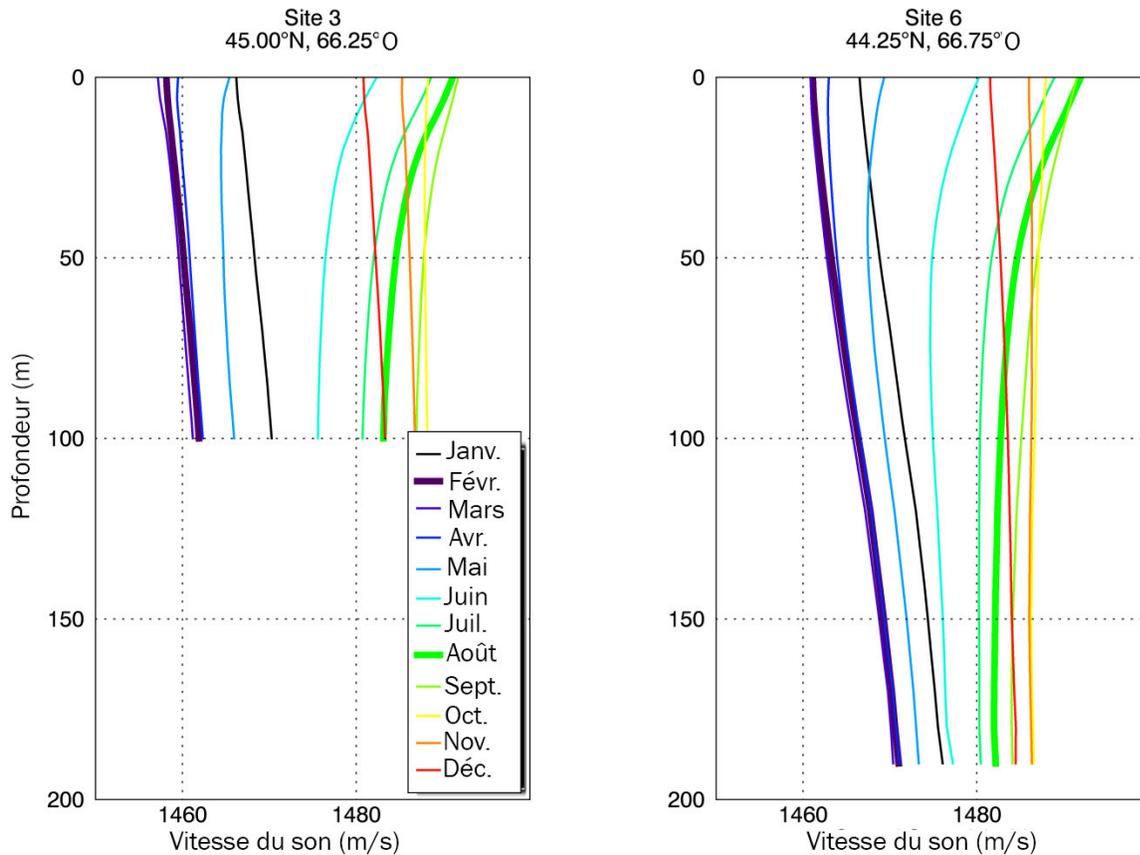


Figure 8. Profils de vitesse du son moyens mensuels à proximité des sites de modélisation 3 et 6 (figure 3, tableau 3). Les profils ont été établis à partir des données fournies par le *GDEM V. 3.0* (Teague *et al.*, 1990, Carnes, 2009).

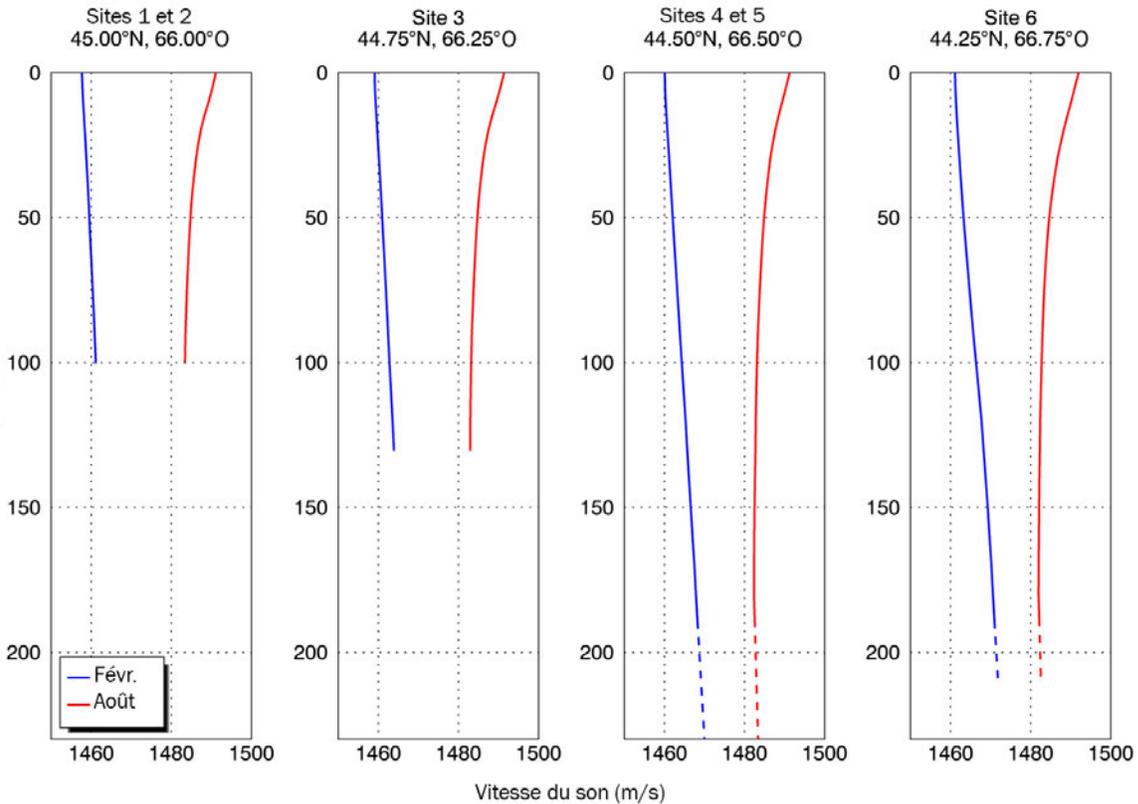


Figure 9. Profils de vitesse du son moyens mensuels utilisés pour les scénarios de modélisation dans le tableau 3, établis à partir des données fournies par le GDEM V. 3.0 (Teague *et al.*, 1990, Carnes, 2009). Les portions extrapolées des profils associés aux sites 4 à 6 sont indiquées par les lignes de tirets.

3.3.4. Absorption de l'eau de mer

Le coefficient d'absorption a été estimé pour chaque bande de fréquences de tiers d'octave modélisée à l'aide des équations de François et Garrison (1982a,b; section 3.2), en supposant une profondeur de 10 m et des valeurs moyennes de température et de salinité issues du GDEM (section 3.3.3) : $T = 3,25$ °C et $S = 32,08$ usp pour février; $T = 11,06$ °C et $S = 32,11$ usp pour août. Les coefficients d'absorption variant avec la fréquence qui ont été obtenus figurent dans la figure 10.

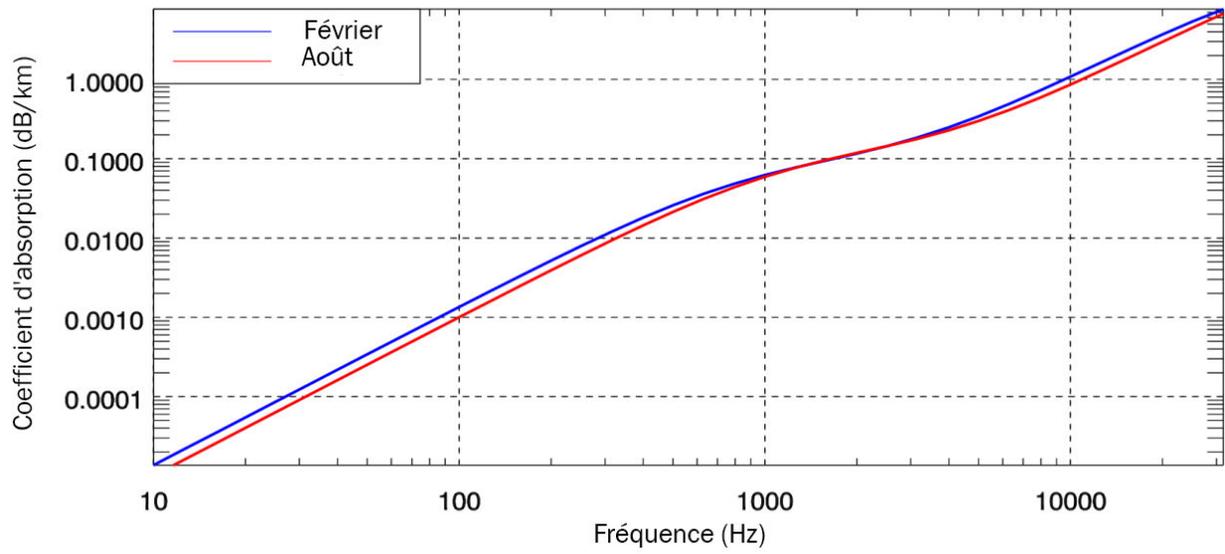


Figure 10. Coefficient d'absorption établi d'après les équations de François et Garrison (1982a, b) pour février et août.

4. Résultats

4.1. Niveaux de pression acoustique de la valeur efficace

Les champs prévus d'émissions sonores émises sous l'eau (MOD) sont présentés dans deux formats : un tableau de distances par rapport au niveau de pression acoustique de la valeur efficace de 120 à 190 dB p/r à une référence de 1 µPa, ainsi que des cartes de périmètre montrant la directivité et la plage des divers niveaux sonores. Les distances totalisées sont signalées selon le rayon au 95^e centile ($R_{95\%}$), qui est défini comme étant la fourchette maximale à laquelle le niveau sonore donné a été observé après l'exclusion des points les plus éloignés faisant partie des 5 %. Les points les plus éloignés sont exclus pour indiquer que l'empreinte du champ acoustique (MOD) peut ne pas être circulaire et qu'elle peut, le long de quelques azimuts, s'étendre bien au-delà de la principale zone d'insonification en raison des variations dans l'environnement. Indépendamment de la forme géométrique de l'empreinte MOD, la valeur $R_{95\%}$ correspond à la plage prévue englobant au moins 95 % de la zone (dans le plan horizontal) qui serait exposée au son à ce niveau ou au-dessus de ce dernier.

Les distances ($R_{95\%}$) par rapport aux niveaux de pression acoustique reçus de 120 à 190 dB p/r à une référence de 1 µPa pour les activités des transporteurs de type Suezmax sont reprises dans le tableau 9 et le tableau 10 pour les profils de vitesse du son de la colonne d'eau de février et d'août, respectivement. Les distances concernant les activités des TGTB sont présentées dans le tableau 11 et le tableau 12. La plage maximale modélisée était de 30 km. Afin de produire des cartes des champs acoustiques et de calculer les rayons, l'extrait Nx2D du modèle MONM associé au champ acoustique (section 3.2) a été interpolé à une grille rectangulaire avec une résolution horizontale de 10 m.

Les cartes de périmètre des champs acoustiques concernant les niveaux de pression acoustique de la valeur efficace pour chaque scénario relatif aux TGTB sont indiquées de la figure 11 à la figure 16 pour le profil de vitesse du son pour le mois de février. Les cartes relatives aux TGTB ayant un profil de vitesse du son pour le mois d'août, ainsi qu'aux transporteurs de type Suezmax pour les deux profils de vitesse du son figurent dans l'annexe A.

Tableau 9. Distances horizontales au 95^e centile ($R_{95\%}$) (en km) de la source aux niveaux de pression acoustique de la valeur efficace de la bande passante non pondérée modélisés (MOD) (SPL; de 10 Hz à 31,6 kHz) pour les activités des transporteurs de type Suezmax au mois de février. La résolution de la grille horizontale est de 10 m.

Scénario	SPL RMS (dB p/r à une référence de 1 µPa)			
	190	180	160	120
Site 1, entrée de bassin/sortie de bassin, 3 remorqueurs	< 0,01	< 0,01	0,02	3,11
Site 2, passage des transporteurs avec remorqueurs, 6 nœuds	----	----	< 0,01	0,84
Site 3, passage des transporteurs, 15 nœuds	----	< 0,01	0,02	7,73
Site 4, passage des transporteurs, 15 nœuds	----	< 0,01	0,02	7,49
Site 5, passage des transporteurs, 15 nœuds	----	< 0,01	0,02	7,49
Site 6, passage des transporteurs, 15 nœuds	----	< 0,01	0,02	7,92

Tableau 10. Distances horizontales au 95^e centile ($R_{95\%}$) (en km) de la source aux niveaux de pression acoustique de la valeur efficace de la bande passante non pondérée modélisés (MOD) (SPL; de 10 Hz à 31,6 kHz) pour les activités des transporteurs de type Suezmax au mois d'août. La résolution de la grille horizontale est de 10 m.

Scénario	SPL RMS (dB p/r à une référence de 1 µPa)			
	190	180	160	120
Site 1, entrée de bassin/sortie de bassin, 3 remorqueurs	< 0,01	< 0,01	0,02	2,89
Site 2, passage des transporteurs avec remorqueurs, 6 nœuds	----	----	< 0,01	0,79
Site 3, passage des transporteurs, 15 nœuds	----	< 0,01	0,02	6,70
Site 4, passage des transporteurs, 10 nœuds	----	----	< 0,01	1,84
Site 5, passage des transporteurs, 15 nœuds	----	< 0,01	0,02	6,57
Site 6, passage des transporteurs, 15 nœuds	----	< 0,01	0,02	6,84

Tableau 11. Distances horizontales au 95^e centile ($R_{95\%}$) (en km) de la source aux niveaux de pression acoustique de la valeur efficace de la bande passante non pondérée modélisés (MOD) (SPL; de 10 Hz à 31,6 kHz) pour les activités des TGTB au mois de février. La résolution de la grille horizontale est de 10 m.

Scénario	SPL RMS (dB p/r à une référence de 1 µPa)			
	190	180	160	120
Site 1, entrée de bassin/sortie de bassin, 4 remorqueurs	< 0,01	< 0,01	0,02	3,49
Site 2, passage des transporteurs avec remorqueurs, 6 nœuds	----	----	< 0,01	0,88
Site 3, passage des transporteurs, 15 nœuds	----	< 0,01	0,03	10,89
Site 4, passage des transporteurs, 15 nœuds	----	< 0,01	0,03	10,31
Site 5, passage des transporteurs, 15 nœuds	----	< 0,01	0,02	10,79
Site 6, passage des transporteurs, 15 nœuds	----	< 0,01	0,03	11,20

Tableau 12. Distances horizontales au 95^e centile ($R_{95\%}$) (en km) de la source aux niveaux de pression acoustique de la valeur efficace de la bande passante non pondérée modélisés (MOD) (SPL; de 10 Hz à 31,6 kHz) pour les activités des TGTB au mois d'août. La résolution de la grille horizontale est de 10 m.

Scénario	SPL RMS (dB p/r à une référence de 1 µPa)			
	190	180	160	120
Site 1, entrée de bassin/sortie de bassin, 4 remorqueurs	< 0,01	< 0,01	0,02	3,22
Site 2, passage des transporteurs avec remorqueurs, 6 nœuds	----	----	< 0,01	0,84
Site 3, passage des transporteurs, 15 nœuds	----	< 0,01	0,03	8,53
Site 4, passage des transporteurs, 10 nœuds	----	----	< 0,01	2,52
Site 5, passage des transporteurs, 15 nœuds	----	< 0,01	0,02	9,07
Site 6, passage des transporteurs, 15 nœuds	----	< 0,01	0,02	8,79

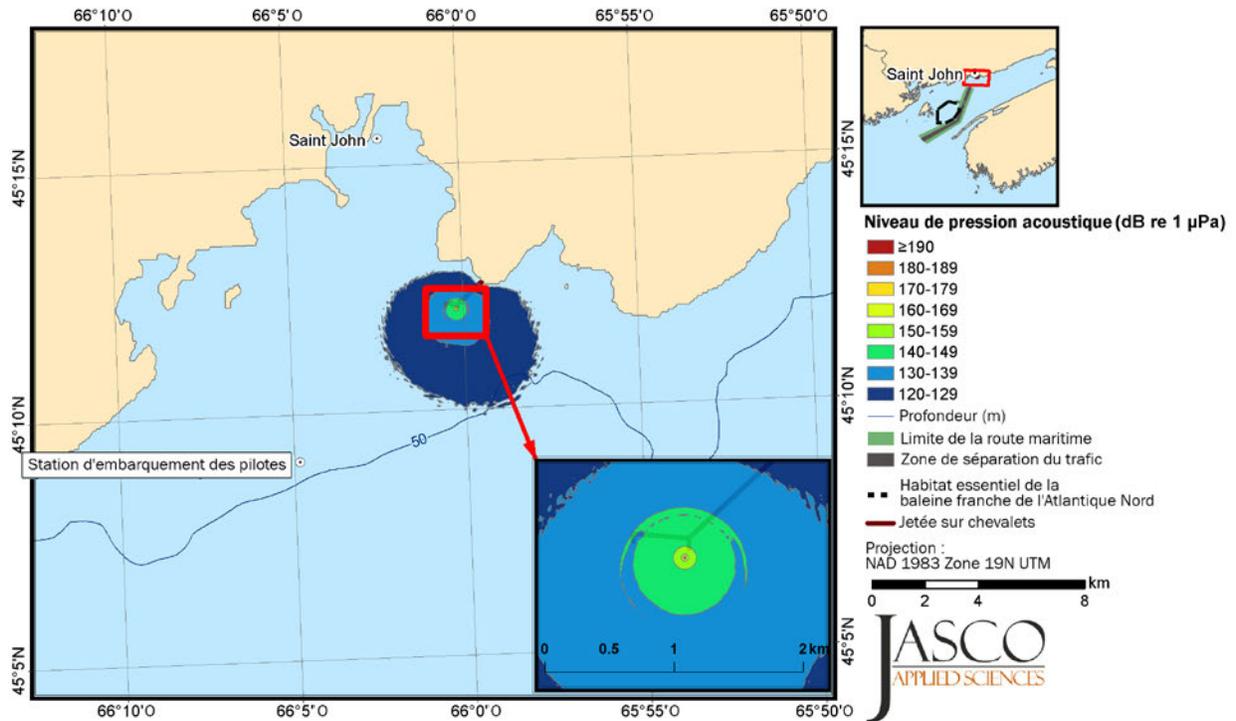


Figure 11. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour l'entrée de bassin/la sortie de bassin des très gros transporteurs de brut (TGTB) avec quatre remorqueurs au site 1 au mois de février.

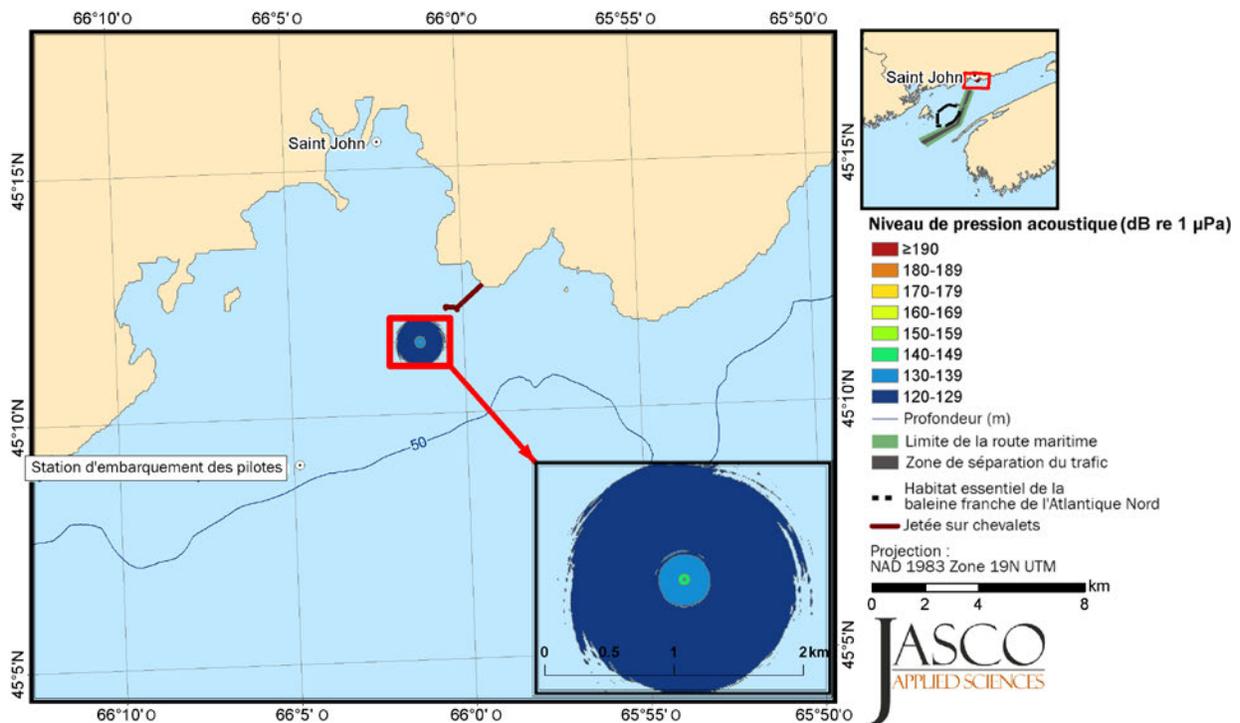


Figure 12. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de très gros transporteurs de brut (TGTB) avec un remorqueur à 6 nœuds au site 2 au mois de février.

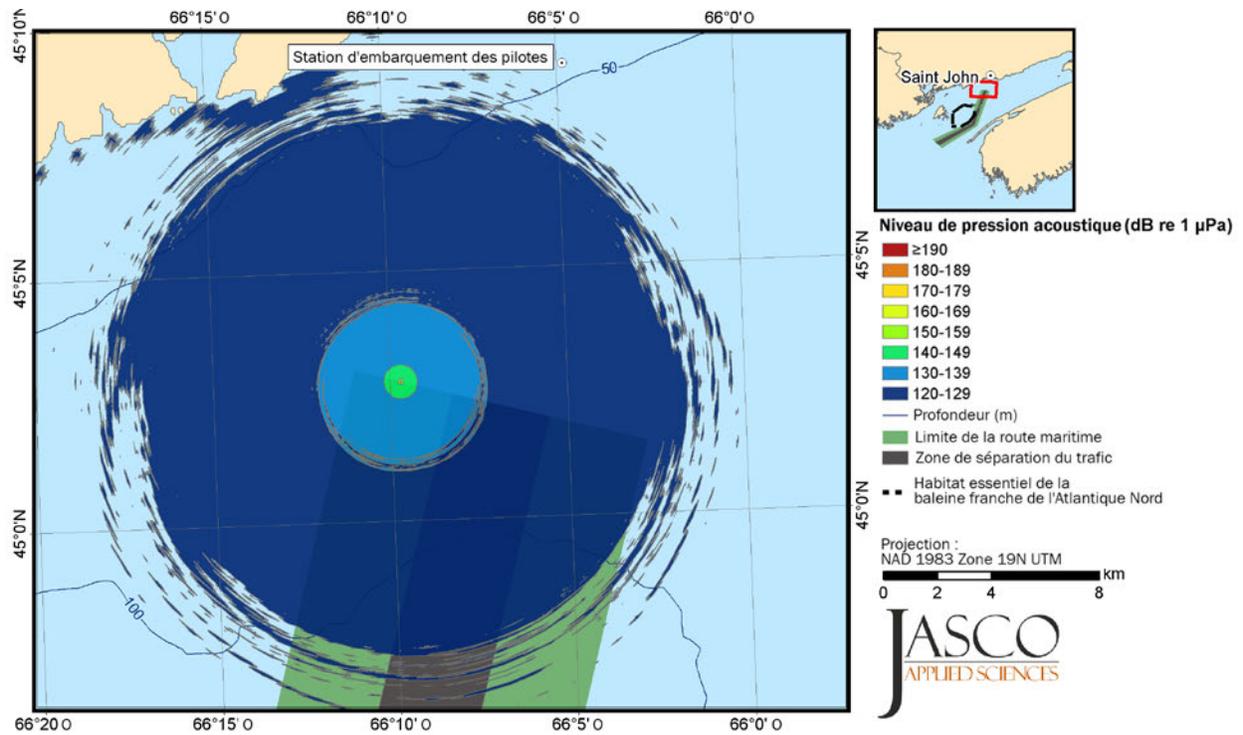


Figure 13. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de très gros transporteurs de brut (TGTB) à 15 nœuds au site 3 au mois de février.

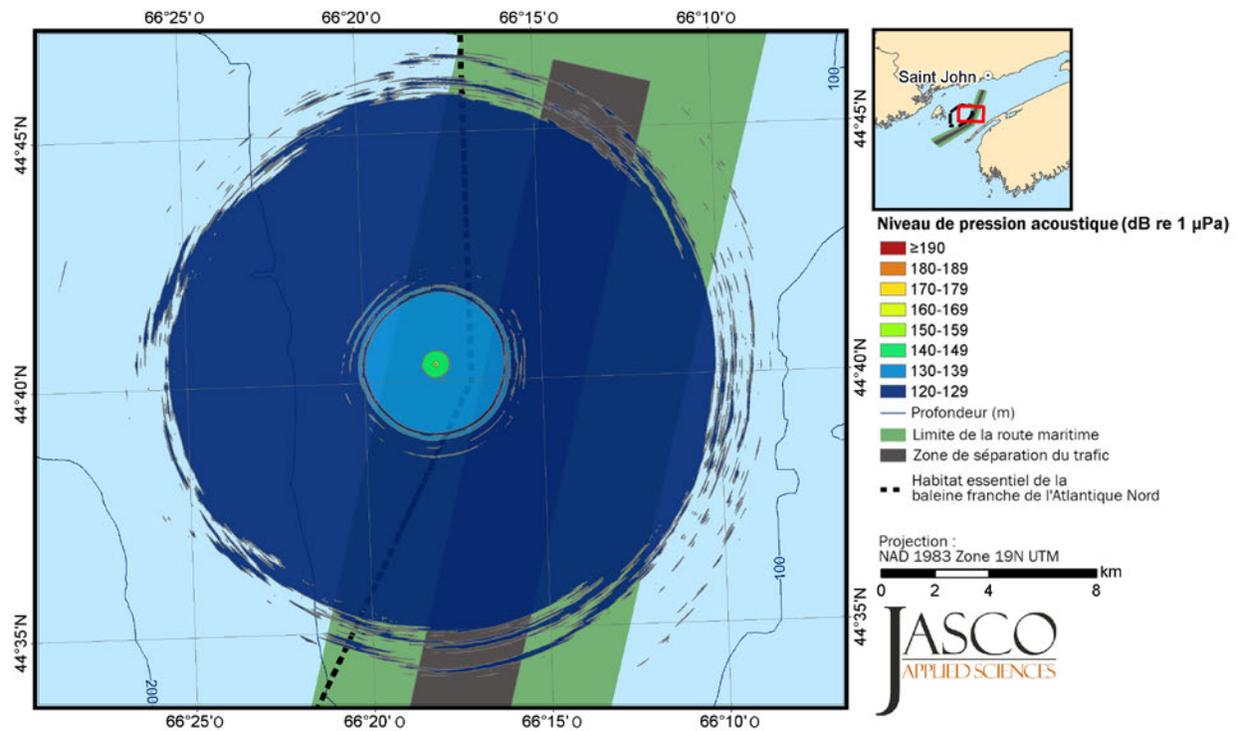


Figure 14. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de très gros transporteurs de brut (TGTB) à 15 nœuds au site 4 au mois de février.

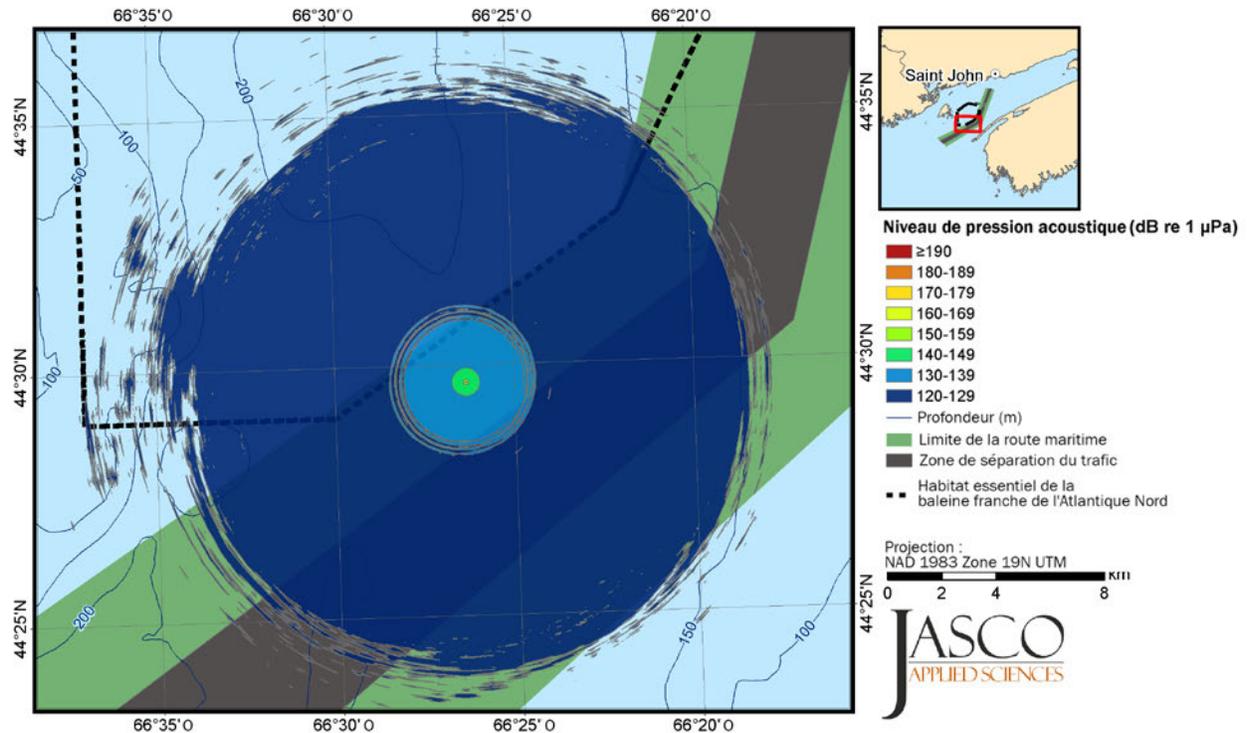


Figure 15. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de très gros transporteurs de brut (TGTB) à 15 nœuds au site 5 au mois de février.

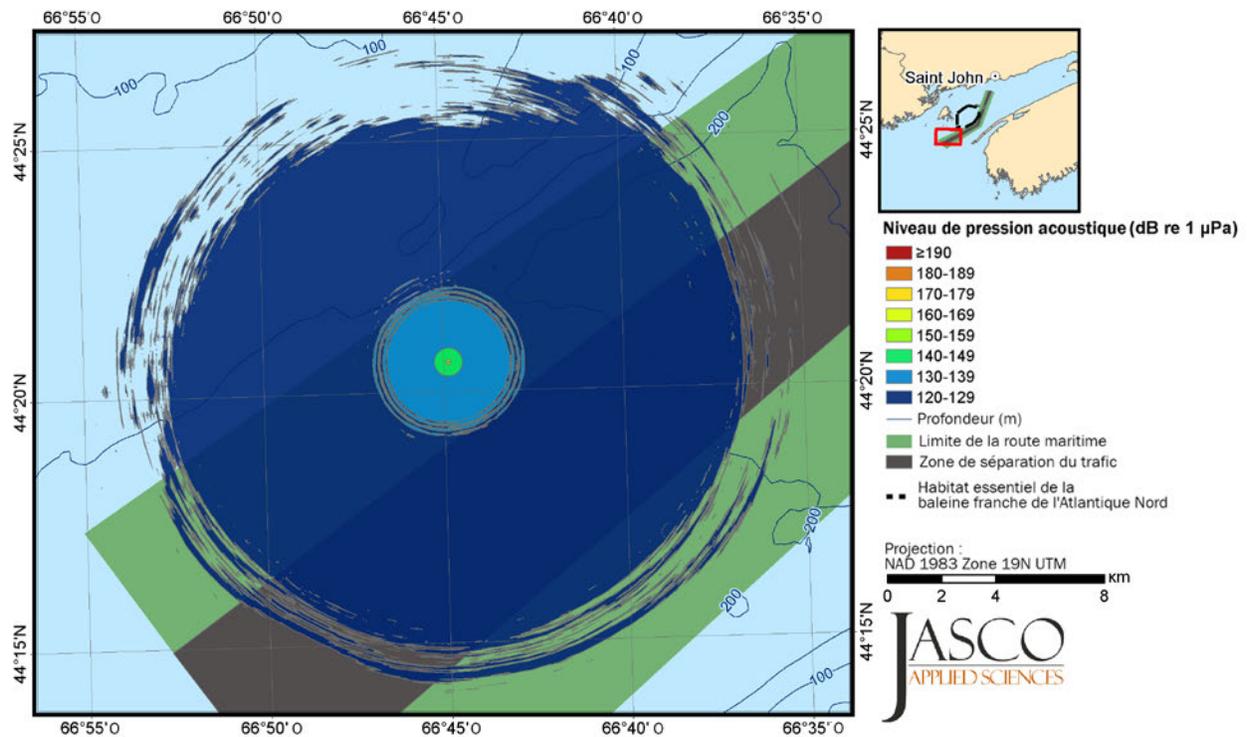


Figure 16. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de très gros transporteurs de brut (TGTB) à 15 nœuds au site 6 au mois de février.

4.2. Niveau d'exposition au bruit (SEL) sur 24 heures

Les niveaux d'exposition au bruit (SEL) par seconde (MOD) fournis par le modèle MONM ont fait l'objet d'une pondération M et ont été reproduits à des intervalles spatiaux appropriés, puis résumés conformément à la description dans la section 3.2.1 afin de générer des estimations des niveaux d'exposition au bruit pour la sortie de bassin et le passage d'un seul transporteur, tel que le présente la section 2. Les cartes de périmètre des niveaux d'exposition au bruit non pondérée pour chacun des quatre scénarios de passage des navires sont indiquées de la figure 17 à la figure 20; les distances relatives aux niveaux d'exposition au bruit soumise à une pondération M sont moins grandes. Les seuils établis par la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) concernant les déplacements permanents du seuil (DPS) (tableau 2, section 1.2.5) n'ont été atteints nulle part dans la grille modélisée, quels que soient les groupes d'audition fonctionnelle.

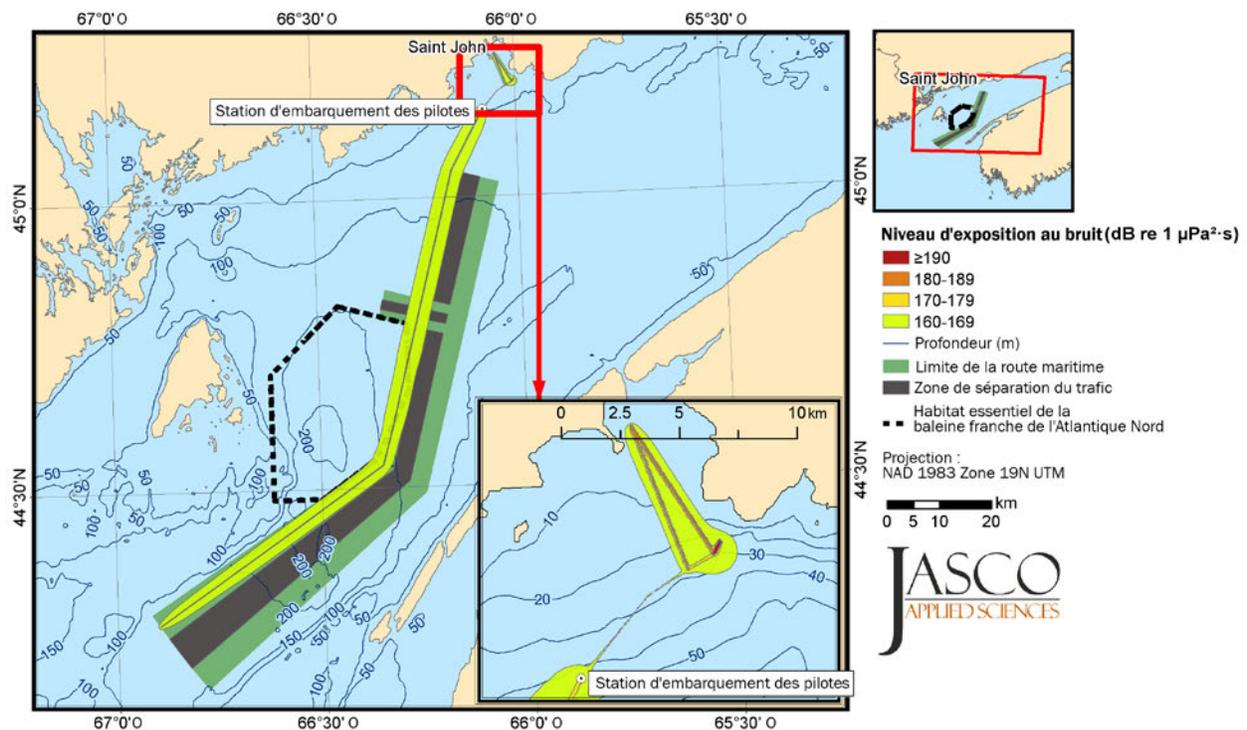


Figure 17. Niveaux d'exposition au bruit non pondérée (MOD) pour les activités des transporteurs de type Suezmax au mois de février.

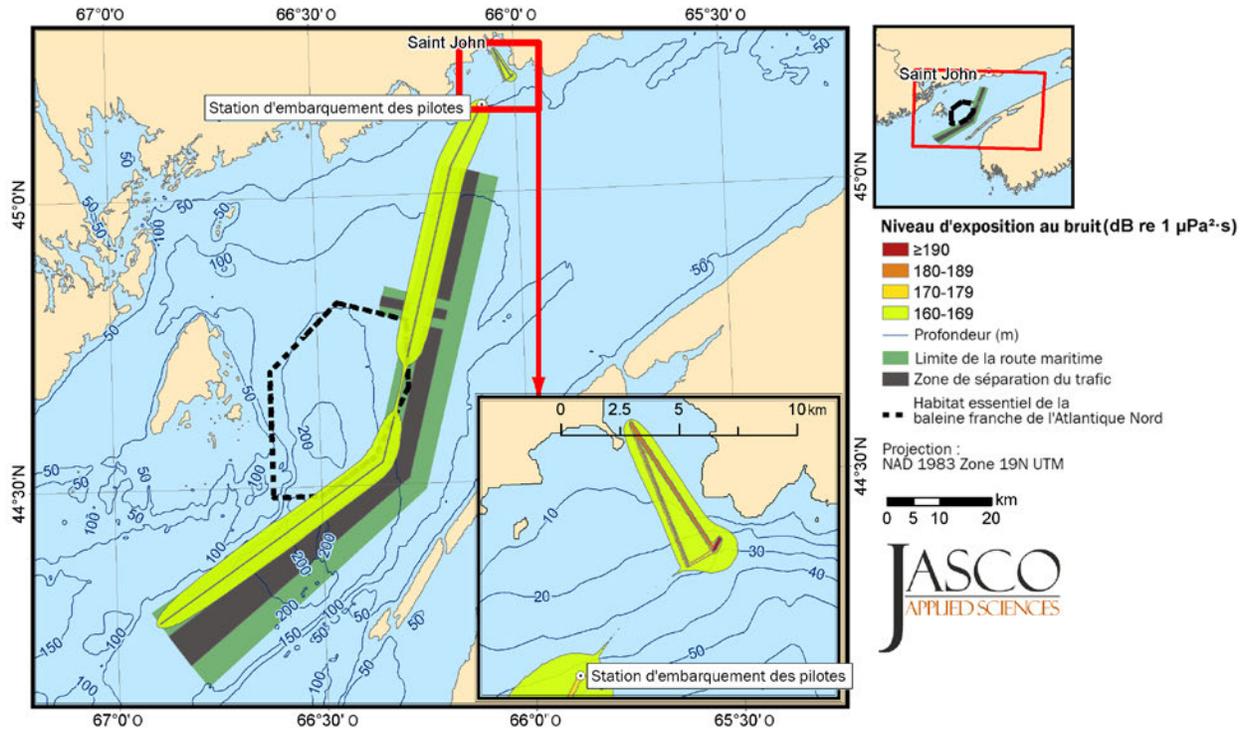


Figure 20. Niveaux d'exposition au bruit non pondérée (MOD) pour les activités des TGTB au mois d'août.

5. Discussion

Une étude de modélisation a été réalisée pour prédire les niveaux de son émis sous l'eau associés à la navigation se déroulant à proximité du terminal maritime Canaport près de Saint John, au Nouveau-Brunswick. Des estimations relatives au bruit émis sous l'eau ont été établies pour six sites et deux types de transporteurs (section 2, tableau 3), en tenant compte des caractéristiques des sources (section 3.1) et des paramètres environnementaux propres au site (section 3.3). Afin de rendre compte des changements saisonniers dans la propagation du son, deux profils de vitesse du son ont été pris en compte (section 3.3.3).

Les plages liées à l'isoplèthe des niveaux de pression acoustique de la valeur efficace de 120 dB p/r à une référence de 1 μ Pa étaient supérieures pour les très gros transporteurs de brut (TGTB) par rapport aux transporteurs de type Suezmax (tableau 13), ce qui n'est pas surprenant, étant donné la puissance nominale plus importante des TGTB (section 3.1.1). Pour une catégorie de navire donnée, les distances étaient plus importantes pour le profil de vitesse du son d'hiver que pour le profil d'été (tableau 13, figure 21), ce qui indique que dans le cadre du profil de vitesse de son d'hiver, on observe une tendance de réfraction du son loin des sédiments (section 3.3.3).

Le passage des transporteurs à pleine vitesse a produit les distances les plus longues par rapport aux isoplèthes des niveaux de pression acoustique de la valeur efficace de 120 dB p/r à une référence de 1 μ Pa, jusqu'à 11 km pour un TGTB au mois de février (tableau 13). La réduction des vitesses des passages à 10 nœuds dans l'habitat essentiel de la baleine franche de l'Atlantique Nord en août a permis de diminuer considérablement les niveaux reçus. Les distances associées à l'entrée et à la sortie de bassin étaient comprises entre 2,9 et 3,5 km. Tandis que les niveaux sonores à large bande pour la manœuvre des remorqueurs étaient plus élevés que ceux liés au passage des transporteurs (section 3.1), la perte de transmission est relativement élevée dans les eaux peu profondes qui entourent immédiatement le terminal, en particulier pour les faibles fréquences qui sont dominantes dans le spectre du niveau sonore émis par les remorqueurs (figure 6).

Conformément aux résultats propres au site, les niveaux d'exposition au bruit (SEL) dans le cas du scénario complet de passage des navires (section 2) étaient plus importants pour les TGTB et pour le profil de vitesse du son de février que pour les transporteurs de type Suezmax ou le profil d'août (de la figure 17 à la figure 20). Les niveaux d'exposition au bruit situés aux seuils de la NOAA ou au-dessus et associés aux déplacements permanents du seuil (NOAA, 2013) ne se sont toutefois pas produits pour aucun des scénarios opérationnels ou groupes d'audition fonctionnelle modélisés.

Tableau 13. Résumé des distances ($R_{95\%}$, km) par rapport à l'isoplèthe des niveaux de pression acoustique de la valeur efficace de 120 dB p/r à une référence de 1 μ Pa pour les scénarios modélisés des activités des navires. La résolution de la grille horizontale est de 10 m.

Scénario	Distance (km)			
	Suezmax, février	Suezmax, août	TGTB, février	TGTB, août
Site 1, entrée de bassin/sortie de bassin	3,11	2,89	3,49	3,22
Site 2, passage des transporteurs avec remorqueurs, 6 nœuds	0,84	0,79	0,88	0,84
Site 3, passage des transporteurs, 15 nœuds	7,73	6,70	10,89	8,53
Site 4, passage des transporteurs, 10 nœuds (été) ou 15 nœuds (hiver)	7,49	1,84	10,31	2,52
Site 5, passage des transporteurs, 15 nœuds	7,49	6,57	10,79	9,07
Site 6, passage des transporteurs, 15 nœuds	7,92	6,84	11,20	8,79

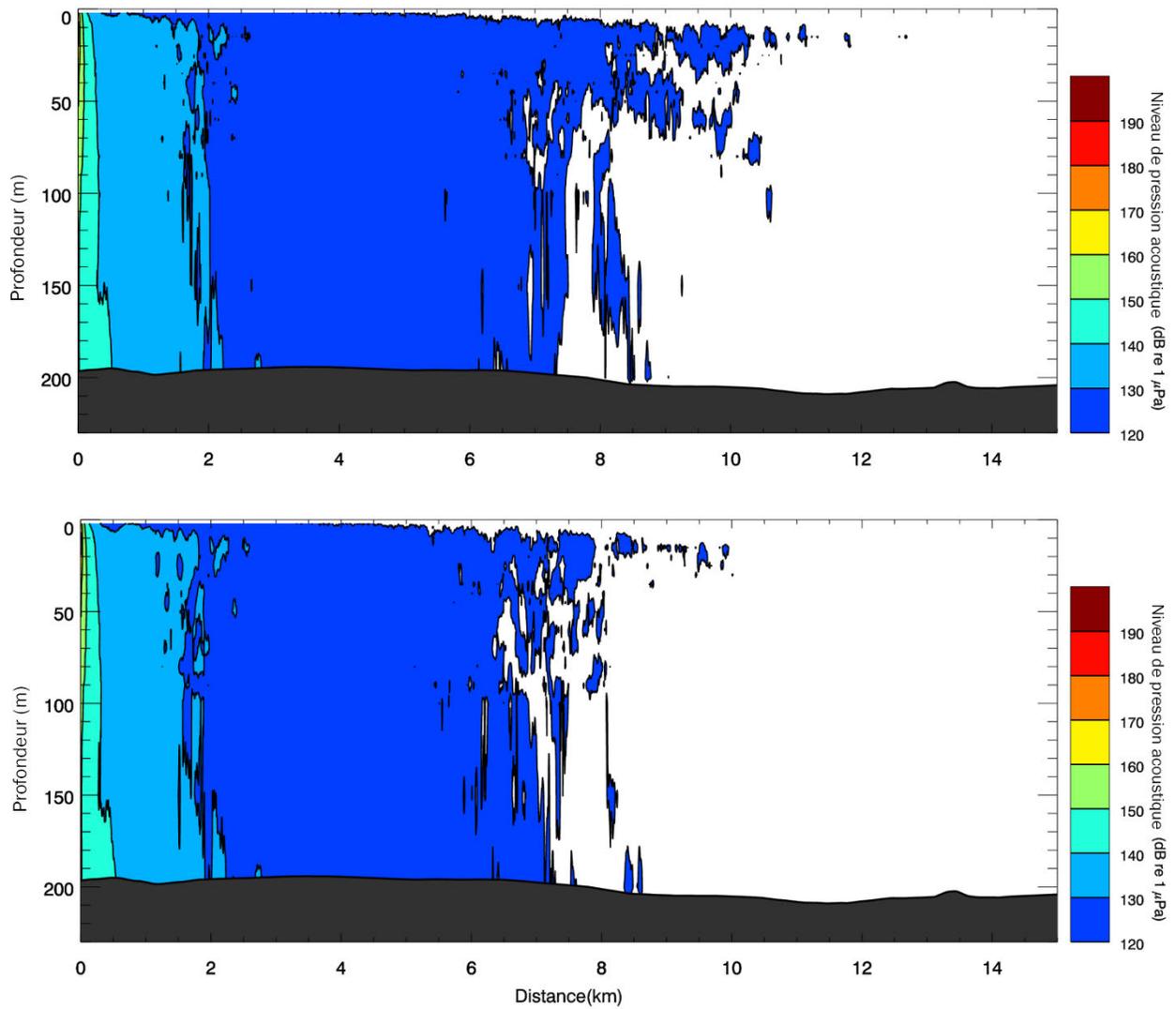


Figure 21. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) pour le passage de très gros transporteurs de brut (TGTB) à 15 nœuds au site 6 pour les mois de février (panneau supérieur) et d'août (panneau inférieur). Les niveaux sont indiqués le long d'une voie radiale qui s'étend vers l'est depuis l'emplacement source.

Glossaire

Absorption

Conversion des vagues sonores en chaleur, capturée par isolation.

Atténuation

Perte d'énergie acoustique en raison de l'absorption et de la fragmentation.

Azimut

Angle horizontal relatif à une direction de référence, souvent le nord magnétique ou la direction du déplacement.

Bande de fréquences de tiers d'octave

Bandes passantes qui ne se chevauchent pas et dont la largeur est d'un tiers d'octave (une octave correspond à un doublage de fréquence). Trois bandes de tiers d'octave adjacentes constituent une octave. Les bandes de tiers d'octave s'élargissent avec l'augmentation de la fréquence.

Bruit

Bruit indésirable qui interfère avec la détection d'autres sons.

Cavitation

Formation et disparition rapides de vapeur dans l'eau, la plupart du temps provoquées par une baisse de pression rapide.

Cétacés

Membres de l'ordre des *Cetacea*, lequel comprend des mammifères aquatiques, principalement marins. Comprends des baleines, des dauphins et des marsouins.

Cétacés basse fréquence

Groupe d'audition fonctionnelle représentant les mysticètes (baleines à fanons).

Cétacés haute fréquence

Groupe d'audition fonctionnelle représentant les odontocètes spécialisés dans l'utilisation des hautes fréquences.

Cétacés moyenne fréquence

Groupe d'audition fonctionnelle représentant certains odontocètes (dauphins, cétacés à dent, ziphiidés et les baleines à bec).

Champ acoustique

Région contenant des ondes sonores (ANSI S1.1-1994 R2004).

Décibel

Unité logarithmique du ratio d'une quantité par rapport à une quantité de référence du même type. Symbole : dB

Déplacement permanent du seuil auditif (DPISA)

Perte permanente de la sensibilité d'audition en raison d'une exposition excessive au bruit. Le déplacement permanent du seuil auditif est considéré comme une lésion auditive.

Émissions sonores continues

Émissions sonores dont l'intensité varie graduellement avec le temps, par exemple, les émissions sonores provoquées par le passage d'un bateau.

Exposition au bruit

Intégrale de temps de la pression acoustique au carré instantanée à pondération pendant un intervalle de temps ou un événement donnés. Unité : pascalle carré seconde ($\text{Pa}^2 \text{s}$) (ANSI S1.1-1994 R2004).

Fonction de pondération auditive (fonction de pondération fréquentielle)

Les fonctions de pondération auditive tiennent compte de la sensibilité d'audition des mammifères marins. Elles sont appliquées aux mesures des émissions sonores pour accentuer les fréquences qu'un animal entend bien et atténuer les fréquences qu'il entend moins bien ou pas du tout (Southall *et al.*, 2007, Finneran et Jenkins, 2012, NOAA, 2013)

Fréquence

Vitesse d'oscillation d'une fonction périodique mesurée en unités de cycles par unité de temps. Inverse de la période. Unité : hertz (Hz). Symbole : f . Par exemple, 1 Hz = 1 cycle par seconde.

Géoacoustique

Fait référence aux propriétés acoustiques du fond océanique.

Groupe d'audition fonctionnelle

Groupe d'espèces de mammifères marins ayant des plages d'audition estimées semblables.

Insonification

Exposition au bruit.

Largeur de bande

Gamme de fréquences dans laquelle un son se produit. Large bande fait référence à une source produisant un son dans une large gamme de fréquences (p. ex. canons à air sismique, navires), tandis que les sources à bande étroite produisent des sons dans une gamme de fréquences étroite (p. ex. sonar) (ANSI/ASA S1.13-2005 R2010).

Longueur d'onde

Distance sur laquelle une onde accomplit un cycle d'oscillation. Unité : mètre (m). Symbole : λ .

Méthode d'équation parabolique

Solution efficace sur le plan du calcul à l'équation d'onde sonore utilisée pour modéliser la perte de transmission. L'approximation de l'équation parabolique omet les effets des sons rétrodiffusés, ce qui simplifie le calcul de la perte de transmission. L'effet des sons rétrodiffusés est négligeable pour la plupart des problèmes de propagation acoustique océanique.

Mysticète

Membres des *Mysteceti*, un sous-ordre de l'ordre des *Cetacea*. Cétacés à dents ou cétacés à fanons (également appelés baleines à fanons). Les mysticètes sont caractérisés par leurs fanons qui leur permettent de filtrer la nourriture dans l'eau. Ils ne sont pas connus pour utiliser l'écholocation, mais ils utilisent les sons pour communiquer. Le groupe inclut les rorquals (*Balaenopteridae*), les baleines noires (*Balaenidae*) et les baleines grises (*Eschrichtius robustus*).

Niveau de la source (SL)

Niveau de pression acoustique mesuré à un mètre d'un point source théorique qui diffuse la même puissance acoustique totale que la source réelle. Unité : dB p/r à une référence de 1 μPa à 1 m.

Niveau de pression acoustique (SPL)

Le ratio en décibels de la pression acoustique de la valeur efficace, dans une gamme de fréquences précise, par rapport au carré de la pression acoustique de référence (ANSI S1.1-1994 R2004). Mesure du niveau sonore représentant uniquement la composante de pression du son et qui ne rend pas compte de la durée du son. Unité : décibel (dB).

Pour les sons émis dans l'eau, la pression acoustique de référence est d'un micropascal ($p_0 = 1 \mu\text{Pa}$) et l'unité du niveau de pression acoustique est exprimée en dB p/r à une référence de $1 \mu\text{Pa}$:

$$\text{SPL} = 10 \log_{10} \left(p^2 / p_0^2 \right) = 20 \log_{10} (p / p_0)$$

Sauf indication contraire, SPL renvoie au niveau de pression acoustique de la valeur efficace (SPL RMS).

Niveau de pression acoustique à large bande

Le niveau de pression acoustique totale mesurée dans une gamme de fréquences précise. Si la gamme de fréquences n'est pas précisée, cela fait référence à l'ensemble de la gamme de mesures.

Niveau de pression acoustique de crête (SPL de crête)

Niveau de pression acoustique instantané maximal, dans une bande de fréquences et une période données. Également appelé niveau de pression acoustique d'une amplitude nulle à maximale. Unité : décibel (dB).

Niveau de pression acoustique de la valeur efficace (SPL RMS)

Moyenne de la valeur efficace de la pression acoustique instantanée telle qu'elle est mesurée dans un certain intervalle de temps donné. Pour un son continu, l'intervalle de temps est d'une seconde. Voir également Niveau de pression acoustique.

Niveau d'exposition au bruit (SEL)

Mesure de l'énergie acoustique totale en une impulsion ou plus. Unité : dB p/r à une référence de $1 \mu\text{Pa}^2 \text{ s}$.

Onde de cisaillement

Onde de vibration mécanique où la direction du mouvement des particules est perpendiculaire à la direction de la propagation. On l'appelle parfois l'onde secondaire, ou onde S. Les ondes de cisaillement se propagent uniquement dans un milieu solide, comme les sédiments ou la roche. Les ondes de cisaillement dans le fond océanique peuvent être converties en ondes de compression dans l'eau à l'interface eau-fond océanique.

Odontocète

Membres des *Odontoceti*, un sous-ordre de l'ordre des *Cetacea*. Cétacés à dents, notamment les grands cachalots, les épaulards, les bélugas, les narvals, les dauphins et les marsouins, qui sont capables d'utiliser l'écholocation.

Onde de compression

Onde de vibration mécanique où la direction du mouvement des particules est parallèle à la direction de la propagation. On l'appelle parfois l'onde primaire, ou onde P.

Otariidés

Membres des *Otariidae*, l'un des trois taxons des *Pinnipedia*. Otariidés, couramment appelés otaries et otaries à fourrure, qui utilisent leurs nageoires antérieures avant pour se propulser.

Perte de transmission (TL)

Réduction des décibels du niveau sonore lorsqu'un son s'éloigne d'une source acoustique, et qui dépend de l'influence du cadre environnant. Également appelé perte de propagation.

Phocidés

Membres des *Phocidae*, l'un des trois taxons des *Pinnipedia*. Les phoques communs ou loups-marins sont mieux adaptés à la vie aquatique que les otariidés et utilisent leurs nageoires postérieures arrière pour se propulser.

Pinnipèdes

Membres des *Pinnipedia*. Incluent les phocidés (phoques communs ou loups-marins), les otaridés (otaries à fourrure et otaries) et les morses.

Pondération M

Processus de filtrage passe-bande des fortes émissions sonores pour réduire l'importance des fréquences inaudibles ou moins audibles pour les catégories générales de mammifères marins. Pondérations des fréquences généralisées concernant divers groupes d'audition fonctionnelle de mammifères marins, qui favorisent leurs largeurs de bande fonctionnelle et qui sont appropriées pour la caractérisation des effets sonores des fortes émissions sonores (Southall *et al.*, 2007).

Pression acoustique

Écart par rapport à la pression hydrostatique ambiante provoqué par une onde sonore. Également appelé surpression. Unité : pascal (Pa). Symbole : p .

Pression hydrostatique

Pression observée à toute profondeur donnée dans un liquide statique résultant du poids du liquide qui agit sur une unité de surface à cette profondeur, plus toute pression agissant sur la surface du liquide. Unité : pascal (Pa).

Profil de vitesse du son

Vitesse du son dans la colonne d'eau exprimée comme fonction de la profondeur au-dessous de la surface de l'eau.

Puissance de traction

Mesure de la puissance de traction d'un navire définie comme la force exercée à pleine puissance sur un bollard installé sur le rivage au moyen d'un câble de remorque. Elle est couramment mesurée par l'intermédiaire d'un test pratique, mais est parfois simulée ou estimée. Unité : tonne (t)

RMS

Valeur efficace

Seuil d'audibilité

Niveau de pression acoustique à peine audible pour une personne donnée en l'absence de bruit de fond important au cours d'un pourcentage précis d'essais expérimentaux.

Son

Perturbation de la pression variant dans le temps produite par des ondes de vibration mécanique se déplaçant dans un milieu fluide comme l'air ou l'eau.

Son non impulsif

Son large bande, bande étroite ou tonal, bref ou prolongé, continu ou intermittent, qui n'a généralement pas de pression de crête avec un temps de montée rapide (présente généralement de faibles fluctuations dans le niveau de décibel) qu'ont généralement les signaux impulsifs (ANSI/ASA S3.20-1995 R2008). Par exemple, navires maritimes, avions, machines, construction et battage des pieux par masse vibrante.

Source ponctuelle

Source qui diffuse un son comme s'il venait d'une seule source (ANSI S1.1-1994 R2004).

Spectre

Signal acoustique représenté selon la répartition de sa puissance (ou énergie) par rapport à la fréquence.

Ouvrages cités

- [American National Standards Institute] ANSI. S1.1-1994. R2004. American National Standard Acoustical Terminology. American National Standards Institute, New York.
- [American National Standards Institute] et [Acoustical Society of America] ANSI et ASA. S1.13-2005. R2010. American National Standard Measurement of Sound Pressure Levels in Air. American National Standards Institute et Acoustical Society of America, New York.
- [American National Standards Institute] et [Acoustical Society of America] ANSI et ASA. S3.20-1995. R2008. American National Standard Bioacoustical Terminology. American National Standards Institute et Acoustical Society of America, New York.
- [NMFS] National Marine Fisheries Service. 2014. Marine Mammals: Interim Sound Threshold Guidance [page Web]. National Marine Fisheries Service, National Oceanic and Atmospheric Administration, U.S. Department of Commerce. Accès : http://www.westcoast.fisheries.noaa.gov/protected_species/marine_mammals/threshold_guidance.html
- [NOAA] National Oceanic and Atmospheric Administration et U.S. Department of Commerce. 2013. Draft Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammals: Acoustic Threshold Levels for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts. National Oceanic and Atmospheric Administration, U.S. Department of Commerce (éd.). Accès : http://www.nmfs.noaa.gov/pr/acoustics/draft_acoustic_guidance_2013.pdf
- Aerts, L., Bles, M., Blackwell, S., Greene, C., Kim, K., Hannay, D., Austin, M. 2008. Marine mammal monitoring and mitigation during BP Liberty OBC seismic survey in Foggy Island Bay, Beaufort Sea, July-August 2008: 90-day report. Rapport P1011-1 de LGL. Préparé par LGL Alaska Research Associates Inc., LGL Ltd., Greeneridge Sciences Inc. et JASCO Applied Sciences Ltd. pour BP Exploration Alaska.
- Antonopoulos, D. 2012. Modern Low Speed Diesel Engines for Modern Efficient Tanker Vessels. Présentation donnée dans le cadre de la 3^e Tanker Industry Conference, Copenhague, 23 octobre 2012.
- Arveson, P.T., Venditis, D.J. 2000. Radiated noise characteristics of a modern cargo ship. *Journal of the Acoustical Society of America* 107:118-129.
- Bershad, S., Weiss, M. 1976. Deck41 Surficial Seafloor Sediment Description Database. National Geophysical Data Centre, National Oceanic and Atmospheric Administration.
- Buckingham, M.J. 2005. Compressional and shear wave properties of marine sediments: Comparisons between theory and data. *Journal of the Acoustical Society of America* 117(1):137-152.
- Carnes, M.R. 2009. Description and Evaluation of GDEM-V 3.0. Rapport-mémoire 7330-09-9165 du NRL. U.S. Naval Research Laboratory, Stennis Space Centre, Mississippi. 21 p.
- Collins, M.D. 1993. A split-step Padé solution for the parabolic equation method. *Journal of the Acoustical Society of America* 93:1736-1742.
- Collins, M.D., Cederberg, R.J., King, D.B., Chin-bing, S.A. 1996. Comparison of algorithms for solving parabolic wave equations. *Journal of the Acoustical Society of America* 100:178-182.
- Coppens, A.B. 1981. Simple equations for the speed of sound in Neptunian waters. *Journal of the Acoustical Society of America* 69(3):862-863.
- Davis, D.S., Browne, S. 1996. Natural history of Nova Scotia: topics and habitats (Vol. 1). Halifax (N.-É.) : Musée de la Nouvelle-Écosse.
- Fader, G.B.J., Lynds, T., Miller, R.O., Parrott, D.R., Hynes, S., Sherin, A. 2004. Scotian Shelf regional surficial geology compilation. Commission géologique du Canada, dossier public 4671.

- Fidell, T. 2014. Energy East NEB Filing – Revised Marine Terminal Shipping Emissions Estimate. Note préparée pour TransCanada par Moffatt & Nichol, Long Beach (Californie).
- Finneran, J.J., Jenkins, A.K. 2012. Criteria and thresholds for U.S. navy acoustic and explosive effects analysis. Rapport du Space and Naval Warfare Systems Command (SPAWAR) Systems Centre Pacific, United States Navy.
- François, R.E., Garrison, G.R. 1982a. Sound absorption based on ocean measurements: Part I: Pure water and magnesium sulfate contributions. *Journal of the Acoustical Society of America* 72(3):896-907.
- François, R.E., Garrison, G.R. 1982b. Sound absorption based on ocean measurements: Part II: Boric acid contribution and equation for total absorption. *Journal of the Acoustical Society of America* 72(6):1879-1890.
- Funk, D., Hannay, D., Ireland, D., Rodrigues, R., Koski, W. 2008. Marine mammal monitoring and mitigation during open water seismic exploration by Shell Offshore Inc. in the Chukchi and Beaufort Seas, July-November 2007: 90-day report. Rapport P969-1 de LGL. Préparé par LGL Alaska Research Associates Inc., LGL Ltd. et JASCO Research Ltd. pour Shell Offshore Inc., National Marine Fisheries Service et U.S. Fish and Wildlife Service. p. 218.
- Garde côtière canadienne. 2014. Édition annuelle : Avis aux navigateurs 1 à 36, avril 2014 à mars 2015. Garde côtière canadienne, Pêches et Océans Canada.
- Gray, L.M., Greeley, D.S. 1980. Source level model for propeller blade rate radiation for the world's merchant fleet. *Journal of the Acoustical Society of America* 67(2):516-522.
- Hamilton, E.L. 1980. Geoacoustic modelling of the sea floor. *Journal of the Acoustical Society of America* 68:1313-1340.
- Hannay, D., MacGillivray, A., Laurinolli, M., Racca, R. 2004. Sakhalin Energy: Source Level Measurements from 2004 Acoustics Program. Version 1.5. Rapport technique préparé pour Sakhalin Energy par JASCO Applied Sciences.
- Hannay, D.E., Racca, R. 2005. Acoustic Model Validation. Rapport technique préparé pour Sakhalin Energy Investment Company par JASCO Research Ltd.
- Hathaway, J.D. 1977. Continental margin program, Atlantic coast of the United States. Ensemble de données G00253 du National Geophysical Data Center. Accès : <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/geology/conmar.html>
- Ireland, D.S., Rodrigues, R., Funk, D., Koski, W., Hannay, D. 2009. Marine mammal monitoring and mitigation during open water seismic exploration by Shell Offshore Inc. in the Chukchi and Beaufort Seas, July-October 2008: 90-day report. Rapport P1049-1 de LGL. Préparé par LGL Alaska Research Associates Inc., LGL Ltd. et JASCO Applied Sciences Ltd. pour Shell Offshore Inc., National Marine Fisheries Service et U.S. Fish and Wildlife Service. 277 p. et annexes.
- King, L.H., MacLean, B. 1974. Geology: Scotian Shelf and Adjacent Areas. Centre géoscientifique de l'Atlantique, Commission géologique du Canada, ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources.
- Lucke, K., Nachtigall, P., Nowacek, D., Thode, A. 2014. Peer Review Report: National Oceanic and Atmospheric Administration Draft Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammals: Acoustic Threshold Levels for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts. National Oceanic and Atmospheric Administration, U.S. Department of Commerce (éd.).
- McKenna, M.F., Ross, D., Wiggins, S.M., Hildebrand, J.A. 2012. Underwater radiated noise from modern commercial ships. *Journal of the Acoustical Society of America* 131(1):92-103.
- Moffatt & Nichol. 2014. Cacouna Energy East Marine Terminal: TERMPOL Review. Volume 2: Navigation, Berthing and Mooring Studies [ébauche]. Préparé par Moffatt & Nichol pour TransCanada.

- Nedwell, J.R., Turnpenny, A.W. 1998. The use of a generic frequency weighting scale in estimating environmental effect. Workshop on Seismics and Marine Mammals. Du 23 au 25 juin, Londres (Royaume-Uni).
- Nedwell, J.R., Turnpenny, A.W.H., Lovell, J., Parvin, S.J., Workman, R., Spinks, J.A.L. 2007. A validation of the dB_{ht} as a measure of the behavioural and auditory effects of underwater noise. Rapport n° 534R1231 préparé par Subacoustech Ltd. pour la U.K. Department of Business, Enterprise and Regulatory Reform dans le cadre du projet n° RDCZ/011/0004. Accès : www.subacoustech.com/information/downloads/reports/534R1231.pdf
- O'Neill, C., Leary, D., McCrodon, A. 2010. Sound Source Verification (Chapter 3). In: Blee, M.K., Hartin, K.G., Ireland, D.S., Hannay, D. (éd.) Marine mammal monitoring and mitigation during open water seismic exploration by Statoil USA E&P Inc. in the Chukchi Sea, August-October 2010: 90-day report. Rapport P1119 de LGL. Préparé par LGL Alaska Research Associates Inc., LGL Ltd. et Ltd. pour Statoil USA E&P Inc., National Marine Fisheries Service et U.S. Fish and Wildlife Service. p. 3-1, 3-34.
- Osler, J.C. 1994. A Geo-Acoustic and Oceanographic Description of Several Shallow Water Experimental Sites on the Scotian Shelf. Document technique 94/216. Centre de recherches pour la défense Canada, Dartmouth (Nouvelle-Écosse).
- Ross, D. 1976. Mechanics of underwater noise. New York (NY) : Pergamon Press. p. 375.
- Roworth, E., Signell, R.P. 1998. Construction of Digital Bathymetry for the Gulf of Maine. Rapport public 98-801 du U.S. Geological Survey. Novembre 1998. Accès : <http://pubs.usgs.gov/of/1998/of98-801/bathy/data.htm>
- Southall, B.L., Bowles, A.E., Ellison, W.T., Finneran, J.J., Gentry, R.L., Greene Jr., C.R., Kastak, D., Ketten, D.R., Miller, J.H., et al. 2007. Marine mammal noise exposure criteria: Initial scientific recommendations. *Aquatic Mammals* 33(4):411-521.
- Spence, J., Fischer, R., Bahtiaran, M., Boroditsky, L., Jones, N., Dempsey, R. 2007. Review of Existing and Future Potential Treatments for Reducing Underwater Sound from Oil and Gas Industry Activities. Rapport préparé par Noise Control Engineering, Inc. pour Joint Industry Programme on E&P Sound and Marine Life.
- Teague, W.J., Carron, M.J., Hogan, P.J. 1990. A comparison between the Generalized Digital Environmental Model and Levitus climatologies. *Journal of Geophysical Research* 95(C5):7167-7183.
- Wales, S.C., Heitmeyer, R.M. 2002. An ensemble source spectra model for merchant ship-radiated noise. *Journal of the Acoustical Society of America* 111(3):1211-1231.
- Warner, G., Erbe, C., Hannay, D. 2010. Underwater sound measurements (Chapter 3). In: Reiser, C.M., Funk, D.W., Rodrigues, R., Hannay, D. (éd.) Marine mammal monitoring and mitigation during open water seismic exploration by Shell Offshore, Inc. in the Alaskan Chukchi Sea, July-October 2009: 90-day report. Rapport P1112-1 de LGL. Préparé par LGL Alaska Research Associates Inc. et JASCO Applied Sciences Ltd. pour Shell Offshore Inc., National Marine Fisheries Service et U.S. Fish and Wildlife Service. p. 3-1, 3-54.
- Zhang, Z.Y., Tindle, C.T. 1995. Improved equivalent fluid approximations for a low shear speed ocean bottom. *Journal of the Acoustical Society of America* 98(6):3391-3396.

Appendix A. Cartes des champs acoustiques

Les cartes de périmètre des champs acoustiques concernant les niveaux de pression acoustique de la valeur efficace pour les activités des transporteurs de type Suezmax en février et août et pour les activités des TGTB en août, sont indiquées dans les sections A.1–A.3. Les résultats des activités des TGTB en février sont présentés dans la section 4.1.

A.1. Transporteur de type Suezmax, février

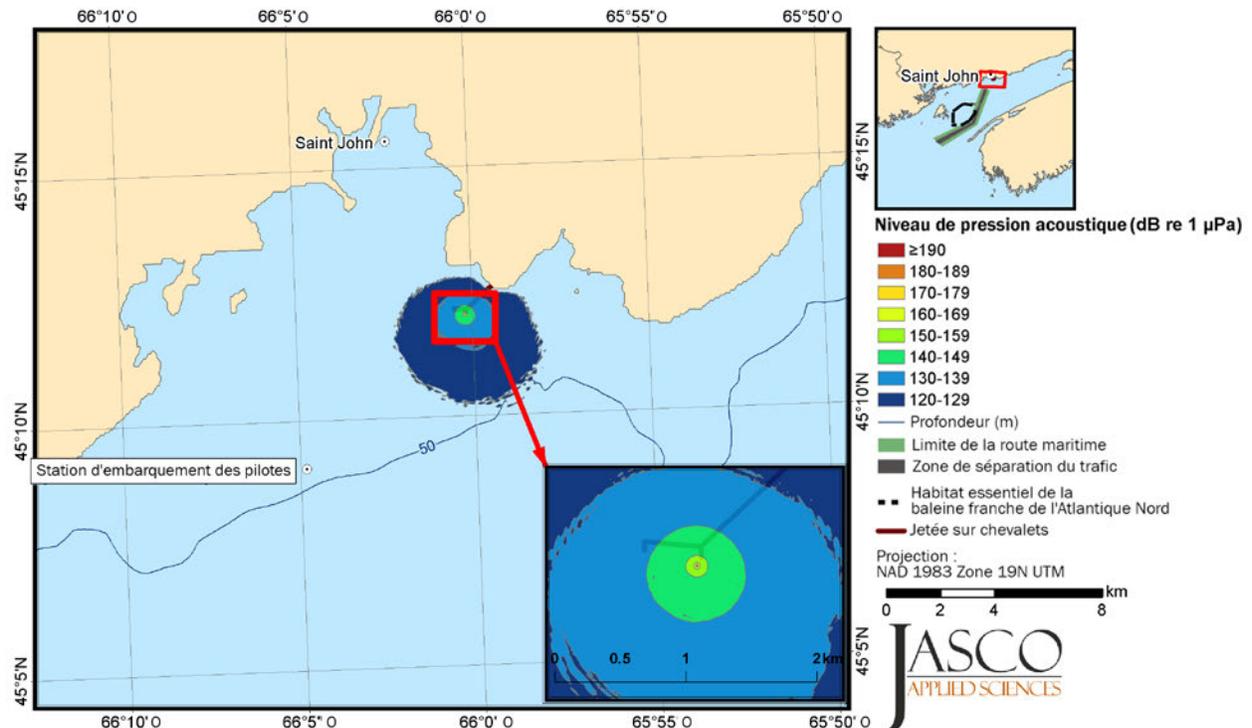


Figure A–1. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour l'entrée de bassin/la sortie de bassin de navires de type Suezmax avec trois remorqueurs au site 1 au mois de février.

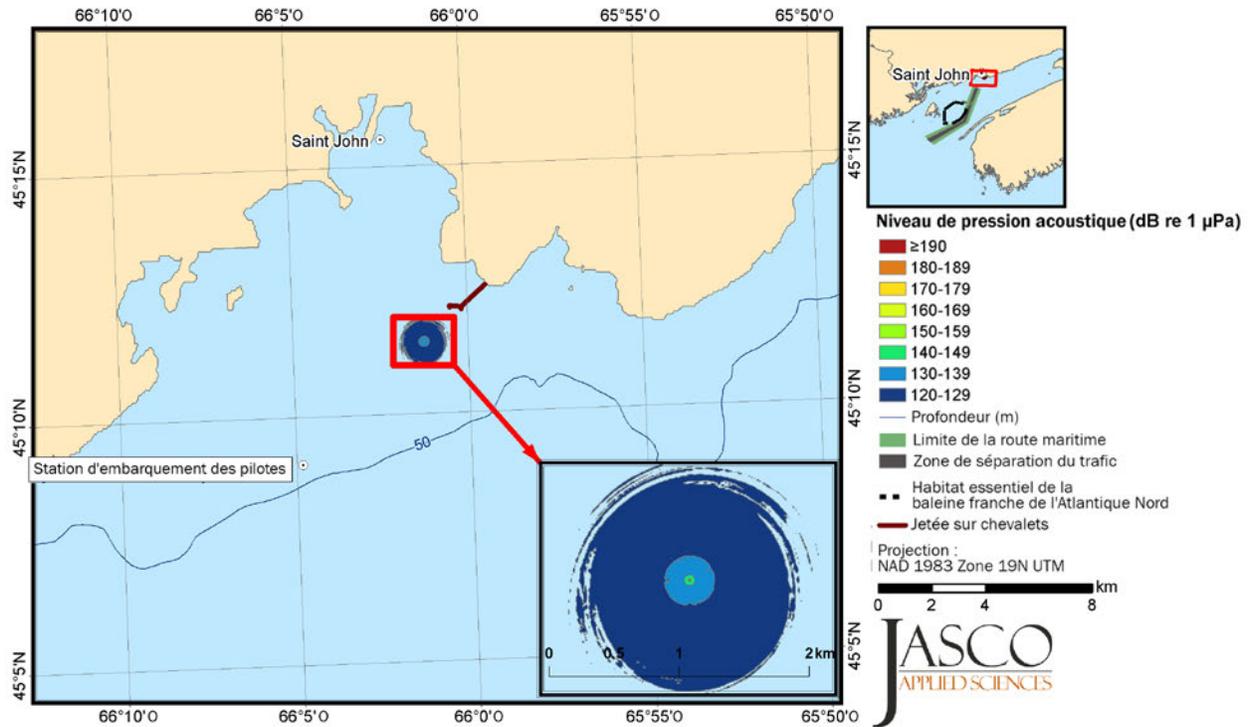


Figure A-2. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de navires de type Suezmax avec un remorqueur à 6 nœuds au site 2 au mois de février.

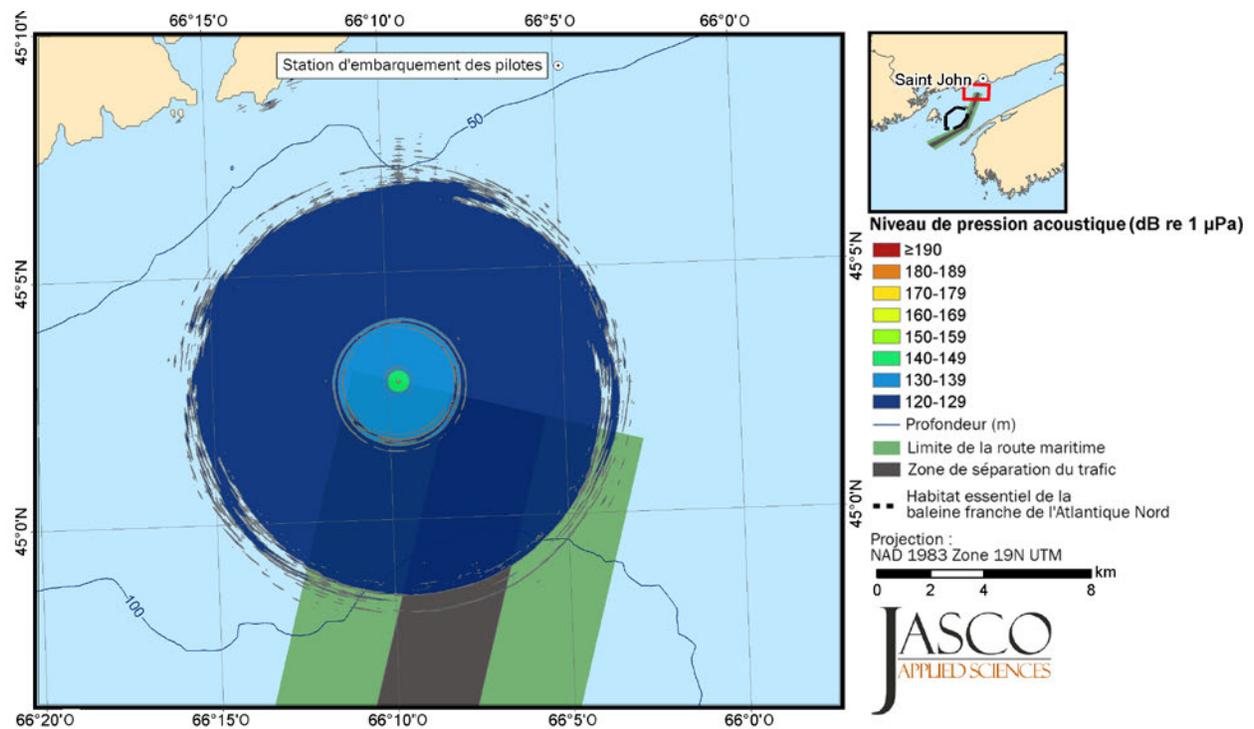


Figure A-3. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de navires de type Suezmax à 15 nœuds au site 3 au mois de février.

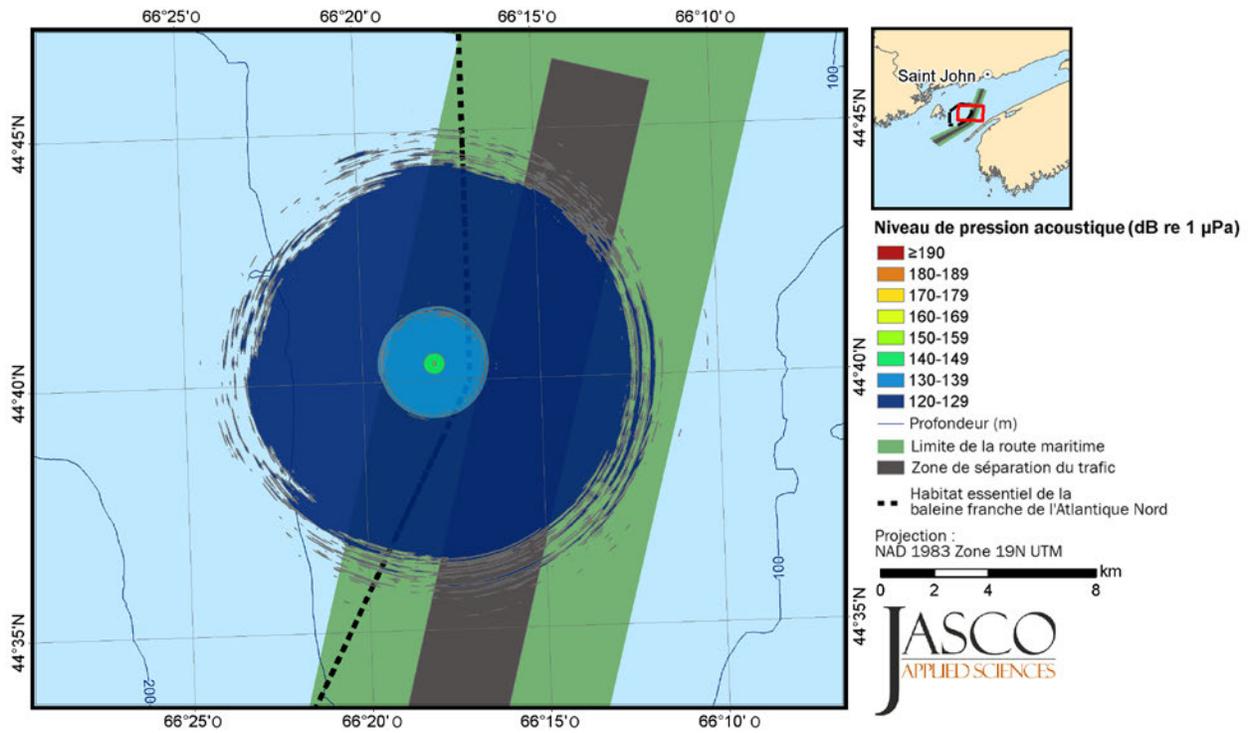


Figure A-4. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de navires de type Suezmax à 15 nœuds au site 4 au mois de février.

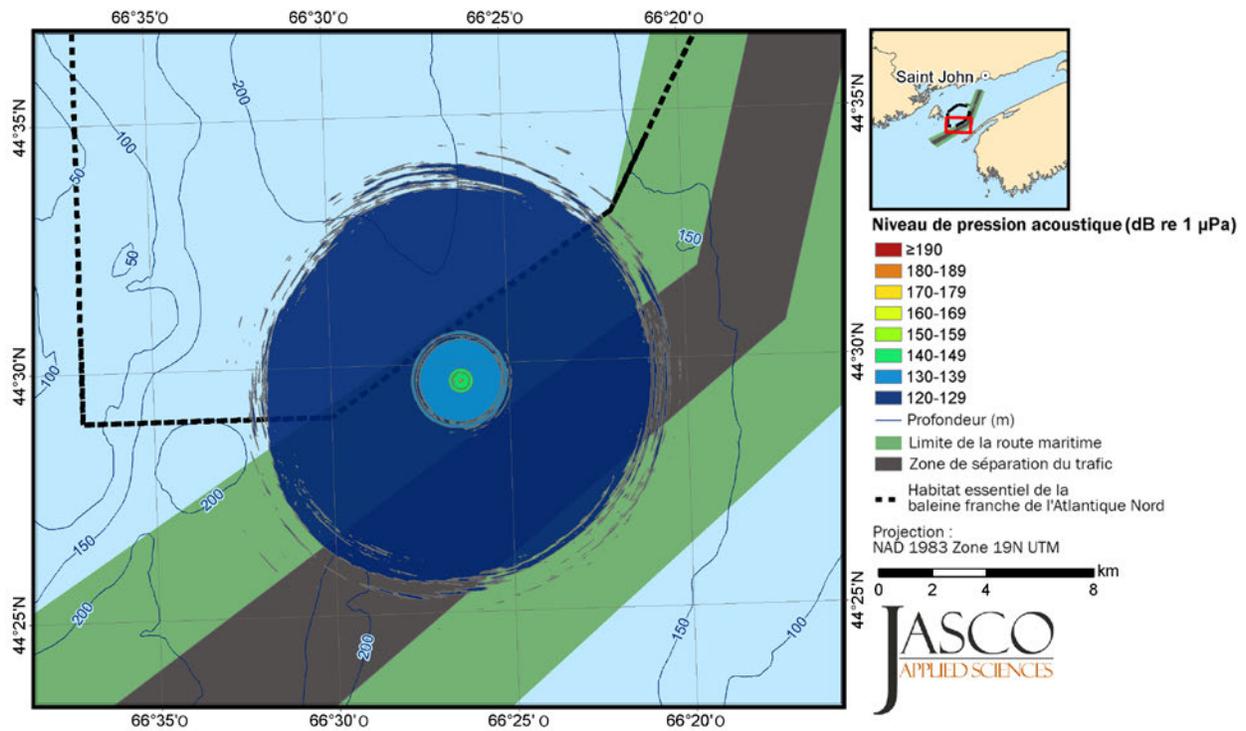


Figure A-5. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de navires de type Suezmax à 15 nœuds au site 5 au mois de février.

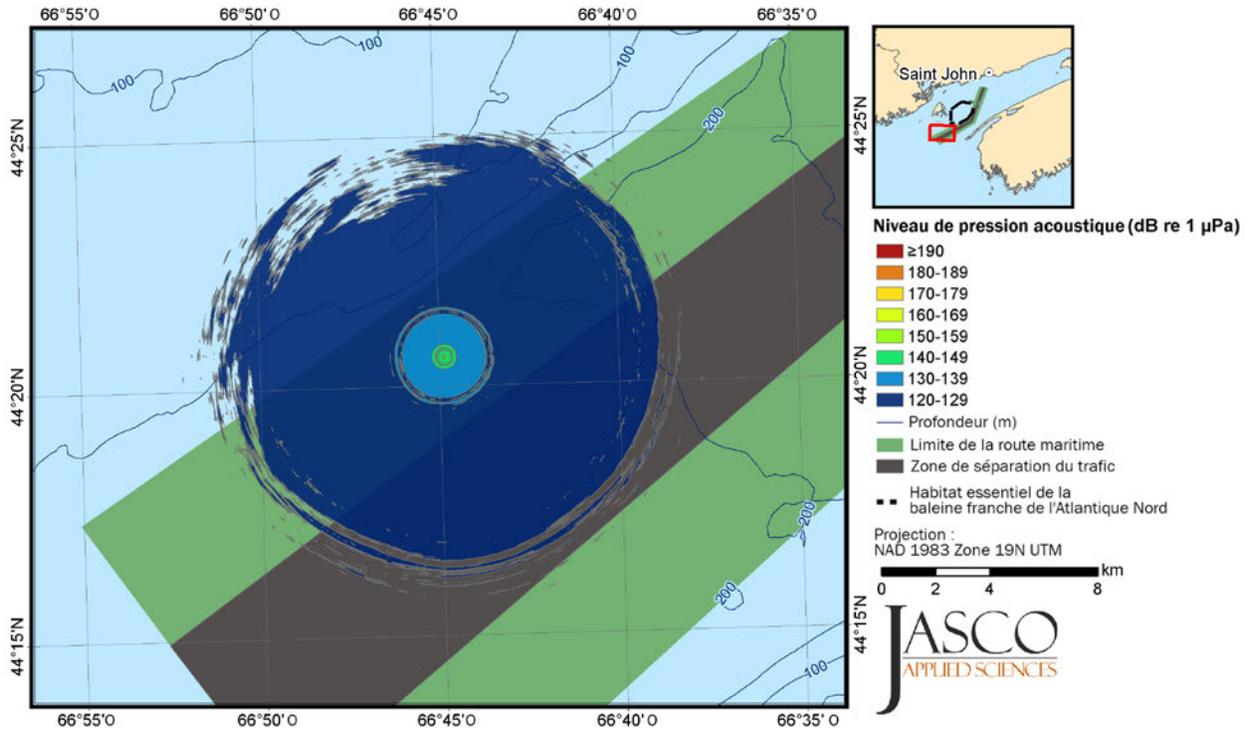


Figure A-6. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de navires de type Suezmax à 15 nœuds au site 6 au mois de février.

A.2. Transporteur de type Suezmax, août

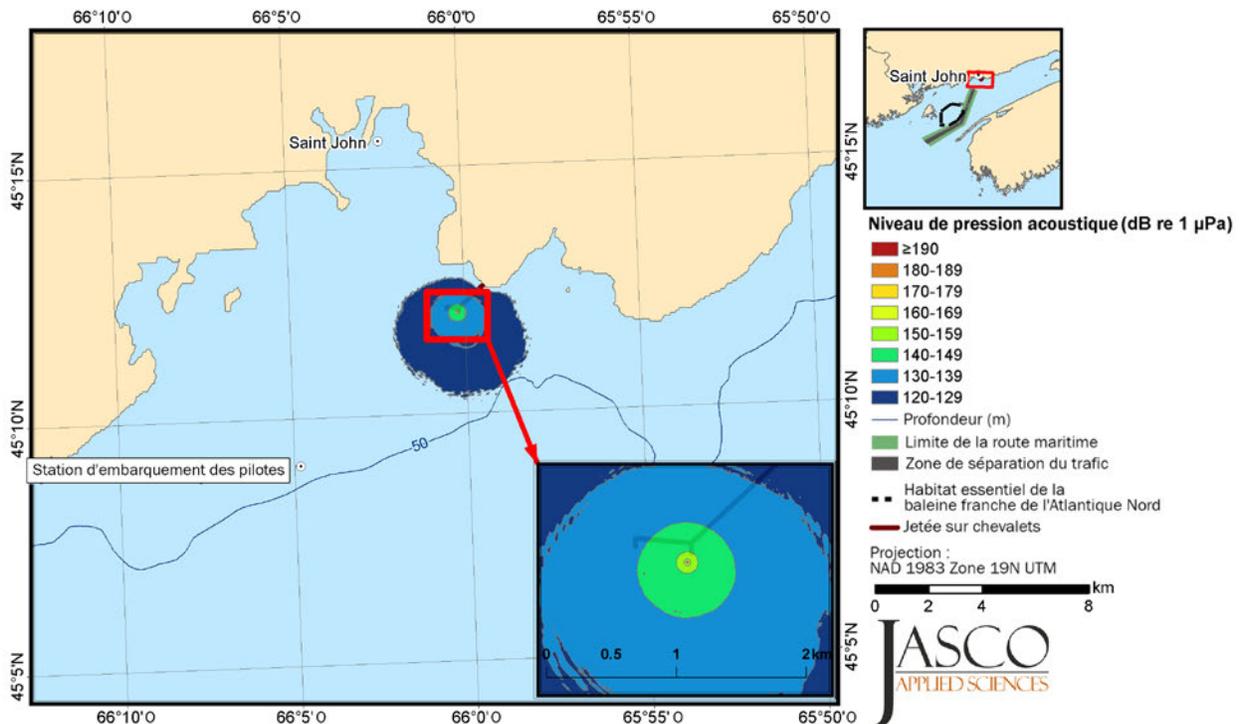


Figure A-7. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour l'entrée de bassin/la sortie de bassin de navires de type Suezmax avec trois remorqueurs au site 1 au mois d'août.

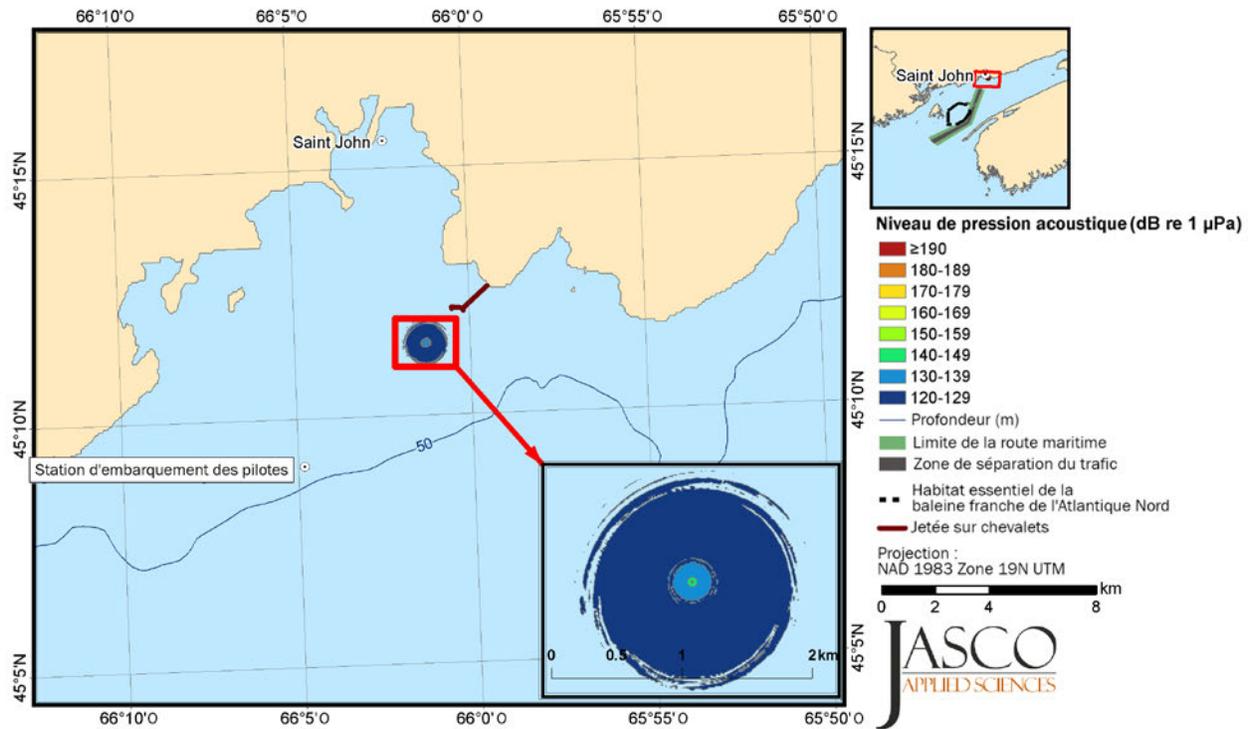


Figure A-8. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de navires de type Suezmax avec un remorqueur à 6 nœuds au site 2 au mois d'août.

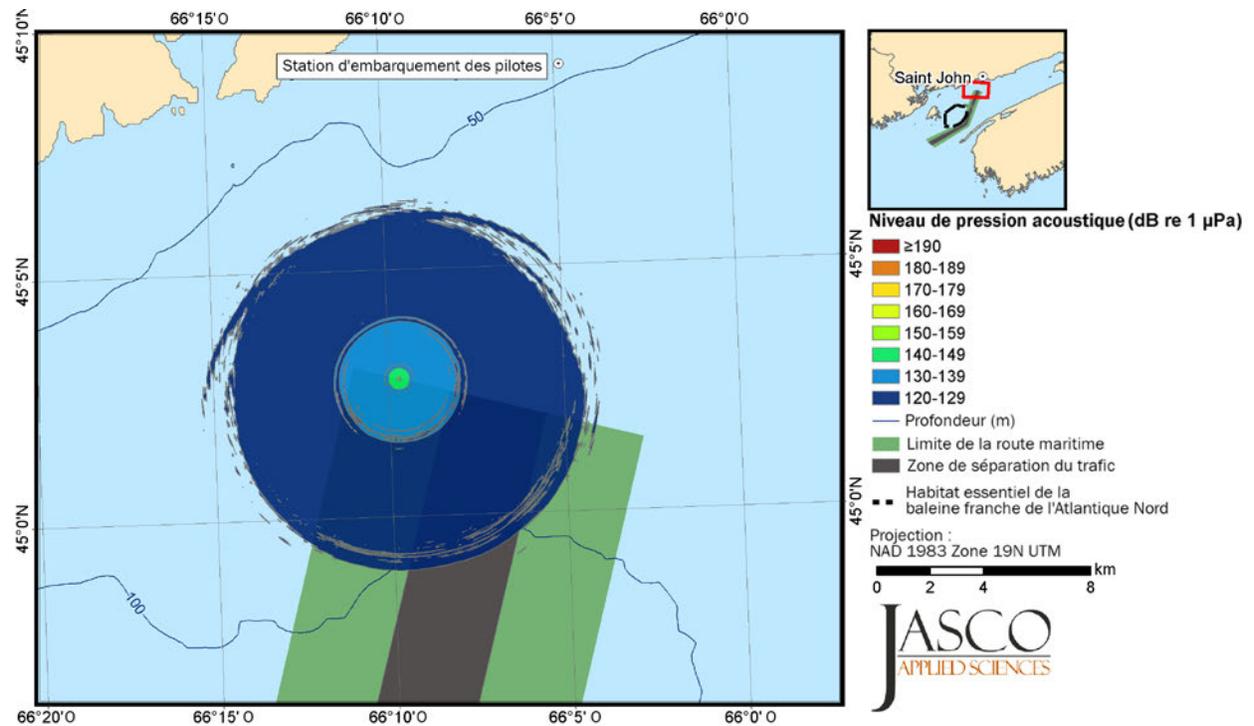


Figure A-9. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de navires de type Suezmax à 15 nœuds au site 3 au mois d'août.

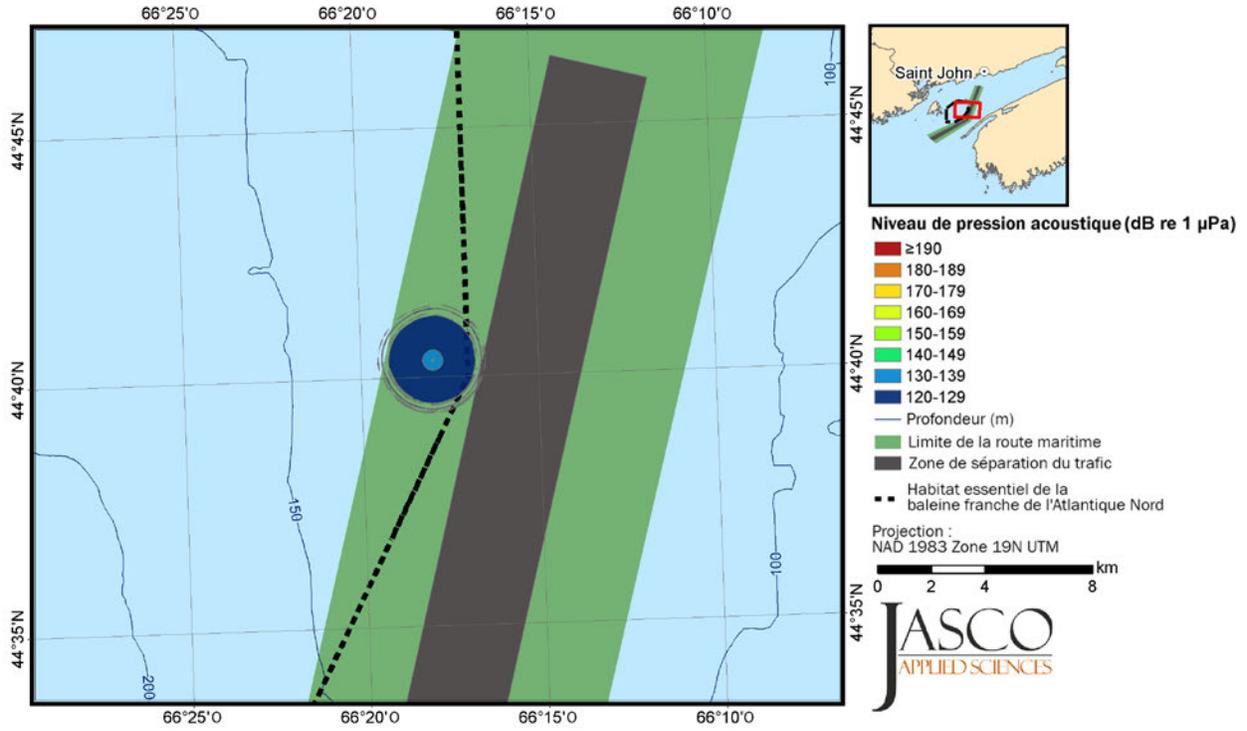


Figure A-10. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de navires de type Suezmax à 10 nœuds au site 4 au mois d'août.

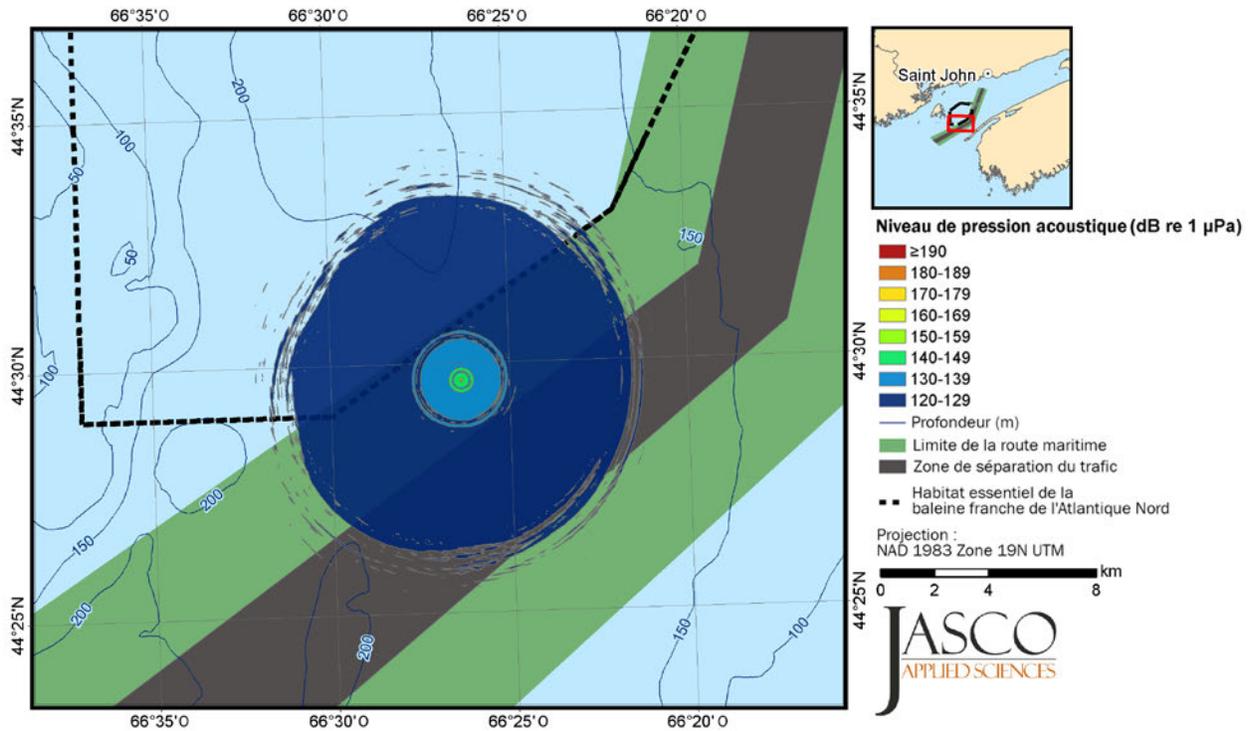


Figure A-11. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de navires de type Suezmax à 15 nœuds au site 5 au mois d'août.

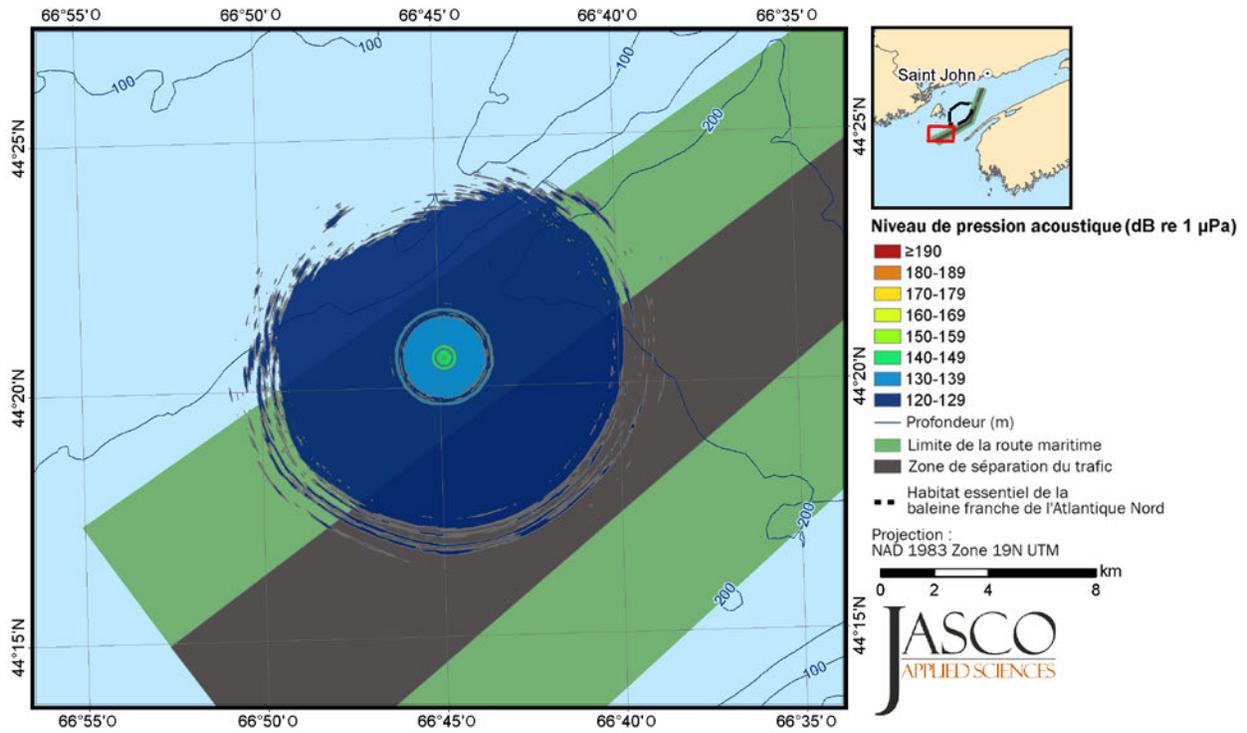


Figure A-12. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de navires de type Suezmax à 15 nœuds au site 6 au mois d'août.

A.3. TGTB, août

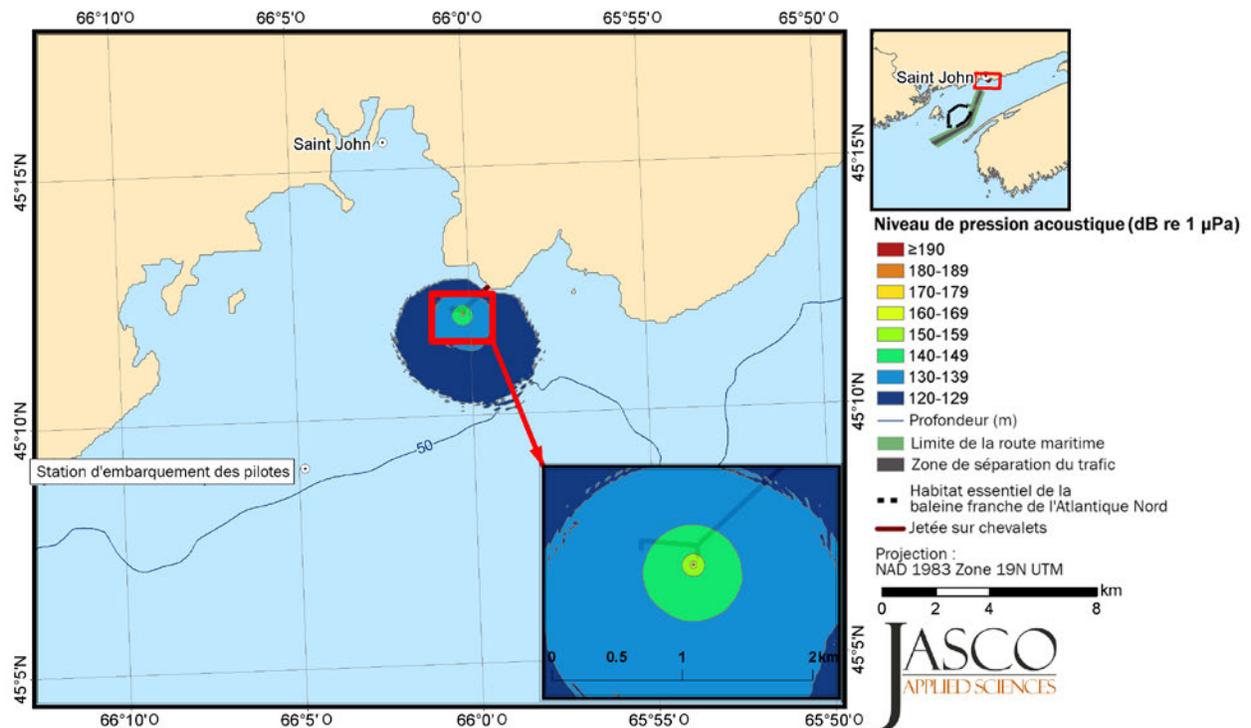


Figure A-13. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour l'entrée de bassin/la sortie de bassin des très gros transporteurs de brut (TGTB) avec quatre remorqueurs au site 1 au mois d'août.

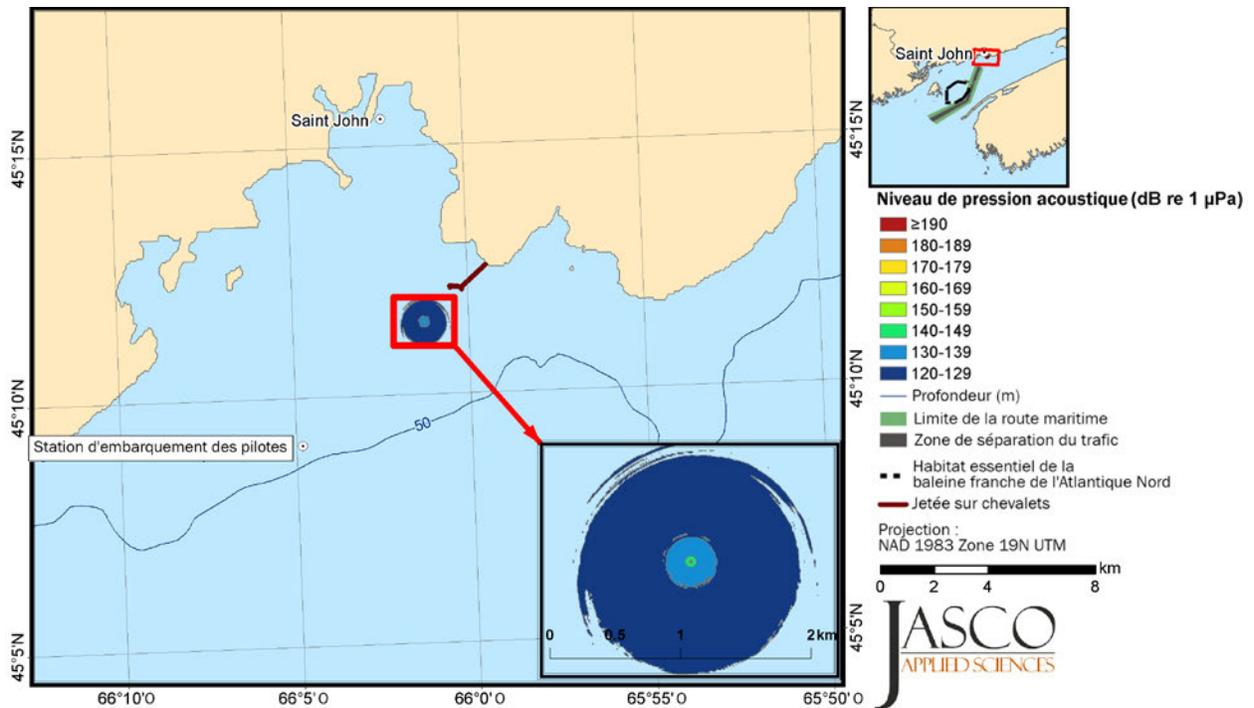


Figure A-14. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de TGTB avec un remorqueur à 6 nœuds au site 2 au mois d'août.

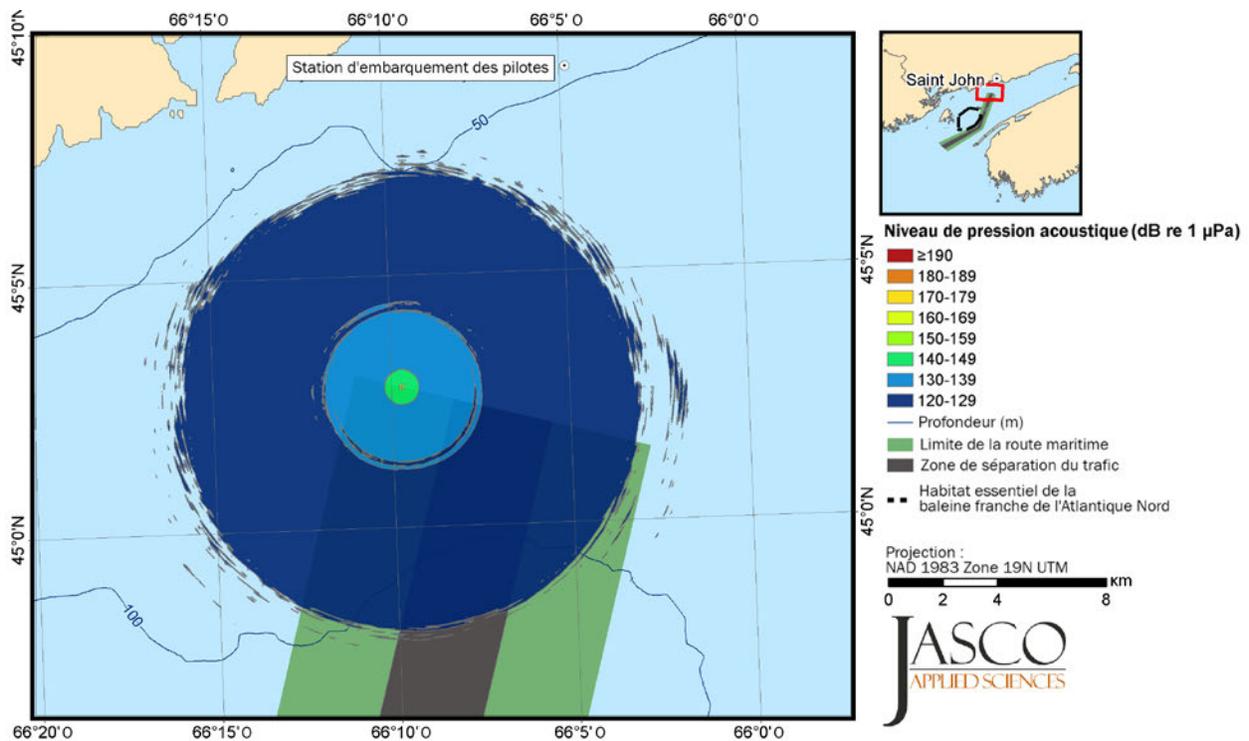


Figure A-15. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de TGTB à 15 nœuds au site 3 au mois d'août.

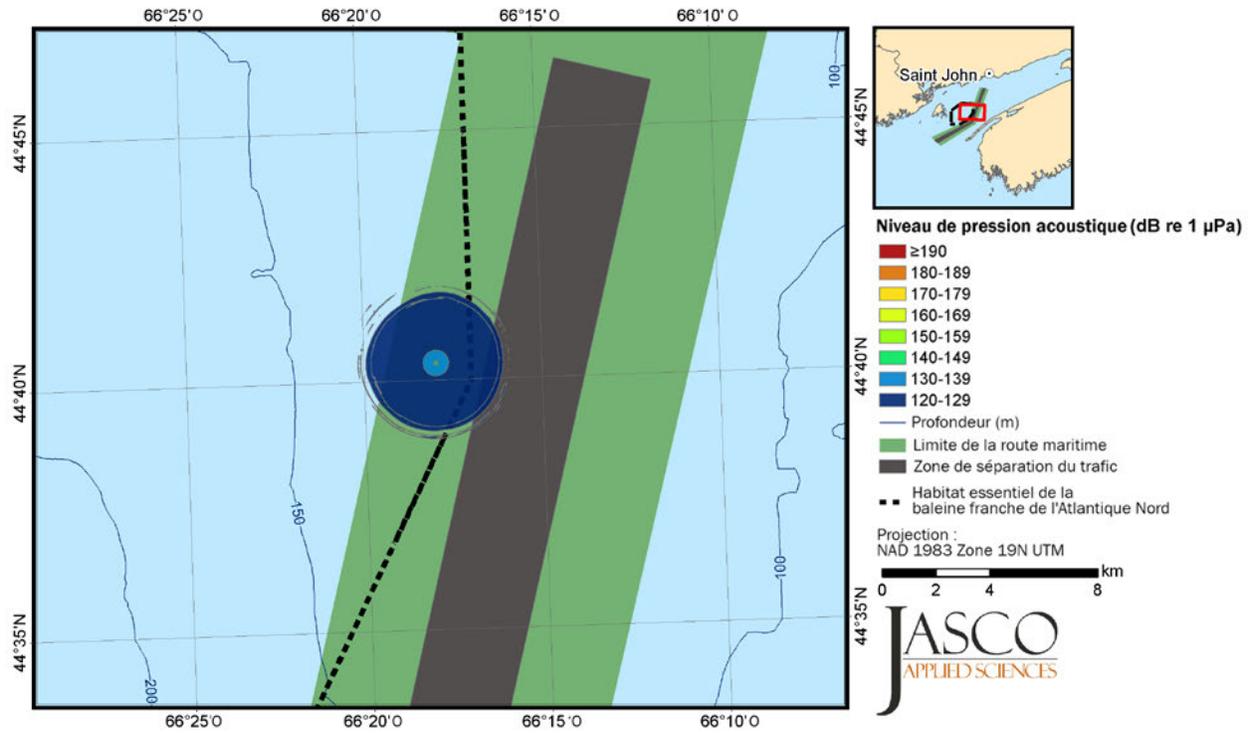


Figure A-16. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de TGTB à 10 nœuds au site 4 au mois d'août.

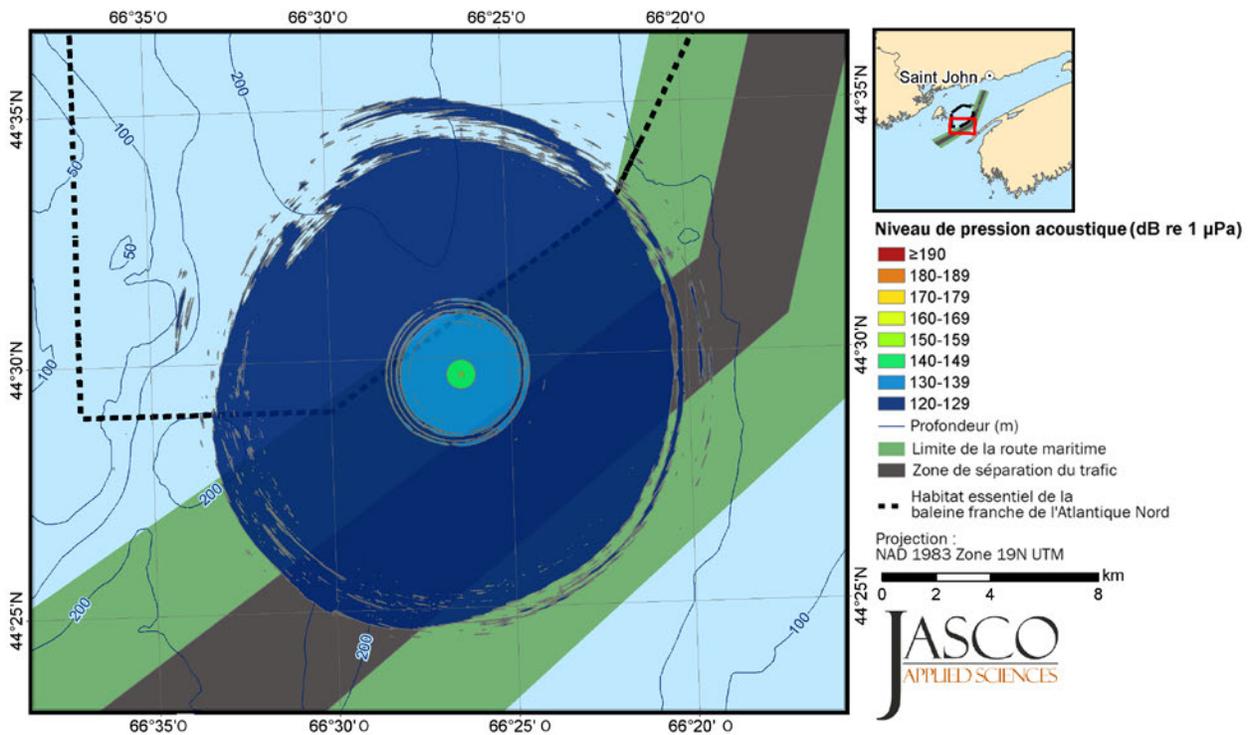


Figure A-17. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de TGTB à 15 nœuds au site 5 au mois d'août.

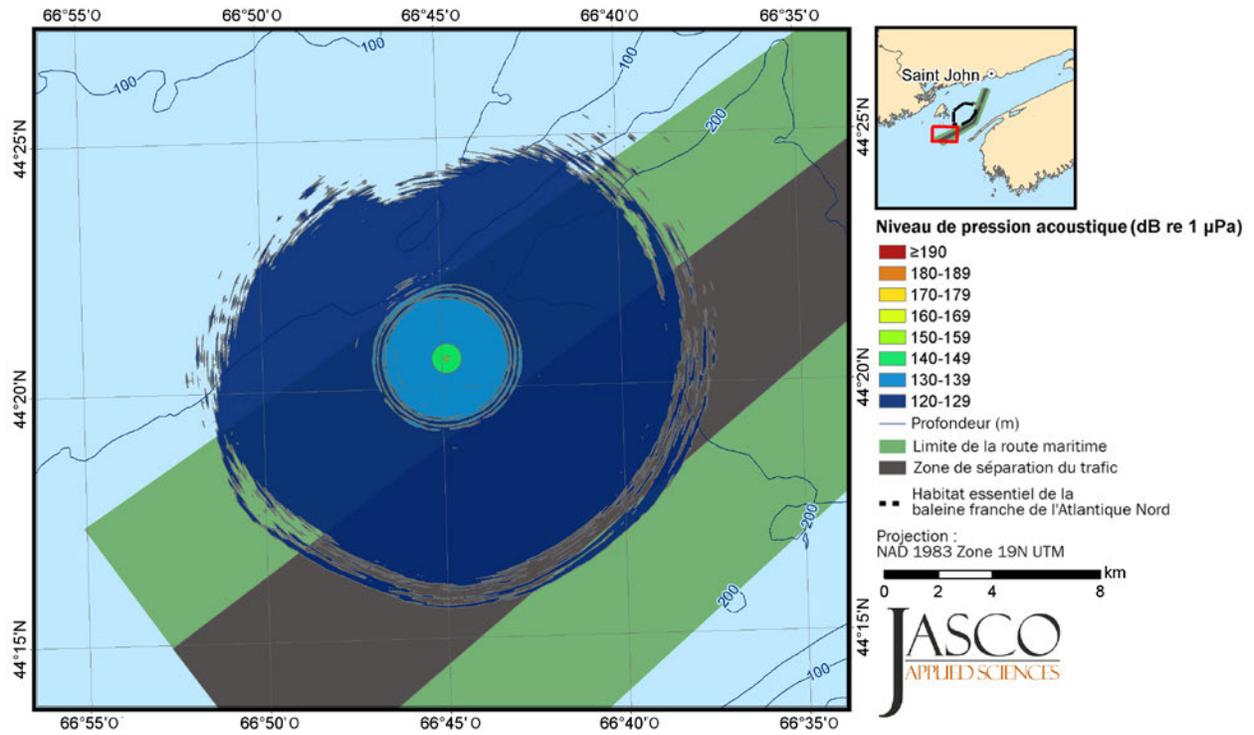


Figure A-18. Niveau de pression acoustique (SPL) de la valeur efficace (RMS) (MOD) pour le passage de TGTB à 15 nœuds au site 6 au mois d'août.

