Réaménagement des installations portuaires de Matane

Étude d'impact sur l'environnement
Volume 3 - Annexe J - Partie 1

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG)
Version finale
N° de référence (client) : 40-2223-001/002/004

Juillet 2026
16-02301790.000-0400-EN-R-0200-00

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG)
No de référence (client) : 40-2223-001/002/004

Préparé par :



Annie Bérubé, biol.
Chargée de projet
Englobe – Études environnementales et changements climatiques

Annie Taillon, biogéographe, M. Sc. Eau
Chargée de projet
Norda Stelo – Environnement

Vérifié et approuvé par :



Martin Fleury, ing.
Chef de projet
OIQ membre nº : 130048
Englobe – Études environnementales et changements climatiques



Stéphan Ferrero, ing.
Directeur de projet
OIQ membre nº : 121171
Norda Stelo – Génie côtier et portuaire

Équipe de réalisation

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG)

Chargés de projet	Caroline Ratté, directrice de l'environnement et du développement durable David Parent, ingénieur, directeur des infrastructures portuaires

Norda Stelo | Englobe Corp.

Chargé de projet	Stéphan Ferrero, ingénieur
Coordonnatrice en environnement	Catherine Lalumière, biologiste, MBA
Coordonnatrice adjointe en environnement	Annie Taillon, biogéographe, M. Sc. Eau
Responsables de disciplines	Annie Bérubé, biologiste Daniel Plourde, spécialiste en environnement social Martin Fleury, ingénieur
Collaborateurs	Aline Cobut, ingénieur, Ph. D. André Boilard, ingénieur, MBA Anne-Sophie Colombani, B. Sc. Arnaud Ducastel, ingénieur Carolanne Blanchet, ingénieur Caroline Bureau, biologiste, M. Env. Catherine Vallières, biologiste, M. Sc. Cédric Sirois, géographe, M. Sc. Chanèle Poirier, biogéographe, M. Sc. Env. Clément Mortier, géomorphologue, M. Sc. Gabrielle Trottier, biologiste, Ph. D. Marie-Andrée Burelle, anthropologue Myriam Goulet, M. Sc. Myriam Huard, biologiste, DESS Patrick Desaulniers, ingénieur Sarah-Claude Lachance, biologiste, M. Sc. Vincent Kiepura, spéc. en environnement social Yannick Cordon, ingénieur
Cartographie/SIG	Manuel Pronovost, géomaticien, B. Sc. Philippe Lemieux, géomaticien, M. Sc.
Édition	Julie Korell, réviseure, B.A.

Sous-traitants

Groupe Lasalle|NHC	Benoît Ruest, ingénieur Nicolas Guillemette, ingénieur
Martin Aubé, Ph. D.	Martin Aubé, Ph. D.
Sensea Canada	
Centre de simulation et d'expertise maritime	

Registre des révisions et émissions

Nº DE RÉVISION	DATE	DESCRIPTION
0A	Mai 2025	Émission de la version préliminaire pour commentaires
0B	Septembre 2025	Émission de la version préfinale
00	Juillet 2026	Émission de la version finale

Propriété et confidentialité

« Ce document est destiné exclusivement aux fins qui y sont mentionnées. Toute utilisation du rapport doit prendre en considération l'objet et la portée du mandat en vertu duquel le rapport a été préparé ainsi que les limitations et conditions qui y sont spécifiées et l'état des connaissances scientifiques au moment de l'émission du rapport. Le Consortium Norda Stelo/Englobe ne fournit aucune garantie ni ne fait aucune représentation autre que celles expressément contenues dans le rapport.

Ce document est l'œuvre du Consortium Norda Stelo/Englobe . Toute reproduction, diffusion ou adaptation, partielle ou totale, est strictement prohibée sans avoir préalablement obtenu l'autorisation écrite du Consortium Norda Stelo/Englobe et de son Client. Pour plus de certitude, l'utilisation d'extraits du rapport est strictement interdite sans l'autorisation écrite du Consortium Norda Stelo/Englobe et de son Client, le rapport devant être lu et considéré dans sa forme intégrale.

Aucune information contenue dans ce rapport ne peut être utilisée par un tiers sans l'autorisation écrite du Consortium Norda Stelo/Englobe. et de son Client. Le Consortium Norda Stelo/Englobe. se dégage de toute responsabilité pour toute reproduction, diffusion, adaptation ou utilisation non autorisée du rapport.

Si des essais ont été effectués, les résultats de ces essais ne sont valides que pour l'échantillon décrit dans le présent rapport.

Les sous-traitants du Consortium Norda Stelo/Englobe qui auraient réalisé des travaux au chantier ou en laboratoire sont dûment évalués selon la procédure relative aux achats de notre système qualité. Pour toute information complémentaire ou de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec votre chargé de projet. »

Table des matières

ANNEXES

Annexe J — Études afférentes (sectorielles)

Étude 01 — CONSORTIUM NORDA STELO/ENGLOBE. 2026A. Bruit ambiant. Étude sectorielle produite dans le contexte de l'étude d'impact du projet de réaménagement des installations portuaires à Matane.

Étude 02 — CONSORTIUM NORDA STELO/ENGLOBE. 2026B. Étude de potentiel archéologique. Étude sectorielle produite dans le contexte de l'étude d'impact du projet de réaménagement des installations portuaires à Matane.

Étude 03 — CONSORTIUM NORDA STELO/ENGLOBE. 2025A. Modélisation de la qualité de l'air. Étude sectorielle produite dans le contexte de l'étude d'impact du projet de réaménagement des installations portuaires à Matane.

Étude 04 — CONSORTIUM NORDA STELO/ENGLOBE. 2025B. Évaluation de la résilience aux changements climatiques. Étude sectorielle produite dans le contexte de l'étude d'impact du projet de réaménagement des installations portuaires à Matane.

Étude 05 — CONSORTIUM NORDA STELO/ENGLOBE. 2025C. Empreinte carbone préliminaire du projet. Étude sectorielle produite dans le contexte de l'étude d'impact du projet de réaménagement des installations portuaires à Matane

Étude 06 — CONSORTIUM NORDA STELO/ENGLOBE. 2025D. Dragage et gestion des sédiments. Étude sectorielle produite dans le contexte de l'étude d'impact du projet de réaménagement des installations portuaires à Matane.

Étude 07 — CONSORTIUM NORDA STELO/ENGLOBE. 2025D. Dragage et gestion des sédiments. Étude sectorielle produite dans le contexte de l'étude d'impact du projet de réaménagement des installations portuaires à Matane.

Réaménagement des installations portuaires de Matane

Bruit ambiant

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG)
Version finale
N° de référence :
40-2223-001/002/004

Mars 2026
16-02301790.000-0200-0209-EN-R-0100-00

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG)
No de référence : 40-2223-001/002/004

Préparé par :

Maxime Léger, ing.
Chargé de projet acoustique, bruit et vibrations
OIQ, membre nº 5075222
Englobe - Hygiène, santé et sécurité

Vérifié par :

Yannick Cordon, ing.
Chargé de projet acoustique, bruit et vibrations
OIQ, membre nº 114317
Englobe - Hygiène, santé et sécurité

Approuvé par :

Arnaud Ducastel, ing.
Chef d'équipe acoustique, bruit et vibrations
OIQ, membre nº 5076175
Englobe - Hygiène, santé et sécurité

Catherine Laumière, biologiste, MBA
Directrice de service
Englobe - Études environnementales et changements climatiques

Équipe de réalisation

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG)

Chargés de projet	David Parent, ing., directeur des infrastructures portuaires Caroline Ratté, directrice de l'environnement et du développement durable

Norda Stelo | Englobe Corp.

Chargé de projet	Stéphan Ferrero, ing.
Coordonnatrice en environnement	Catherine Lalumière, biol., MBA
Rédaction et travaux de terrain	Maxime Léger, ing. Yannick Cordon, ing. Arnaud Ducastel, ing. Philippe Beaulieu, tech.
Mise en page	Julie Korell, B.A.

Registre des révisions et émissions

Nº DE RÉVISION	DATE	DESCRIPTION
0A	Juillet 2025	Émission de la version préliminaire pour commentaires
00	Mars 2026	Émission de la version finale

Déclaration de propriété et de confidentialité

Le présent rapport a été préparé par Englobe Corp. (« Englobe ») pour l'usage exclusif de la personne ou de l'entité à laquelle il est adressé (le « Client ») et aux seules fins décrites dans l'entente conclue entre Englobe et le Client (l'« Entente »). Le contenu de ce rapport, incluant toutes les données, analyses et recommandations, est confidentiel et la propriété exclusive d'Englobe et/ou du Client.

Propriété et utilisation

Tous les droits de propriété intellectuelle liés à ce rapport demeurent la propriété exclusive d'Englobe. Sous réserve qu'il ait acquitté intégralement les honoraires dus à Englobe aux termes de l'Entente, le Client bénéficie d'une licence limitée et non transférable pour utiliser le rapport uniquement aux fins prévues dans l'Entente. Toute utilisation du rapport doit tenir compte des objectifs, de la portée, des limites du rapport, ainsi que de l'état des connaissances scientifiques au moment de sa préparation.

Le rapport contient des informations confidentielles appartenant à Englobe. Toute reproduction, distribution ou adaptation du rapport, en tout ou en partie, est strictement interdite sans le consentement préalable écrit d'Englobe. Le rapport doit être lu et interprété dans son intégralité. L'extraction ou l'utilisation d'extraits du rapport est interdite sans autorisation écrite préalable.

Limitation de responsabilité

Le présent rapport a été préparé conformément aux règles de l'art et selon la norme de diligence et de compétence habituellement observée par un membre raisonnable et compétent de la même profession dans le cadre de la prestation de services similaires au moment et à l'endroit les services ayant mené à la production de ce rapport ont été rendus. Sous réserve de ce qui précède, Englobe ne donne aucune garantie, expresse ou implicite, notamment en ce qui concerne l'exhaustivité, l'exactitude ou la pertinence des informations contenues dans ce rapport.

Englobe décline expressément toute responsabilité à l'égard :

De toute utilisation du rapport au-delà des fins pour lesquelles il a été destiné, telles que décrites dans l'Entente ;

De toute utilisation du rapport ou de toute partie de celui-ci par des tiers sans l'autorisation écrite préalable d'Englobe ;

De toute reproduction, diffusion ou adaptation non autorisées du présent rapport.

Table des matières

Glossaire VII

1 Introduction 1
1.1 Mise en contexte 1
1.2 Zones d'étude et d'inventaire 2

2 Cadre réglementaire relatif au bruit 5
2.1 Ville de atane 5
2.2 Lignes directrices relatives aux niveaux sonores provenant d'un chantier de construction industrielle – MELCCFP 6
2.3 Note d'instruction 98-01 - MELCCFP 6
2.4 Synthèse des critères sonores à respecter 7

3 Climat sonore existant avant le projet 11
3.1 Présentation des mesures 11
3.2 Instrumentation 12
3.3 Conditions météorologiques 13
3.4 Résultats des mesures de bruit résiduel 13

4 Modélisation du climat futur 15
4.1 Présentation du modèle numérique et hypothèses de calcul 15
4.2 Phase de construction 16
4.2.1 Résultats des modélisations en conditions futures 20
4.3 Phase d'exploitation 29
4.3.1 Résultats des modélisations en conditions futures 30

TABLEAUX

Tableau 1 Limites du MELCCFP relativement aux niveaux sonores ($L_{Ar,T}$) provenant d'un chantier de construction industriel qui s'appliquent en tout point de réception dont l'occupation est résidentielle ou l'équivalent (hôpital, institution, école) 6

Tableau 2 Critères de bruit à respecter aux points d'évaluation pour la phase de construction du projet de réaménagement des installations portuaires de Matane selon la réglementation applicable 8

Tableau 3 Critères de bruit à respecter pour la phase d'exploitation du projet de réaménagement des installations portuaires de Matane aux points d'évaluation selon la réglementation applicable 9

Tableau 4 Synthèse des conditions météorologiques présentes durant les campagnes de mesures 13

Tableau 5 Moyenne L_{Aeq} pour les périodes de jour, soir et nuit, du 17 au 20 octobre 2023 14

Tableau 6 Valeurs $L_{Aeq,1h}$ minimum obtenu pour les périodes de jour et de nuit, du 17 au 20 octobre 2023 14

Tableau 7 Description des différentes phases et équipements nécessaires durant la phase de construction du projet de réaménagement des installations portuaires de Matane 17

Tableau 8 Puissance acoustique L_W des équipements modélisés pour la phase de construction 20

Tableau 9 Évaluation des niveaux acoustiques d'évaluation ($L_{Ar,1h}$) aux points d'évaluation ciblés provenant des activités des phases de construction du projet de réaménagement des installations portuaires de Matane et de leurs conformités sonores 21

Tableau 10 Description des différentes phases (actuelle, avec projet) et équipements nécessaires durant la phase d'exploitation du projet de réaménagement des installations portuaires de Matane 29

Tableau 11 Liste des équipements nécessaires pour les phases d'exploitation des installations portuaires de Matane à l'étude 30

Tableau 12 Évaluation des niveaux acoustiques d'évaluation ($L_{Ar,1h}$) aux points d'évaluation ciblés provenant des activités des phases d'exploitation (actuelle, avec projet) du projet de réaménagement des installations portuaires de Matane et de leurs conformités sonores 31

FIGURES

Figure 1 Emplacements des sonomètres lors de l'évaluation du bruit résiduel autour du futur projet de réaménagement des installations portuaires de Matane 12

Figure 2 Illustrations 3D du modèle numérique CadnaA représentant les installations portuaires de Matane 16

Figure 3 Résultats détaillés du bruit généré ($L_{Ar,1h}$, dBA) durant de la phase n°1 lors de la construction des installations portuaires et comprenant l'activité de dragage du chenal des pêcheurs (1A) 24

Figure 4 Résultats détaillés du bruit généré ($L_{Ar,1h}$, dBA) durant de la phase n°2 lors de la construction des installations portuaires et comprenant l'activité de dragage en façade du poste à quai n°2 (2A) 25

Figure 5 Résultats détaillés du bruit généré ($L_{Ar,1h}$ dBA) durant de la phase n°3 lors de la construction des installations portuaires et comprenant les activités de dragage en façade du poste à quai n°1 (3A), de l'installation des palplanches pour poste à quai n°2 (3B), du remblayage poste à quai n°2 (3C) et de l'installation du réseau d'aqueduc et sanitaire et pavage quai n°2 (3D) 26

Figure 6 Résultats détaillés du bruit généré ($L_{Ar,1h}$, dBA) durant de la phase n°4 lors de la construction des installations portuaires et comprenant les activités de démolition du quai n°1 existant (4A), de l'installation des palplanches pour poste à quai n°1 (4B) et du remblayage poste à quai n°1 (4C) 27
Figure 7 Résultats détaillés du bruit généré ($L_{Ar,1h}$, dBA) durant de la phase n°5 lors de la construction des installations portuaires et comprenant l'activité de démolition et reconstruction du réseau d'aqueduc, sanitaire, enrochement et des accès (5A) 28
Figure 8 Résultats détaillés du bruit généré ($L_{Ar,1h}$, dBA) durant de la phase n°6 lors de l'exploitation des installations portuaires actuelles et comprenant la présence au quai n°1 d'un navire vraquier (6A) 33
Figure 9 Résultats détaillés du bruit généré ($L_{Ar,1h}$, dBA) durant de la phase n°7 lors de l'exploitation des installations portuaires projetées et comprenant la présence au quai n°1 d'un navire avec grues pour le transport de ballots de pâte (7A) et papiers et la présence au quai n°2 d'un navire vraquier (7B) 34

CARTE

Carte 1 : Délimitation des zones d'étude (locale et élargie) 3

ANNEXES

Annexe A Conditions environnementales lors des mesures du bruit résiduel
Annexe B Détails des mesures de bruit résiduel
Annexe C Puissance acoustique par bande d'octaves des équipements

Glossaire

Catm	Correction atmosphérique
Cd	Correction de la distance
Cobs	Correction d'obstacles
CVE	Composante valorisée de l'environnement
dBA	Unité utilisée pour exprimer le niveau sonore mesuré en utilisant un filtre qui accentue les composantes de fréquence moyenne imitant ainsi la réaction de l'oreille humaine, selon les normes et les méthodes prévues dans la publication numéro 179 du Bureau central du CEI (Commission électrotechnique internationale).
ÉIE	Étude d'impact sur l'environnement
K_i	Terme correctif appliqué aux bruits d'impact (≤ +5 dB).
K_s	Terme correctif appliqué aux bruits à caractère informationnel (+5 dB). Il pourrait s'agir, par exemple, d'alarmes de recul intermittentes, d'un appel à l'interphone ou d'une musique amplifiée diffusée sur le site.
K_t	Terme correctif appliqué aux bruits à caractère tonal (+5 dB).
$L_{Ar,T}$	Niveau acoustique d'évaluation pondéré A, où T est la durée de l'intervalle de référence
$L_{Aeq,T}$	Paramètre permettant de tenir compte des fluctuations dynamiques du niveau de bruit durant une période d'analyse T (généralement de 30 à 60 minutes). Le niveau de bruit continu équivalent L_{Aeq} correspond au niveau de bruit continu ayant la même énergie sonore que le bruit discontinu selon la pondération A (ou dBA).
L_W	Caractérise la capacité d'émission sonore de la source indépendamment de son environnement (en dBA).
MELCCFP	Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs
MPO	Pêches et Océans Canada
MRC	Municipalité régionale de comté
PÉEIE	Procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement
SPBSG	Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie
STQ	Société des traversiers du Québec



1 Introduction

1.1 Mise en contexte

La Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG) doit procéder à des travaux de réfection de ses installations portuaires à Matane en raison de l'état de dégradation observé selon les dernières inspections. Elle souhaite profiter de ces travaux pour réaménager ses installations portuaires en ajoutant notamment un deuxième poste à quai et pour procéder à du dragage dans le havre de manière à assurer des opérations optimales et sécuritaires pour les usagers.

Conformément à l'article 4 (port, quai et terminal portuaire) de la partie II de l'annexe I du *Règlement relatif à l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement de certains projets* (chap. Q-2, r. 23.1), ce projet est assujetti à la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement (PÉEIE). Afin de satisfaire la directive spécifique émise par le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement (ÉIE) du projet, une étude portant sur le bruit ambiant a été réalisée dans le but de documenter cette composante du milieu physique dans la zone d'étude délimitée pour le projet. Cette étude intègre les résultats des inventaires réalisés en octobre 2023.

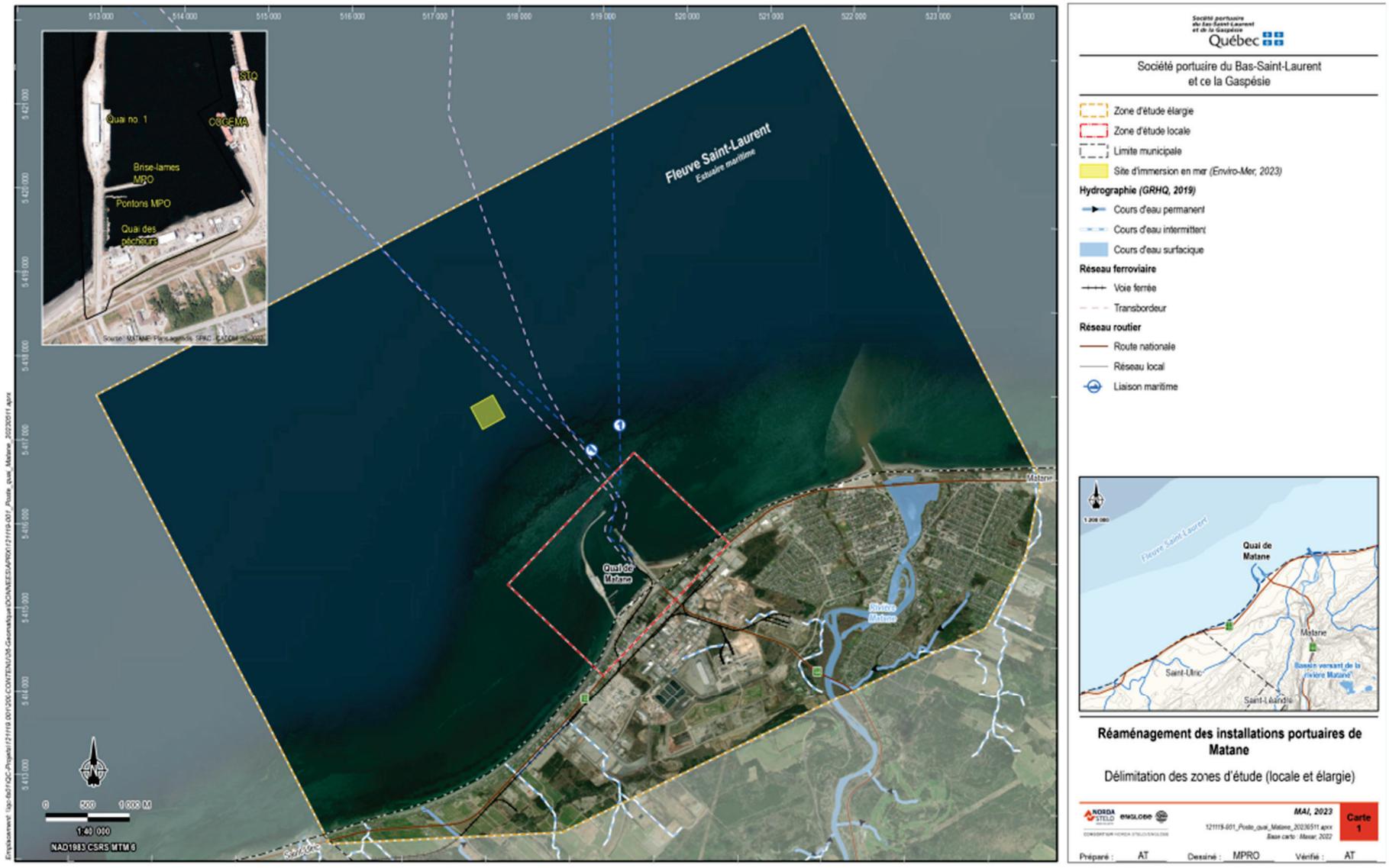
Le présent rapport servira de document de référence à la production de l'ÉIE pour tous les aspects liés au bruit ambiant dans la zone d'étude exigés dans la directive émise spécifiquement pour le projet. Il contient l'ensemble des données qui permettront d'abord de justifier l'identification des enjeux propres au projet et, par la suite, leur sélection ou non comme composante valorisée de l'environnement (CVE) pour l'évaluation des impacts.

1.2 Zones d’étude et d’inventaire

Deux zones d’étude ont été délimitées dans le contexte du réaménagement des installations portuaires de Matane (carte 1). Leurs portions terrestres se trouvent sur le territoire de la ville de Matane, laquelle est comprise dans la municipalité régionale de comté (MRC) de La Matanie, dans la région administrative du Bas-Saint-Laurent (région nº 1).

D’une superficie de 6 721 ha, la zone d’étude élargie permet de bien situer le projet dans le milieu où il s’insère. Elle permet de tenir compte des principales caractéristiques du milieu d’accueil, notamment les milieux marin et humain, afin d’en établir un portrait général. Cette zone d’étude est suffisamment étendue pour inclure le site d’immersion en mer. Recoupant en grande majorité le milieu maritime ceinturant les infrastructures portuaires de Matane, sa portion sud comprend une bande de terres d’environ 2 km, qui permet d’inclure l’ensemble de la zone industrialo-portuaire, les quartiers résidentiels à proximité ainsi que la partie aval et l’embouchure de la rivière Matane.

Plus petite, la zone d’étude locale a une superficie de 341 ha et se limite aux terrains limitrophes au port de Matane (carte 1). Délimitée au sud par la route 132, elle s’étend à environ 500 m de part et d’autre des infrastructures portuaires ainsi qu’à environ 1 km au large. En plus des infrastructures portuaires exploitées par la SPBSG, la zone d’étude locale comprend également les installations de la Société des traversiers du Québec (STQ), le traversier-rail, le quai des pêcheurs de Pêches et Océans Canada (MPO) ainsi que l’ensemble du milieu bâti de la rue de Matane-sur-Mer.



Carte 1 : Délimitation des zones d'étude (locale et élargie)



2 Cadre réglementaire relatif au bruit

2.1 Ville de Matane

La réglementation de la ville de Matane (Nuisances sonores, section 6.1 du *Règlement sur la qualité de vie* VM-256) interdit toute source de bruit susceptible d'incommoder le repos, le confort ou le bien-être des citoyens. Elle impose des restrictions particulières aux périodes nocturnes (21 h à 7 h), notamment pour les travaux de construction, de démolition et l'utilisation de machines motorisées, à l'exception des activités de déneigement ou les urgences de sécurité. L'usage d'appareils sonores est interdit entre 23 h et 7 h, sauf pour les événements autorisés par la municipalité.

Les industries, les commerces et les autres activités doivent éviter les bruits excessifs pouvant déranger le voisinage. De plus, les véhicules routiers ne doivent pas produire de bruits inutiles, qu'ils proviennent du chargement, du moteur, d'appareils sonores embarqués, d'un silencieux défectueux ou modifié pour être plus bruyant, ou encore du crissement des pneus. Toutefois, ces restrictions ne s'appliquent pas aux événements ou travaux autorisés par la municipalité.

Puisque cette réglementation n'indique aucun seuil mesurable, l'étude se basera sur une autre réglementation pour évaluer la conformité sonore du projet de réaménagement des installations portuaires.

2.2 Lignes directrices relatives aux niveaux sonores provenant d'un chantier de construction industrielle – MELCCFP

Les lignes directrices[1] du MELCCFP concernant les niveaux sonores provenant d'un chantier de construction industriel ont pour objectif de limiter les impacts sonores sur les communautés environnantes. Celles-ci découlent de la Note d'instruction 98-01 du MELCCFP. Ces lignes directrices établissent des niveaux maximaux de bruit pour différentes périodes de la journée provenant du chantier (tableau 1).

Le MELCCFP convient toutefois que certaines situations peuvent justifier un dépassement des limites. Dans ce cas, le responsable des travaux doit :

- prévoir le plus en avance possible ces situations, les identifier et les circonscrire ;
- préciser la nature des travaux et les sources de bruit mises en cause ;
- justifier les méthodes de construction utilisées par rapport aux alternatives possibles ;
- démontrer que toutes les mesures raisonnables et faisables sont prises pour réduire au minimum l'ampleur et la durée des dépassements ;
- estimer l'ampleur et la durée des dépassements prévus ;
- planifier des mesures de suivi afin d'évaluer l'impact réel de ces situations et de prendre les mesures correctrices nécessaires.

Tableau 1 Limites du MELCCFP relativement aux niveaux sonores ($L_{Ar,T}$) provenant d'un chantier de construction industriel qui s'appliquent en tout point de réception dont l'occupation est résidentielle ou l'équivalent (hôpital, institution, école)

Emplacement de la nuisance	Limites pour le niveau acoustique d'évaluation $L_{Ar,,T}$ du chantier (dBA) [1]		
	$L_{Ar,12h}$ Jour (7 h à 19 h)	$L_{Ar,1h}$ Soirée (19 h à 22 h)	$L_{Ar,1h}$ Nuit (22 h à 7 h)
À l'extérieur	55 [2,3]	45 [2,4]	45 [2]

1 Le niveau acoustique d'évaluation $L_{Ar,T}$ (où T est la durée de l'intervalle de référence) est un indice de l'exposition au bruit qui contient niveau de pression acoustique continu équivalent $L_{Aeq,T}$, auquel on ajoute le cas échéant un ou plusieurs termes correctifs pour des appréciations subjectives du type de bruit (voir Note d'instructions 98-01).

2 Ou le niveau de bruit résiduel (bruit avant travaux), si celui est plus élevé que le seuil de base (55 ou 45 dBA).

3 Peut être plus élevé si les contraintes 1 à 6 citées précédemment sont respectées.

4 Peut atteindre 55 dBA si les contraintes 1 à 6 citées précédemment sont respectées.

2.3 Note d'instruction 98-01 - MELCCFP

La Note d'instructions 98-01[2] du MELCCFP fixe les niveaux de bruit acceptables des entreprises aux points d'évaluation en fonction du zonage et des usages permis par la municipalité ou la ville ou selon le niveau de bruit résiduel (bruit sans la source particulière). L'encadré ci-après permet de visualiser la partie 1 de la Note d'instructions, qui indique les critères de bruit à respecter. Finalement, la Note d'instructions 98-01 tient compte également des bruits d'impact, à caractère tonal, de basses fréquences et porteurs d'information.

---

1 MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). « Lignes directrices relativement aux niveaux sonores provenant d'un chantier de construction industriel », version du 27 mars 2015.

2 MINISTRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP). « Note d'instructions 98-01 - Traitement des plaintes sur le bruit et exigences aux entreprises qui le génèrent », juin 2006.

NIVEAU SONORE MAXIMUM DES SOURCES FIXES

Le niveau acoustique d'évaluation ($L_{AR,1h}$) d'une source fixe doit être inférieur, en tout temps, pour tout intervalle de référence d'une heure continue et en tout point de réception du bruit, au plus élevé des niveaux sonores suivants :

1. Le niveau de bruit résiduel, ou ;
2. Le niveau maximal permis selon le zonage et la période de la journée, tel que mentionné au tableau suivant :

Zonage	Nuit (L_{Aeq}, dBA)	Jour (L_{Aeq}, dBA)
I	40	45
II	45	50
III	50	55
IV	70	70

Catégories de zonage

Zones sensibles

I. Territoire destiné à des habitations unifamiliales isolées ou jumelées, à des écoles, hôpitaux ou autres établissements de services d'enseignement, de santé ou de convalescence. Terrain d'une habitation existante en zone agricole.

II. Territoire destiné à des habitations en unités de logements multiples, des parcs de maisons mobiles, des institutions ou des campings.

III. Territoire destiné à des usages commerciaux ou à des parcs récréatifs. Toutefois, le niveau de bruit prévu la nuit ne s'applique que dans les limites de propriété des établissements utilisés à des fins résidentielles. Dans les autres cas, le niveau maximal de bruit prévu le jour s'applique également la nuit.

Zones non sensibles

IV. Territoire zoné pour des fins industrielles ou agricoles. Toutefois, sur le terrain d'une habitation existante en zone industrielle établie conformément aux règlements municipaux en vigueur au moment de sa construction, les critères sont de 50 dBA la nuit et 55 dBA le jour.

Le jour s'étend de 7 h à 19 h, tandis que la nuit s'étend de 19 h à 7 h. Ces critères ne s'appliquent pas à une source de bruit en mouvement sur un chemin public.

2.4 Synthèse des critères sonores à respecter

Certains seuils de bruit retenus pour cette étude proviennent des niveaux de bruit résiduel (section 3.2) puisque certaines valeurs sont plus élevées que celles présentées aux sections précédentes. Ainsi, les seuils à respecter sont ceux présentés aux tableaux 2 et 3.

À la lumière de l'encadré ci-dessus et de l'inventaire des habitations, il est possible de définir les critères de bruit à respecter au minimum aux points d'évaluation ciblés. Ceux-ci sont dans une zone destinée à des habitations, soit le zonage I du Ministère. Ainsi, les critères minimums seraient de 40 dBA la nuit et de 45 dBA le jour pour une habitation existante en zone agricole établie conformément à la réglementation municipale.

Tableau 2 Critères de bruit à respecter aux points d'évaluation pour la phase de construction du projet de réaménagement des installations portuaires de Matane selon la réglementation applicable

Point d'évaluation	Période de la journée [A]	Lignes directrices de chantiers du MELCCFP (en dBA)		Critères de bruit à respecter retenus pour la phase de construction (dBA)
		Selon l'utilisation du sol	Selon le niveau de bruit résiduel moyen mesuré (B_R) [B]	
P1	Jour Soirée Nuit	45 40 40	57 52 52	57 52 52
P2	Jour Soirée Nuit	45 40 40	57 52 50	57 52 50
P3	Jour Soirée Nuit	55 50 50	58 49 48	58 50 50
P3/4	Jour Soirée Nuit	45 40 40	56 [C] 49 [C] 48 [C]	56 49 48
P4	Jour Soirée Nuit	55 50 50	56 50 48	56 50 50
P5	Jour Soirée Nuit	45 40 40	50 45 44	50 45 44

[A] Jour : 7 h à 19 h, Soirée : 19 h à 22 h, Nuit : 22 h à 7 h.

[B] Valeurs présentées au tableau 5.

[C] Puisqu'aucun relevé sonore n'a été réalisé à cet emplacement, la valeur la plus basse des points P3 et P4 a été utilisée comme hypothèse travail.

Tableau 3 Critères de bruit à respecter pour la phase d'exploitation du projet de réaménagement des installations portuaires de Matane aux points d'évaluation selon la réglementation applicable

Point d'évaluation	Période de la journée [A]	Note d'instruction 98-01 du MELCCFP (en dBA)		Critères de bruit à respecter retenus pour la phase d'exploitation (dBA)
		Selon l'utilisation du sol	Selon le niveau de bruit résiduel le plus bas mesuré (B_R) [B]	
P1	Jour Nuit	45 40	54 42	54 42
P2	Jour Nuit	45 40	52 41	52 41
P3	Jour Nuit	55 50	51 40	55 50
P3/4	Jour Nuit	45 40	50 [C] 40 [C]	50 40
P4	Jour Nuit	55 50	50 40	55 50
P5	Jour Nuit	45 40	46 38	46 40

[A] Jour : 7 h à 19 h. Nuit : 19 h à 7 h.

[B] Valeurs présentées au tableau 6.

[C] Puisqu'aucun relevé sonore n'a été réalisé à cet emplacement, la valeur la plus basse des points P3 et P4 a été utilisée comme hypothèse de travail.

3 Climat sonore existant avant le projet

3.1 Présentation des mesures

Des mesures de bruit résiduel ont été effectuées en continu du 17 au 20 octobre 2023. Durant cette période, cinq sonomètres ont été installés aux différents points de mesure retenus pour ce projet (figure 1). Tous les sonomètres ont été positionnés à environ 1,5 m au-dessus du sol.



Figure 1 Emplacements des sonomètres lors de l'évaluation du bruit résiduel autour du futur projet de réaménagement des installations portuaires de Matane

3.2 Instrumentation

L'instrumentation utilisée pour effectuer les relevés sonores réalisés par le personnel d'Englobe pour cette étude était constituée des instruments suivants :

- sonomètre Larson Davis, modèle 831C (N/S 10583);
- sonomètre Larson Davis, modèle 831C (N/S 10585);
- sonomètre Larson Davis, modèle 831C (N/S 10564);
- sonomètre Larson Davis, modèle 831 (N/S 1051);
- sonomètre Larson Davis, modèle LxT (N/S 1254);
- calibrateur Larson Davis modèle CAL200.

Les sonomètres ont été calibrés avant chaque séance de mesure et ont été vérifiés après chaque séance à l'aide du calibrateur pour s'assurer d'obtenir un écart inférieur à 0,5 dBA. Par ailleurs, les microphones ont été munis d'une boule antivent tout au long des relevés sonores. Pour chacun des relevés, les instruments de mesure ont été positionnés à environ 1,5 m au-dessus du sol, à plus de 3 m de toute surface réfléchissante ou tout bâtiment ainsi qu'à au moins 15 m d'une voie de circulation passante.

Les instruments sont des sonomètres de classe 1, conformes aux spécifications de la norme CEI 61672-1 et certifiés annuellement par un laboratoire indépendant accrédité.

3.3 Conditions météorologiques

Durant la campagne de mesures, les conditions météorologiques, enregistrées par Environnement et ressources naturelles Canada à leur station la plus proche de Matane, ont été les suivantes :

- une vitesse des vents inférieure à 20 km/h ;
- une température extérieure conforme aux spécifications du fournisseur des instruments de mesure ;
- un taux d'humidité relative inférieur à 90 % ;
- aucune précipitation et la chaussée sèche.

La synthèse des conditions météorologiques lors des mesures effectuées du 17 au 20 octobre 2023 est présentée dans le tableau 4 ci-dessous. Les détails des conditions environnementales sont fournis à l'annexe A.

Tableau 4 Synthèse des conditions météorologiques présentes durant les campagnes de mesures

Date	Période	Vitesse des vents (km/h, direction)	Température (°C)	Taux d'humidité relative (%)
17 oct. 2023	21 h à 00 h	9 à 10, sud-est	+4 à +5	89
18 oct. 2023	00 h à 00 h	8 à 19, sud-ouest	+3 à +14	60 à 90
19 oct. 2023	00 h à 12 h	14 à 17, sud-ouest	+9 à +12	54 à 78
	12 h à 15 h	21 à 24, sud-ouest	+14	51 à 65
	15 h à 00 h	7 à 20, sud-ouest	+12 à +14	59 à 74
20 oct. 2023	00 h à 12 h	5 à 17, sud	+10 à +14	59 à 75

3.4 Résultats des mesures de bruit résiduel

Les résultats des mesures de bruit résiduel sont résumés dans les tableaux 5 et 6. Le tableau 5 présente les moyennes L_{Aeq} pour les périodes de jour, de soir et de nuit, alors que le tableau 6 indique les valeurs $L_{Aeq,1h}$ minimales enregistrées pour le jour et la nuit. Les détails des mesures ainsi que les plages évaluées pour le bruit résiduel sont fournis à l'annexe B.

Tableau 5 Moyenne L_{Aeq} pour les périodes de jour, soir et nuit, du 17 au 20 octobre 2023

Emplacement	Jour (7 h à 19 h)	Soir (19 h à 22 h)	Nuit (22 h à 7 h)
	L_{Aeq}	L_{Aeq}	L_{Aeq}
P1 - 1860, rue Matane-sur-Mer	57	52	52
P2 - 1625, rue Matane-sur-Mer	57	52	50
P3 - 1541, rue Matane-sur-Mer	58	49	48
P4 - 1433, rue Matane-sur-Mer	56	50	48
P5 - 1340, rue Matane-sur-Mer	50	45	44

Tableau 6 Valeurs $L_{Aeq,1h}$ minimum obtenu pour les périodes de jour et de nuit, du 17 au 20 octobre 2023

Emplacement	Jour (7 h à 19 h) (dBA)	Nuit (22 h à 7 h) (dBA)
P1 - 1860, rue Matane-sur-Mer	54	42
P2 - 1625, rue Matane-sur-Mer	52	41
P3 - 1541, rue Matane-sur-Mer	51	40
P4 - 1433, rue Matane-sur-Mer	50	40
P5 - 1340, rue Matane-sur-Mer	46	38



4 Modélisation du climat futur

4.1 Présentation du modèle numérique et hypothèses de calcul

Les niveaux sonores prévisibles provenant des activités du chantier aux différents récepteurs ont été modélisés à l'aide du logiciel de simulation sonore CadnaA (version 4.4) de la firme allemande Datakustik. Ce logiciel prend en compte, notamment, les paramètres suivants :

- le niveau d'émission sonore des sources de bruit fixes et mobiles du chantier ;
- la correction de la distance (Cd) séparant la source du point récepteur ;
- la correction atmosphérique (Catm) suivant la norme ISO 9613-2 ;
- la correction d'obstacles (Cobs), comme la topographie et les bâtiments ;
- la réflexion des ondes sonores sur les murs des bâtiments ;
- la topographie du site.

Les calculs des niveaux sonores $L_{Ar,1h}$ prévisibles provenant des activités du chantier ont été effectués, dans un premier temps, aux points de mesures sélectionnés pour les suivis à 1,5 m du sol.

Les facteurs de correction d'impact (K_i), de bruit à caractère tonal (K_t) et de bruit à basse fréquence (K_s) ont été considérés comme nuls pour les calculs, mais seront évalués au début de chaque phase afin d'ajuster le seuil d'alerte des stations de suivi si besoin.

La propagation sonore anticipée des activités du chantier sur l'ensemble des récepteurs a été illustrée sur des figures. Il est possible que certains niveaux sonores calculés diffèrent des niveaux sonores réels, étant donné plusieurs incertitudes et variables liées aux :

- niveau d'émission sonore réel des équipements ;
- sources de bruit variables dans le temps et mobiles ;
- topographie du terrain (écran naturel) ;
- conditions climatiques (vent, humidité).

Le niveau $L_{Ar,12h}$ sur le terrain en période de jour (7 h à 19 h) risque d'être plus faible que les niveaux simulés puisqu'il est peu probable que les différents équipements soient utilisés à leur facteur d'utilisation représentant la phase active pendant douze heures.

La figure 2 présente une vue générale du modèle numérique utilisé pour l'évaluation des niveaux sonores des différentes activités des travaux du chantier.

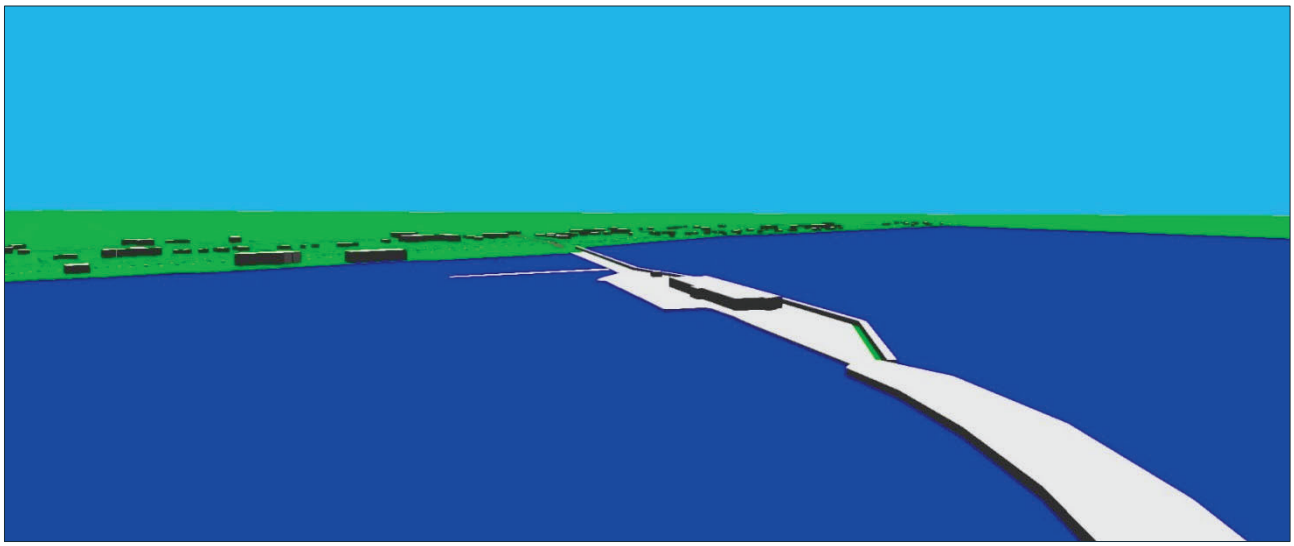


Figure 2 Illustrations 3D du modèle numérique CadnaA représentant les installations portuaires de Matane

4.2 Phase de construction

Les travaux concernés sont les travaux de construction des installations portuaires de Matane aux abords de l'estuaire du Saint-Laurent. Les phases de travaux considérées dans ce document sont présentées au tableau 7.

Les équipements bruyants, et leurs facteurs d'utilisation (proportion [%] du temps d'opération de l'équipement) et leur niveau d'émission sonore prévus lors de la réalisation de chacune de ces différentes phases sont indiqués au tableau 7. Les phases ont été découpées en activités pouvant se dérouler simultanément.

Les niveaux d'émission sonore retenus au tableau 8 pour l'évaluation des niveaux de bruit générés par les activités du chantier dans la zone d'étude, proviennent principalement de données de mesures effectuées par Englobe sur des équipements similaires dans le cadre d'autres chantiers ou de données trouvées sur le web. Si nécessaire, ces niveaux seront mis à jour ultérieurement à la suite de relevés sonores des équipements du chantier.

L'évaluation du bruit généré par les activités sur le chantier pour la phase de construction a été basée sur les hypothèses de calcul suivantes :

– La vitesse de circulation considérée est de 30 km/h sur la rue du Port et de 70 km/h sur la route 132 ;
– Les déplacements de véhicules dans l'enceinte du chantier sont pris en considération ;

Tableau 7 Description des différentes phases et équipements nécessaires durant la phase de construction du projet de réaménagement des installations portuaires de Matane

Numéro de phase	Activités / équipements nécessaires	Nombre	Temps d'utilisation par équipement (%)	Description
N°1	A : Dragage du chenal des pêcheurs			
	Remorqueur	2	35	Une grue, du type à grappins, sera montée sur une barge déplacée par un remorqueur. La barge sera en mesure de s'ancrer au fond de la mer durant les travaux. Elle extraira les matières à retirer et les déposera sur une autre barge. Celle-ci ira déverser les matières retirées au large à l'aide d'un remorqueur. La grue et les remorqueurs seront positionnés le plus près possible de la rive.
	Grue 220 tonnes sur barge	1	90	
	Barge pour recueillir les sédiments	1	100	
N°2	A : Dragage en façade du poste à quai n°2			
	Remorqueur	2	35	Dragage de la zone où sera construit le poste à quai n°2. Les équipements sont les mêmes que dans le cas de la phase n°1A. Puisqu'une partie des sédiments retirés sont contaminés, un total de 236 voyages de camions seront acheminés à un centre de traitement. Pour hypothèse, on a supposé que ce centre de traitement se trouverait dans la région de Rimouski. De plus, une drague hydraulique sera utilisée pendant une période de 10 jours dans le havre du port.
	Grue 220 tonnes sur barge	1	90	
	Barge pour recueillir les sédiments	1	S.O.	
	Camion-benne (12 roues)	1 à 2 [A]	S.O.	
	Drague hydraulique (10 jours)	1	90	
N°3	A : Dragage en façade du poste à quai n°1			
	Remorqueur	2	35	Le dragage en façade du poste à quai n°1 sera équivalent à la phase n°1.
	Grue 220 tonnes sur barge	1	90	
	Barge pour recueillir les sédiments	1	100	

Numéro de phase	Activités / équipements nécessaires	Nombre	Temps d'utilisation par équipement (%)	Description
N°3	**B : Construction du poste à quai n°2 / Installation des palplanches pour poste à quai n°2**			
	Chargeuse sur roues	1	40	La construction du quai n°2, qui sera érigé perpendiculairement au quai actuel, consistera en l'installation des palplanches en utilisant 2 grues et une chargeuse sur roues. Le vibrofonçage sera la méthode utilisée 90 % du temps versus 10 % pour le battage.
	Grue	2	20	
	Vibrofonceur (90 %)	1	20	
	Battage (10 %)	1	20	
	C : Remblayage poste à quai n°2			
	Pelle hydraulique	1	40	Une fois les palplanches mises en place, du matériel de remplissage sera déversé à l'intérieur de l'enceinte ainsi créée. Ce matériel est transporté par des camions-bennes (12 roues) et déplacé à son lieu de destination finale à l'aide d'une pelle hydraulique, d'une chargeuse sur roues et d'un bouteur. On a fait l'hypothèse que ce matériel proviendrait d'une carrière située à l'ouest de Matane. Un compacteur sera ensuite utilisé pour assurer la stabilité du matériel installé.
	Camion-benne (12 roues)	3 [A]	S.O.	
	Chargeuse sur roues	1	40	
	Compacteur	1	40	
	Bouteur	1	40	
	D : Installation du réseau d'aqueduc et sanitaire et pavage quai n°2			
	Chargeuse sur roues	1	40	
	Pelle hydraulique	1	40	
	Camion 53 pieds	1 [A]	S.O.	
	Paveuse	1	50	
	Compacteur	1	40	

Numéro de phase	Activités / équipements nécessaires	Nombre	Temps d'utilisation par équipement (%)	Description
N°4	**A : Démolition du quai n°1 existant**			
	Chargeuse sur roues	2	40	Ces travaux débuteront une fois que la construction du poste à quai n°2 sera terminée et lorsque son exploitation aura débuté. La démolition du quai actuel (n°1) débutera ensuite et sera suivie de sa reconstruction.
	Grue	2	20	
	Pelle hydraulique avec tramac	2	40/20	
	Camion-benne (12 roues)	6 [A]	S.O.	
	Camion 53 pieds	1 [A]	S.O.	
	Compacteur	1	40	
	Bouteur	1	40	
	B : Installation des palplanches pour poste à quai n°1			
	Chargeuse sur roues	1	40	Les équipements requis pour réaliser ces travaux sont les mêmes que ceux qui seront utilisés pour la construction du poste à quai n°2. Il y aura donc 2 grues et une chargeuse sur roues pour mettre en place les palplanches servant de structure pour le nouveau quai.
	Grue	2	20	
	Vibrofonceur (90 %)	1	20	
	Battage (10 %)	1	20	
	C : Remblayage poste à quai n°1			
	Pelle hydraulique	1	40	Une fois les palplanches mises en place, du matériel de remplissage sera déversé à l'intérieur de l'enceinte ainsi créée. Ce matériel est transporté par des camions-bennes (12 roues) et déplacé à son lieu de destination finale à l'aide de deux pelles hydrauliques, d'une chargeuse sur roues et d'un bouteur. Comme pour la phase 3C, on a fait l'hypothèse que ce matériel proviendrait d'une carrière située à l'ouest de Matane. Un compacteur sera ensuite utilisé pour assurer la stabilité du matériel installé.
	Camion-benne (12 roues)	3 [A]	S.O.	
	Chargeuse sur roues	1	40	
	Compacteur	1	40	
	Bouteur	1	40	
N°5	**A : Démolition/reconstruction du réseau d'aqueduc, sanitaire, enrochement et des accès**			
	Pelle hydraulique	1	40	La phase finale des travaux de construction consistera en la reconstruction du réseau d'aqueduc et en la réfection des accès aux quais.
	Camion 53 pieds	1 [A]	S.O.	
	Chargeuse sur roues	1	40	
	Compacteur	1	40	
	Paveuse	1	50	

[A] Achalandage évalué à X camions par heure en moyenne.

– L’impact du bruit produit par un équipement en attente ou au ralenti est considéré comme négligeable pour les habitations. Les données présentées illustrent les équipements fonctionnant au maximum de leur capacité uniquement ;
– Les niveaux sonores ont été évalués pour les pires situations appréhendées des activités énoncées ;
– Seules les phases et activités se déroulant durant la phase de construction seront modélisées dans cette section.

Tableau 8 Puissance acoustique L_W des équipements modélisés pour la phase de construction

Équipement	Description	Puissance acoustique L_W (dBA) [A,B]
Remorqueur	750 HP	110
Grue	220 tonnes, 405 HP	103
Camion-benne	12 roues, 450 HP	101
Drague hydraulique	2000 HP	110
Chargeuse sur roues	432 HP	115
Vibrofonceur	S.O.	108
Battage de pieux	S.O.	128
Pelle hydraulique	131 HP	96
Compacteur	131 HP	106
Bouteur	265 HP	110
Camion semi-remorque	53 pieds, 450 HP	101
Paveuse	225 HP	112
Tramac	Pour pelle hydraulique	123

[A] Niveaux sonores arrondis à 1 dBA, réf. 2 x 10^{-5} Pa.
[B] La provenance des valeurs indiquées ainsi que la répartition de la puissance acoustique par bande d’octaves sont présentées à l’annexe C.

4.2.1 Résultats des modélisations en conditions futures

L’évaluation des niveaux acoustiques aux différents récepteurs ciblés pendant la phase de construction est disponible au tableau 9 et illustrée sur les figures 3 à 7.

Tableau 9 Évaluation des niveaux acoustiques d'évaluation ($L_{Ar,1h}$) aux points d'évaluation ciblés provenant des activités des phases de construction du projet de réaménagement des installations portuaires de Matane et de leurs conformités sonores

Phase	Paramètres de calculs		Points d'évaluation [A]					
			P1	P2	P3	P3/4	P4	P5
1	Contribution sonore globale $L_{Aeq,T\text{-}Phase1}$ (en dBA) des activités projetées lors de la construction selon : – Phase 1A - Dragage du chenal des pêcheurs :		25	38	45	45	35	32
	Termes correctifs **K_t, K_i, K_b ou K_S** :		0	0	0	0	0	0
	Niveau acoustique d'évaluation $L_{Ar,T\text{-}Phase1}$ (en dBA) des activités globales de la phase 1 - **Équation 1** :	**Jour** **Soirée** **Nuit**	25	38	45	45	35	32
	Critère de bruit à respecter (en dBA) :	**Jour** **Soirée** **Nuit**	57 52 52	57 52 50	58 50 50	56 49 48	56 50 50	50 45 44
	Conformité sonore? :	**Jour** **Soirée** **Nuit**	**Oui** **Oui** **Oui**	**Oui** **Oui** **Oui**	**Oui** **Oui** **Oui**	**Oui** **Oui** **Oui**	**Oui** **Oui** **Oui**	**Oui** **Oui** **Oui**
2	Contribution sonore globale $L_{Aeq,T\text{-}Phase2}$ (en dBA) des activités projetées lors de la construction selon : – Phase 2A - Dragage en façade du poste à quai n°2 :		28	39	42	41	42	37
	Termes correctifs **K_t, K_i, K_b ou K_S** :		0	0	0	0	0	0
	Niveau acoustique d'évaluation $L_{Ar,T\text{-}Phase2}$ (en dBA) des activités globales de la phase 2 - **Équation 1** :	**Jour** **Soirée** **Nuit**	28	39	42	41	42	37
	Critère de bruit à respecter (en dBA) :	**Jour** **Soirée** **Nuit**	57 52 52	57 52 50	58 50 50	56 49 48	56 50 50	50 45 44
	Conformité sonore? :	**Jour** **Soirée** **Nuit**	**Oui** **Oui** **Oui**	**Oui** **Oui** **Oui**	**Oui** **Oui** **Oui**	**Oui** **Oui** **Oui**	**Oui** **Oui** **Oui**	**Oui** **Oui** **Oui**

Phase	Paramètres de calculs		Points d'évaluation [A]					
			P1	P2	P3	P3/4	P4	P5
3	Contribution sonore globale $L_{Aeq,T\text{-}Phase3}$ (en dBA) des activités projetées lors de la construction selon :		23	34	36	38	36	31
	– Phase 3A - Dragage en façade du poste à quai n°1 :		31	40	42	42	41	37
	– Phase 3B - Installation des palplanches pour poste à quai n°2 :		18	31	36	31	30	26
	– Phase 3C - Remblayage poste à quai n°2 :							
	– Phase 3D - Installation du réseau d'aqueduc et sanitaire et pavage quai n°2 :		32	40	42	42	40	37
	Termes correctifs **K_t, K_i, K_b ou K_S** :		0	0	0	0	0	0
	Niveau acoustique d'évaluation $L_{Ar,T\text{-}Phase3}$ (en dBA) des activités globales de la phase 3 - **Équation 1** :	**Jour** **Soirée** **Nuit**	35	44	46	46	44	40
	Critère de bruit à respecter (en dBA) :	**Jour** **Soirée** **Nuit**	57 52 52	57 52 50	58 50 50	56 49 48	56 50 50	50 45 44
	Conformité sonore? :	**Jour** **Soirée** **Nuit**	**Oui** **Oui** **Oui**	**Oui** **Oui** **Oui**	**Oui** **Oui** **Oui**	**Oui** **Oui** **Oui**	**Oui** **Oui** **Oui**	**Oui** **Oui** **Oui**
4	Contribution sonore globale $L_{Aeq,T\text{-}Phase4}$ (en dBA) des activités projetées lors de la construction selon :		35	43	46	45	44	41
	– Phase 4A - Démolition du quai n°1 existant :		31	39	40	41	39	36
	– Phase 4B - Installation des palplanches pour poste à quai n°1 :		31	39	41	41	39	36
	– Phase 4C - Remblayage poste à quai n°1 :							
	– Phase 4D - Démolition et installation du réseau d'aqueduc et sanitaire :							
	Termes correctifs **K_t, K_i, K_b ou K_S** :		0	0	0	0	0	0
	Niveau acoustique d'évaluation $L_{Ar,T\text{-}Phase4}$ (en dBA) des activités globales de la phase 4 - **Équation 1** :	**Jour** **Soirée** **Nuit**	37	45	48	47	46	43
	Critère de bruit à respecter (en dBA) :	**Jour** **Soirée** **Nuit**	57 52 52	57 52 50	58 50 50	56 49 48	56 50 50	50 45 44
	Conformité sonore? :	**Jour** **Soirée** **Nuit**	**Oui** **Oui** **Oui**	**Oui** **Oui** **Oui**	**Oui** **Oui** **Oui**	**Oui** **Oui** **Oui**	**Oui** **Oui** **Oui**	**Oui** **Oui** **Oui**

Phase	Paramètres de calculs		Points d'évaluation [A]					
			P1	P2	P3	P3/4	P4	P5
5	Contribution sonore globale $L_{Aeq,T\text{-}Phase5}$ (en dBA) des activités projetées lors de la construction selon : – Phase 5A - Démolition/reconstruction du réseau d'aqueduc, sanitaire, enrochement et des accès :		34	46	50	46	40	36
	Termes correctifs **K_t, K_i, K_b ou K_S** :		0	0	0	0	0	0
	Niveau acoustique d'évaluation $L_{Ar,T\text{-}Phase5}$ (en dBA) des activités globales de la phase 5 - **Équation 1** :	**Jour** **Soirée** **Nuit**	34	46	50	46	40	36
	Critère de bruit à respecter (en dBA) :	**Jour** **Soirée** **Nuit**	57 52 52	57 52 50	58 50 50	56 49 48	56 50 50	50 45 44
	Conformité sonore? :	**Jour** **Soirée** **Nuit**	**Oui** **Oui** **Oui**	**Oui** **Oui** **Oui**	**Oui** **Limite** **Limite**	**Oui** **Oui** **Oui**	**Oui** **Oui** **Oui**	**Oui** **Oui** **Oui**

[A] Valeur arrondie à l'unité.

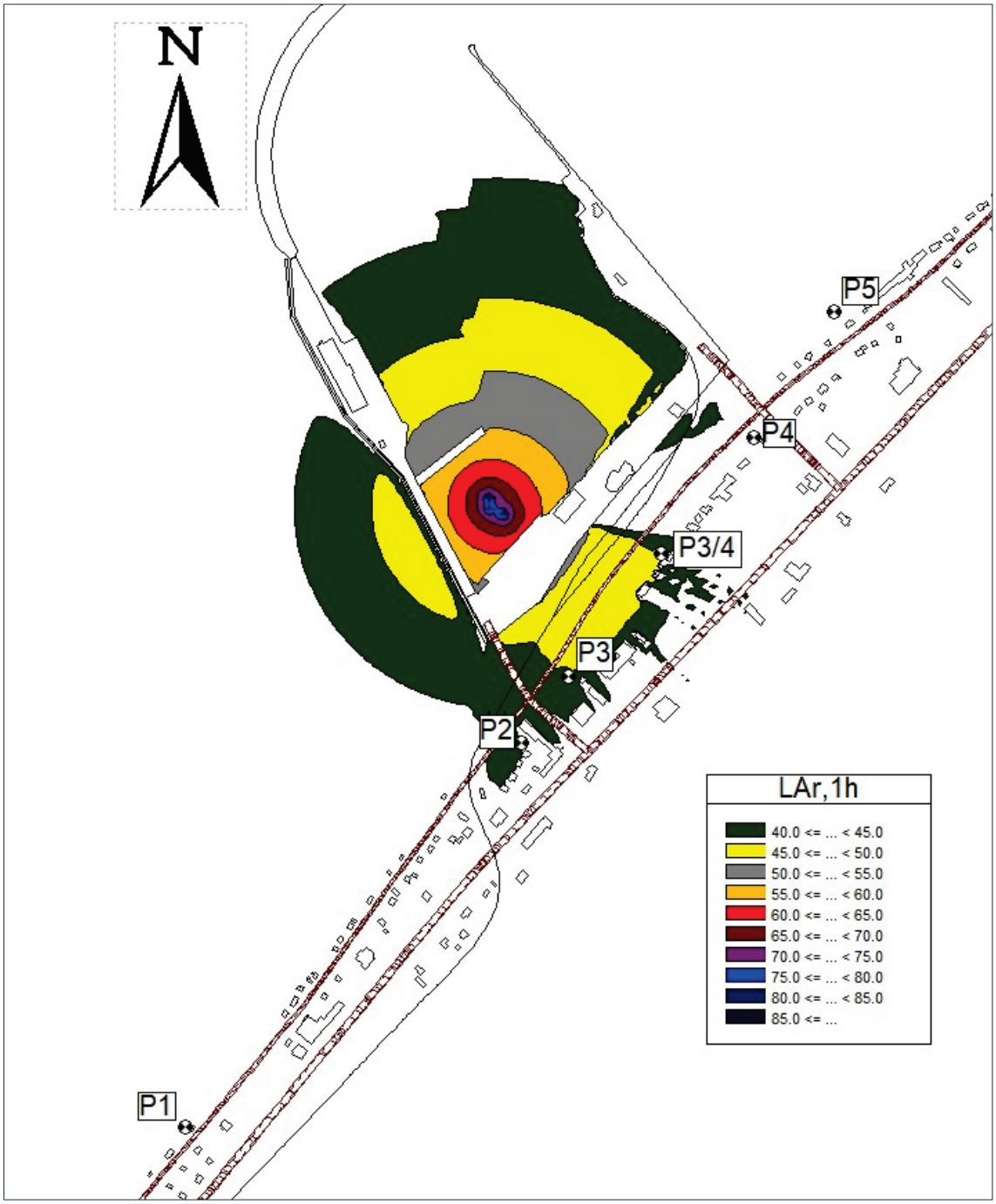


Figure 3 Résultats détaillés du bruit généré ($L_{Ar,1h}$, dBA) durant de la phase n°1 lors de la construction des installations portuaires et comprenant l'activité de dragage du chenal des pêcheurs (1A)

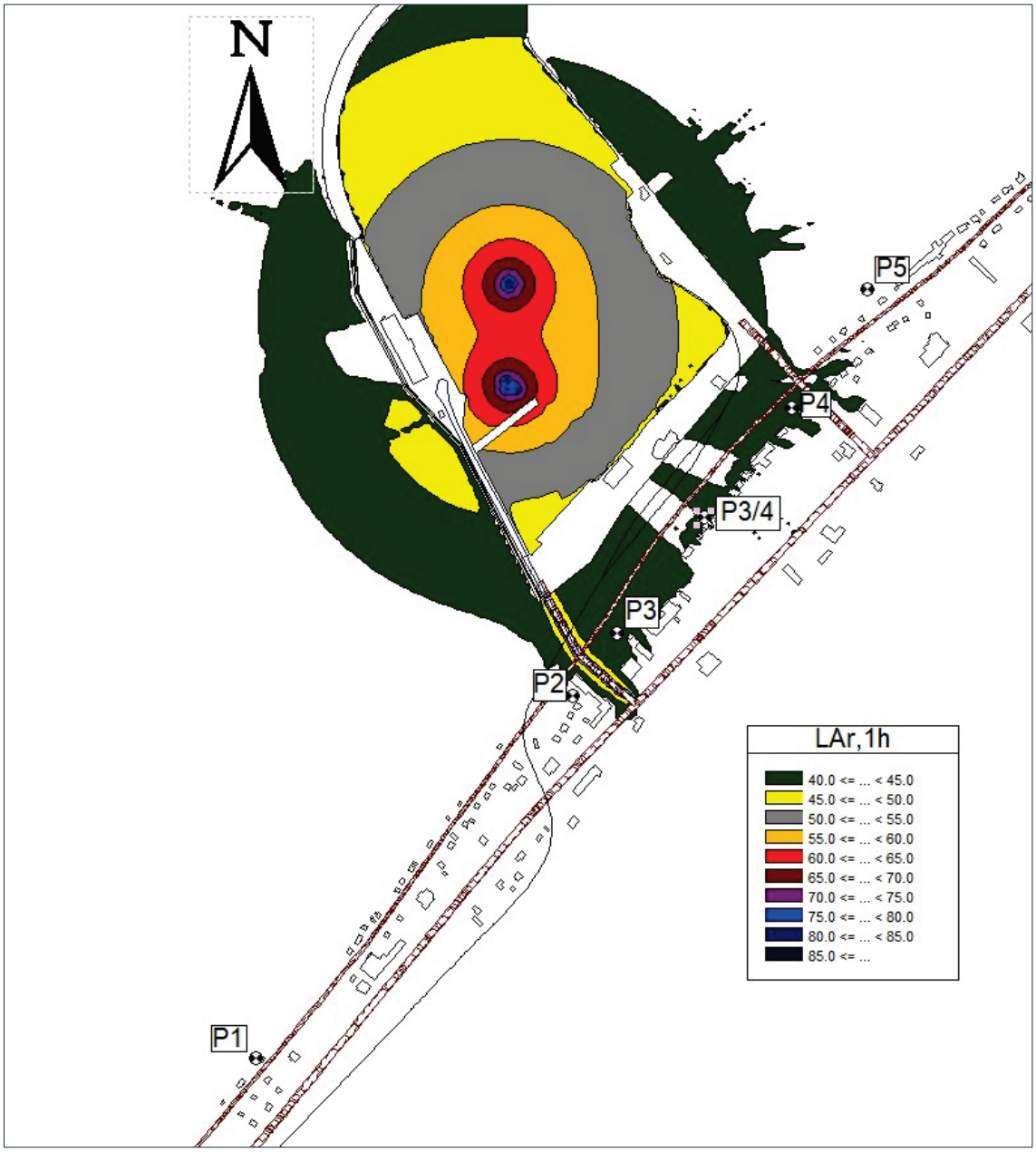


Figure 4 Résultats détaillés du bruit généré ($L_{Ar,1h}$, dBA) durant de la phase n°2 lors de la construction des installations portuaires et comprenant l'activité de dragage en façade du poste à quai n°2 (2A)

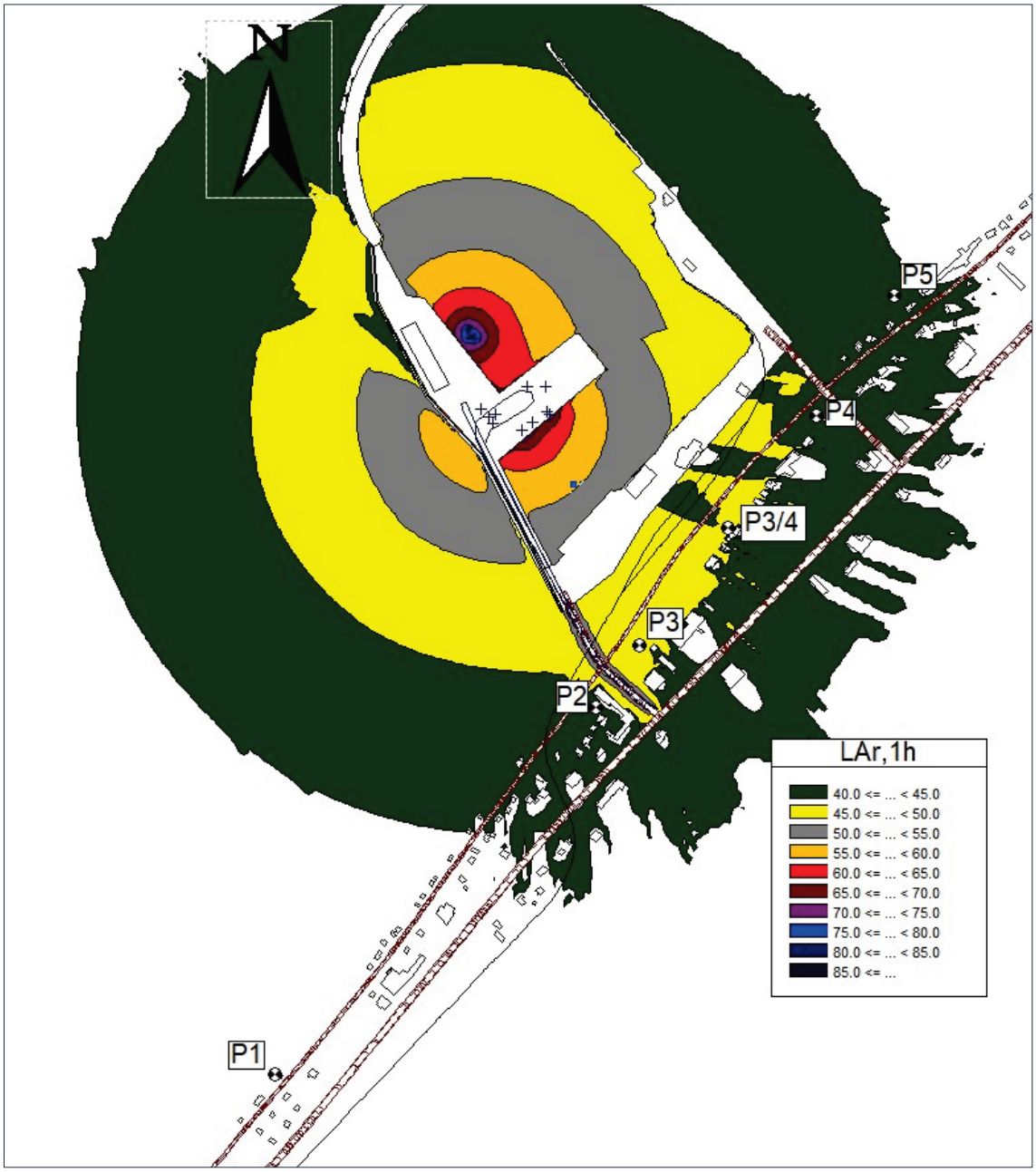


Figure 5 **Résultats détaillés du bruit généré ($L_{Ar,1h}$ dBA) durant de la phase n°3 lors de la construction des installations portuaires et comprenant les activités de dragage en façade du poste à quai n°1 (3A), de l'installation des palplanches pour poste à quai n°2 (3B), du remblayage poste à quai n°2 (3C) et de l'installation du réseau d'aqueduc et sanitaire et pavage quai n°2 (3D)**

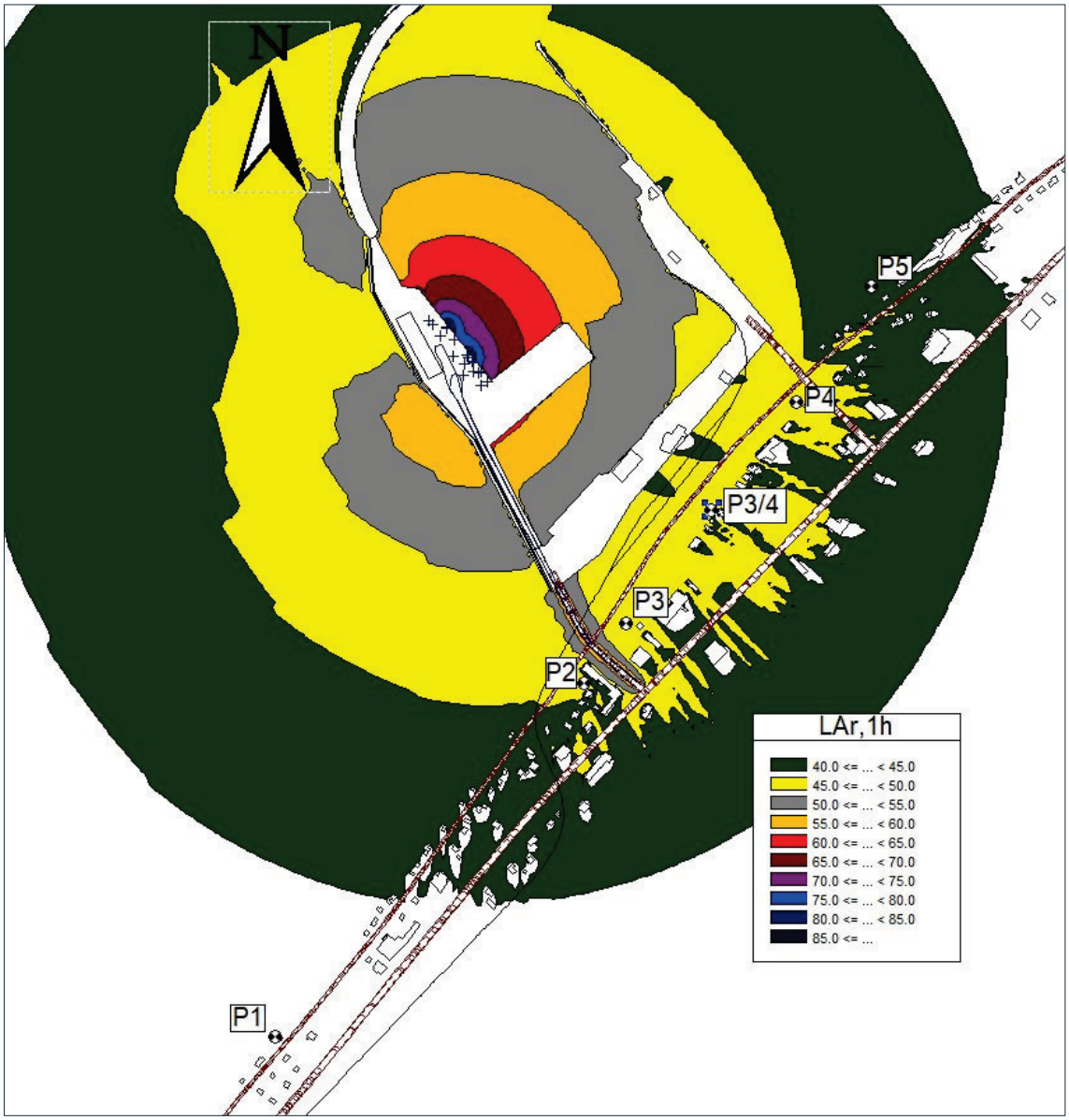


Figure 6 **Résultats détaillés du bruit généré ($L_{Ar,1h}$, dBA) durant de la phase n°4 lors de la construction des installations portuaires et comprenant les activités de démolition du quai n°1 existant (4A), de l'installation des palplanches pour poste à quai n°1 (4B) et du remblayage poste à quai n°1 (4C)**

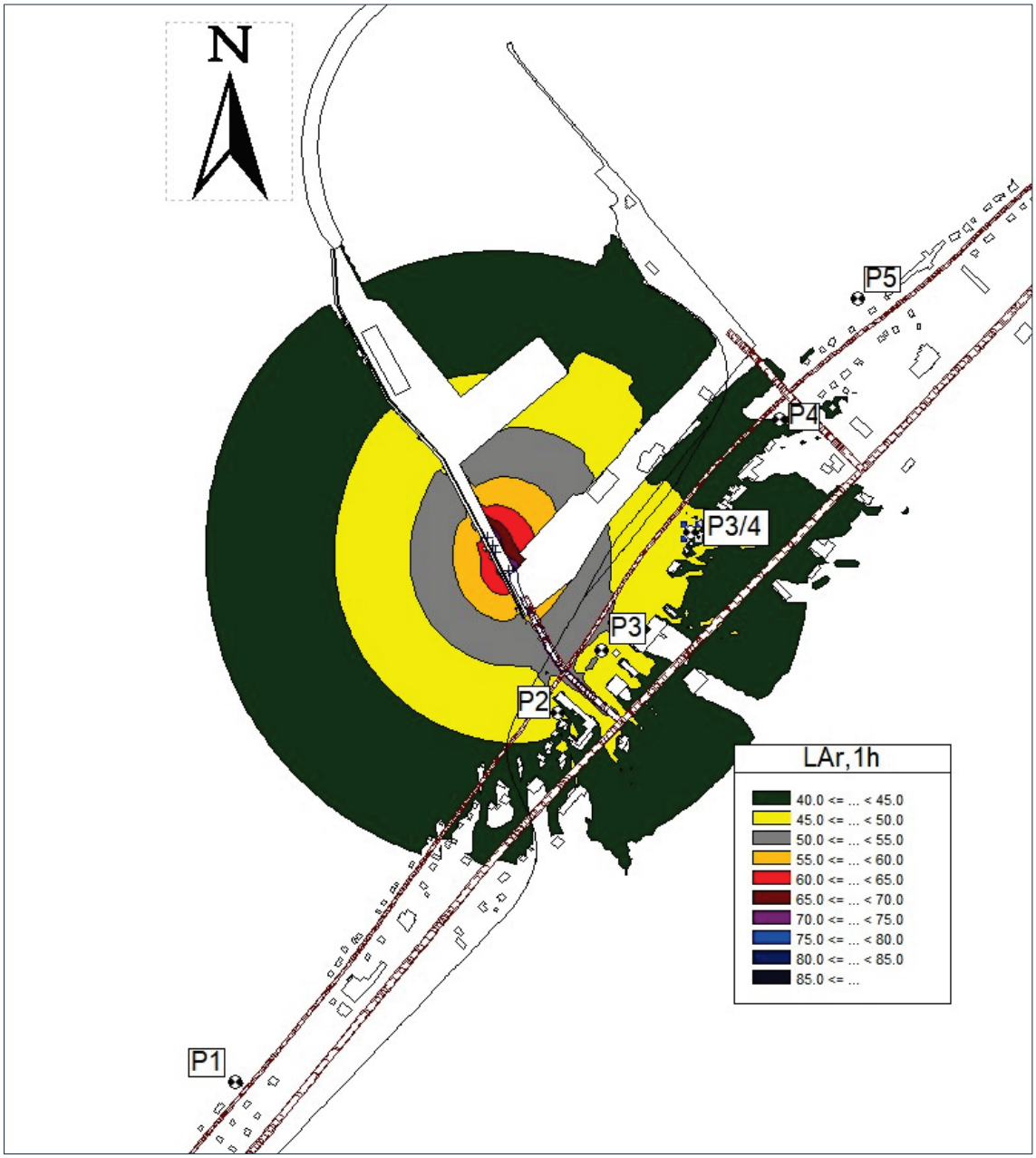


Figure 7 Résultats détaillés du bruit généré ($L_{Ar,1h}$, dBA) durant de la phase n°5 lors de la construction des installations portuaires et comprenant l'activité de démolition et reconstruction du réseau d'aqueduc, sanitaire, enrochement et des accès (5A)

4.3 Phase d'exploitation

L'évaluation du bruit généré par les activités sur le chantier pour la phase d'exploitation a été basée sur les hypothèses de calcul présentées aux tableaux 10 et 11.

Tableau 10 Description des différentes phases (actuelle, avec projet) et équipements nécessaires durant la phase d'exploitation du projet de réaménagement des installations portuaires de Matane

Phase	Activités/équipements nécessaires	Nombre	Temps d'utilisation par équipement (%)
N°6 - Actuelle	**A : Présence au quai n°1 d'un navire vraquier**		
	Navire à quai	1	100 %
	Convoyeur à minerais du navire	1	80 %
	Moteur à convoyeur	1	80 %
	Chargeuse sur roues	1	60 %
	Pelle hydraulique	1	40 %
	Camion	1 [A]	S.O.
N°7 - Projetée	**A : Présence au quai n°1 d'un navire avec grues pour le transport de ballots de pâte et papiers**		
	Navire à quai	1	100 %
	Grue sur navire	1	40 %
	Chariot élévateur	2	60 %
	Camion	1 [A]	S.O.
	B : Présence au quai n°2 d'un navire vraquier		
	Navire à quai	1	100 %
	Convoyeur à minerais du navire	1	80 %
	Moteur à convoyeur	1	80 %
	Chargeuse sur roues	1	60 %
	Pelle hydraulique	1	40 %
	Camion	1 [A]	S.O.

[A] Achalandage évalué à X camions par heure en moyenne.

Tableau 11 Liste des équipements nécessaires pour les phases d'exploitation des installations portuaires de Matane à l'étude

Type d'équipement	Description	Puissance acoustique L_W (en dBA/unité) [A,B]
Navire	11 501 à 12793 HP, environ 225 m de longueur, autodéchargeur	117
Convoyeur à minerais	N.D.	94/m
Moteur à convoyeur	N.D.	112
Chargeuse sur roues	432 HP	115
Pelle hydraulique	131 HP	96
Camion	53 pieds, 450 HP	101
Grue	Sur le navire	103
Chariot élévateur	350 HP	105

[A] Niveaux sonores arrondis à 1 dBA, réf. 2 x 10^{-5} Pa.

[B] La provenance des valeurs indiquées ainsi que la répartition de la puissance acoustique par bande d'octaves sont présentées à l'annexe C.

4.3.1 Résultats des modélisations en conditions futures

À la lumière des différents résultats des modélisations (tableau 12 ; figures 8 et 9), il est possible de constater les éléments suivants :

- Le bruit des activités sur le quai actuel et sur ceux projetés serait conforme aux seuils de jour (7 h à 19 h) pour les cinq points d'évaluation avec des niveaux sonores variant de 36 à 45 dBA avec le quai actuel et de 36 à 49 dBA avec les quais projetés ;
- Le bruit des activités sur le quai actuel et sur ceux projetés seraient généralement conformes aux seuils de nuit (19 h à 7 h) à l'exception des emplacements P2, P3/4 et P5. Dans ces cas-là, on pourrait noter des dépassements de l'ordre de 1 à 3 dBA avec le quai actuel et de 4 à 9 dBA avec ceux projetés. Les dépassements les plus importants (point P3/4 par exemple) ont comme origine les bruits provenant du convoyeur et de l'activité de la chargeuse du quai nº 2. Des mesures de mitigation seront potentiellement nécessaires lors de la phase d'exploitation en fonction des équipements réels utilisés par les futurs exploitants des quais. Un suivi sonore durant la phase d'exploitation est recommandé afin de valider ces dépassements ;
- Les impacts du projet (phase 6 versus la phase 7) sur les premières habitations sont nuls au point P1, de +3 dBA au point P2, de +4 dBA au point P3, de +6 dBA au point P3/4, de +3 dBA au point P4 et de +3 dBA au point P5 ;
- En plus d'avoir le bruit d'un deuxième navire dans le cas du projet, le bruit plus élevé provenant des activités sur les quais projetés s'explique aussi par le fait que plusieurs sources de bruit (convoyeurs) du navire au quai nº 2 ne sont pas occultées par la superstructure du navire lui-même comme dans le cas d'un navire situé au quai nº 1.

Tableau 12 Évaluation des niveaux acoustiques d'évaluation ($L_{Ar,1h}$) aux points d'évaluation ciblés provenant des activités des phases d'exploitation (actuelle, avec projet) du projet de réaménagement des installations portuaires de Matane et de leurs conformités sonores

Phase	Paramètres de calculs		Points d'évaluation					
			P1	P2	P3	P3/4	P4	P5
6	Contribution sonore globale $L_{Aeq,T\text{-}Phase6}$ (en dBA) des activités sur le quai actuel selon : – Phase 6A - Présence au quai n°1 d'un navire vraquier :		36	43	44	43	45	41
	Termes correctifs **K_t, K_i, K_b ou K_S** :		0	0	0	0	0	0
	Niveau acoustique d'évaluation $L_{Ar,T\text{-}Phase6}$ (en dBA) des activités globales de la phase 1 - **Équation 1** :		36	43	44	43	45	41
	Critère de bruit à respecter (en dBA) :	**Jour** **Nuit**	54 42	52 41	55 50	50 40	55 50	46 40
	Conformité sonore? :	**Jour** **Nuit**	**Oui** **Oui**	**Oui** **Non**	**Oui** **Oui**	**Oui** **Non**	**Oui** **Oui**	**Oui** **Non**
7	Contribution sonore globale $L_{Aeq,T\text{-}Phase7}$ (en dBA) des activités sur les quais projetés selon : – Phase 7A - Présence au quai n°1 d'un navire avec grues pour le transport de ballots de pâte et papiers : – Phase 7B - Présence au quai n°2 d'un navire vraquier		 28 36	 37 46	 39 48	 39 49	 37 48	 39 49
	Termes correctifs **K_t, K_i, K_b ou K_S** :		0	0	0	0	0	0
	Niveau acoustique d'évaluation $L_{Ar,T\text{-}Phase7}$ (en dBA) des activités globales de la phase 1 - **Équation 1** :		36	46	48	49	48	44
	Critère de bruit à respecter (en dBA) :	**Jour** **Nuit**	54 42	52 41	55 50	50 40	55 50	46 40
	Conformité sonore? :	**Jour** **Nuit**	**Oui** **Oui**	**Oui** **Non**	**Oui** **Oui**	**Oui** **Non**	**Oui** **Oui**	**Oui** **Non**

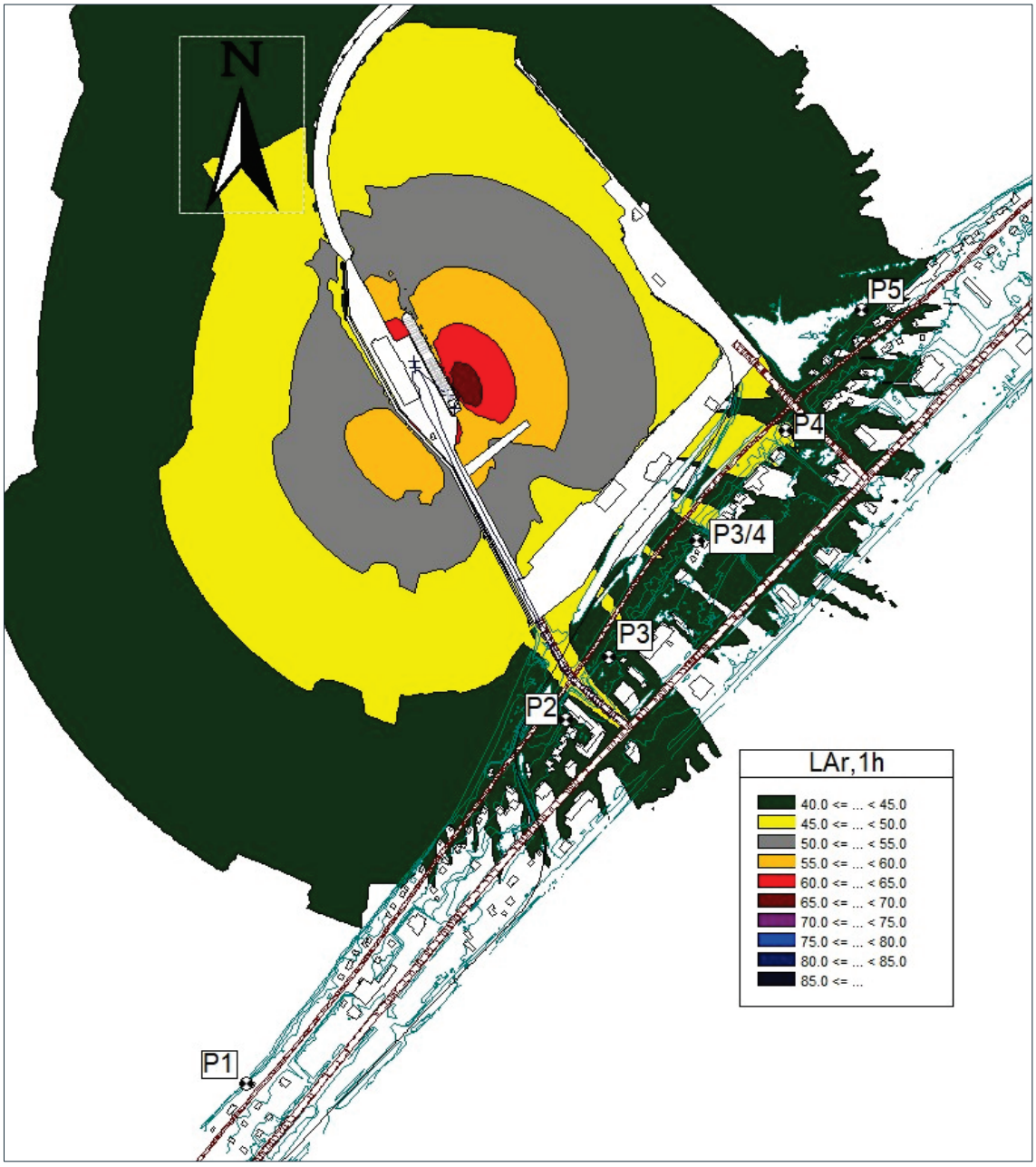


Figure 8 Résultats détaillés du bruit généré ($L_{Ar,1h}$, dBA) durant de la phase n°6 lors de l'exploitation des installations portuaires actuelles et comprenant la présence au quai n°1 d'un navire vraquier (6A)

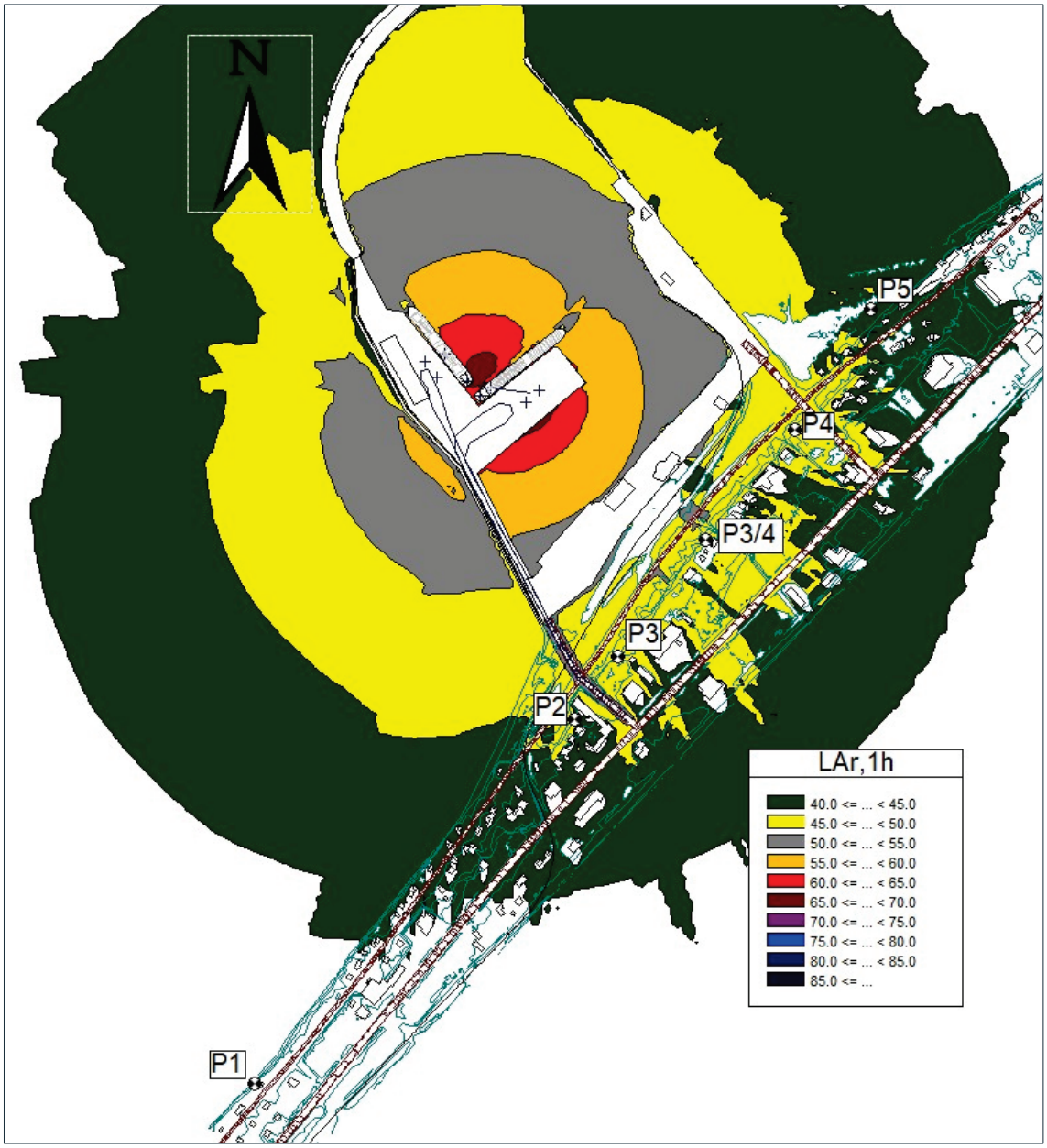


Figure 9 Résultats détaillés du bruit généré ($L_{Ar,1h}$, dBA) durant de la phase n°7 lors de l'exploitation des installations portuaires projetées et comprenant la présence au quai n°1 d'un navire avec grues pour le transport de ballots de pâte (7A) et papiers et la présence au quai n°2 d'un navire vraquier (7B)

Annexe A
Conditions environnementales lors des mesures du bruit résiduel

Gouvernement du Canada | Government of Canada

Accueil › Environnement et ressources naturelles › Météo, climat et catastrophes naturelles

› Conditions météorologiques et climatiques passées › Données historiques

Rapport de données horaires pour le 17 octobre 2023

Si vous avez sélectionné l'heure normale locale (HNL), ajoutez 1h pour convertir l'heure locale en heure avancée, s'il y a lieu.

MONT JOLI A
QUÉBEC
Opérateur de station opérationnelle : NAVCAN

Latitude :	48°36'32,000" N
Longitude :	68°12'27,000" O
Altitude :	52,40 m
ID climatologique :	7055121
ID de l'OMM :	71718
ID de TC :	YYY

HEURE HNL	Temp. °C	Point de rosée °C	Hum. rel. %	Hauteur de précip. mm	Dir. du vent 10's deg	Vit. du vent km/h	Visibilité km	Pression à la station kPa	Hmdx	Refr. éolien	Météo
00:00	7,7	3,2	73		5	22	48,3	100,27			ND
01:00	7,6	3,4	75		4	18	48,3	100,32			Généralement dégagé
02:00	7,3	3,5	76		4	16	48,3	100,33			ND
03:00	7,4	3,8	77		3	17	48,3	100,37			ND
04:00	7,3	4,0	79		3	18	48,3	100,41			Nuageux
05:00	7,3	4,2	80		2	19	48,3	100,45			ND
06:00	7,1	4,8	85		1	19	48,3	100,48			Pluie
07:00	6,9	4,8	86		4	4	48,3	100,56			Pluie
08:00	7,1	5,0	86		36	3	48,3	100,63			Pluie
09:00	7,0	4,8	85		11	3	48,3	100,68			Pluie
10:00	8,0	5,1	82		2	6	48,3	100,68			Pluie
11:00	8,4	4,8	78		34	9	48,3	100,67			ND
12:00	8,0	4,7	80		32	11	48,3	100,66			ND
13:00	8,6	4,7	77		35	13	48,3	100,67			Généralement nuageux
14:00	8,9	4,5	73		1	9	48,3	100,67			ND
15:00	9,4	2,4	61		17	5	48,3	100,65			ND
16:00	9,6	0,6	53		36	3	48,3	100,67			Généralement nuageux
17:00	7,5	4,4	81		20	4	48,3	100,70			ND

HEURE HNL	Temp. °C	Point de rosée °C	Hum. rel. %	Hauteur de précip. mm	Dir. du vent 10's deg	Vit. du vent km/h	Visibilité km	Pression à la station kPa	Hmdx	Refr. éolien	Météo
18:00	5,1	3,0	87		16	7	48,3	100,77			**ND**
19:00	5,0	2,9	86		16	5	48,3	100,82			**Généralement nuageux**
20:00	4,2	2,6	89		16	9	48,3	100,84			**ND**
21:00	4,3	2,4	88		17	9	48,3	100,86			**ND**
22:00	3,3	1,7	89		16	10	48,3	100,87			**Dégagé**
23:00	3,5	2,0	90		18	9	48,3	100,90			**ND**

Légende

- E = Valeur estimée
- M = Données manquantes
- ND = Non disponible*
- [vide] = Indique une valeur non observée

Date de modification :

2023-11-07

Gouvernement du Canada | Government of Canada

Accueil > Environnement et ressources naturelles > Météo, climat et catastrophes naturelles

> Conditions météorologiques et climatiques passées > Données historiques

Rapport de données horaires pour le 18 octobre 2023

Si vous avez sélectionné l'heure normale locale (HNL), ajoutez 1h pour convertir l'heure locale en heure avancée, s'il y a lieu.

MONT JOLI A
QUÉBEC
Opérateur de station opérationnelle : NAVCAN

Latitude :	48°36'32,000" N
Longitude :	68°12'27,000" O
Altitude :	52,40 m
ID climatologique :	7055121
ID de l'OMM :	71718
ID de TC :	YYY

HEURE HNL	Temp. °C	Point de rosée °C	Hum. rel. %	Hauteur de précip. mm	Dir. du vent 10's deg	Vit. du vent km/h	Visibilité km	Pression à la station kPa	Hmdx	Refr. éolien	Météo
00:00	3,0	1,6	90		16	12	48,3	100,91			**ND**
01:00	3,4	1,7	89		16	12	48,3	100,95			**Dégagé**
02:00	3,7	1,8	87		19	9	48,3	100,97			**ND**
03:00	2,8	1,5	91		19	10	48,3	101,00			**ND**
04:00	4,9	2,5	85		20	12	48,3	101,02			**Dégagé**
05:00	5,5	2,8	83		20	14	48,3	101,04			**ND**
06:00	5,2	2,7	84		21	15	48,3	101,08			**ND**
07:00	6,4	3,1	79		22	17	48,3	101,14			**Généralement dégagé**
08:00	7,9	3,7	75		22	18	48,3	101,16			**ND**
09:00	9,5	4,5	71		24	20	48,3	101,17			**ND**
10:00	10,2	6,2	76		27	18	48,3	101,16			**Généralement dégagé**
11:00	10,3	7,0	80		27	19	48,3	101,14			**ND**
12:00	12,1	7,0	71		26	16	48,3	101,08			**ND**
13:00	12,8	6,6	66		27	17	48,3	101,04			**Dégagé**
14:00	13,3	6,7	64		27	15	48,3	101,02			**ND**
15:00	12,6	6,3	65		25	16	48,3	101,00			**ND**
16:00	12,6	5,1	60		22	10	48,3	100,99			**Généralement dégagé**
17:00	10,3	5,3	71		20	7	48,3	100,97			**ND**

HEURE HNL	Temp. °C	Point de rosée °C	Hum. rel. %	Hauteur de précip. mm	Dir. du vent 10's deg	Vit. du vent km/h	Visibilité km	Pression à la station kPa	Hmdx	Refr. éolien	Météo
18:00											
19:00											
20:00											
21:00											
22:00											
23:00											

Légende

- E = Valeur estimée
- M = Données manquantes
- ND = Non disponible*
- [vide] = Indique une valeur non observée

Date de modification :

2023-11-07

Gouvernement du Canada | Government of Canada

Accueil › Environnement et ressources naturelles › Météo, climat et catastrophes naturelles

› Conditions météorologiques et climatiques passées › Données historiques

Rapport de données horaires pour le 18 octobre 2023

Si vous avez sélectionné l'heure normale locale (HNL), ajoutez 1h pour convertir l'heure locale en heure avancée, s'il y a lieu.

MONT-JOLI
QUÉBEC
Opérateur de station opérationnelle : ECCC - SMC

Latitude :	48°36'15,901" N
Longitude :	68°11'40,682" O
Altitude :	55,00 m
ID climatologique :	7055122
ID de l'OMM :	71658
ID de TC :	MJI

HEURE HNL	Temp. °C	Point de rosée °C	Hum. rel. %	Hauteur de précip. mm	Dir. du vent 10's deg	Vit. du vent km/h	Visibilité km	Pression à la station kPa	Hmdx	Refr. éolien	Météo
00:00	3,9	2,3	89	0,0	16	11		100,84			ND
01:00	3,8	2,0	88	0,0	16	12		100,87			ND
02:00	2,9	1,4	90	0,0	17	9		100,89			ND
03:00	3,3	1,9	90	0,0	17	9		100,92			ND
04:00	3,5	2,0	90	0,0	18	9		100,94			ND
05:00	4,0	2,4	89	0,0	18	10		100,96			ND
06:00	3,5	2,1	90	0,0	19	8		101,00			ND
07:00	6,3	3,5	82	0,0	21	12		101,06			ND
08:00	8,1	4,1	76	0,0	21	15		101,08			ND
09:00	9,8	4,6	70	0,0	23	19		101,09			ND
10:00	11,1	6,4	73	0,0	25	14		101,08			ND
11:00	10,8	6,6	75	0,0	27	19		101,07			ND
12:00	12,5	6,6	67	0,0	26	16		101,01			ND
13:00	13,1	6,7	65	0,0	27	16		100,97			ND
14:00	13,7	6,2	60	0,0	27	15		100,94			ND
15:00	12,7	5,8	63	0,0	25	18		100,93			ND
16:00	12,3	5,2	62	0,0	21	12		100,92			ND
17:00	10,5	4,8	68	0,0	20	9		100,90			ND
18:00	9,9	4,7	70	0,0	20	11		100,89			ND
19:00	10,2	4,9	70	0,0	21	14		100,89			ND

HEURE HNL	Temp. °C	Point de rosée °C	Hum. rel. %	Hauteur de précip. mm	Dir. du vent 10's deg	Vit. du vent km/h	Visibilité km	Pression à la station kPa	Hmdx	Refr. éolien	Météo
20:00	10,5	4,6	67	0,0	21	18		100,93			ND
21:00	10,0	4,3	68	0,0	20	16		100,93			ND
22:00	9,7	4,4	69	0,0	21	15		100,91			ND
23:00	10,6	4,6	66	0,0	20	16		100,89			ND

Légende

- E = Valeur estimée
- M = Données manquantes
- ND = Non disponible*
- [vide] = Indique une valeur non observée

Date de modification :

2023-11-07

Gouvernement du Canada | Government of Canada

Accueil > Environnement et ressources naturelles > Météo, climat et catastrophes naturelles

> Conditions météorologiques et climatiques passées > Données historiques

Rapport de données horaires pour le 19 octobre 2023

Si vous avez sélectionné l'heure normale locale (HNL), ajoutez 1h pour convertir l'heure locale en heure avancée, s'il y a lieu.

MONT JOLI A
QUÉBEC
Opérateur de station opérationnelle : NAVCAN

Latitude :	48°36'32,000" N
Longitude :	68°12'27,000" O
Altitude :	52,40 m
ID climatologique :	7055121
ID de l'OMM :	71718
ID de TC :	YYY

HEURE HNL	Temp. °C	Point de rosée °C	Hum. rel. %	Hauteur de précip. mm	Dir. du vent 10's deg	Vit. du vent km/h	Visibilité km	Pression à la station kPa	Hmdx	Refr. éolien	Météo
00:00											
01:00											
02:00											
03:00											
04:00											
05:00											
06:00	9,2	4,9	74		21	21	48,3	100,88			ND
07:00	9,6	4,7	71		21	19	48,3	100,90			Généralement nuageux
08:00	10,3	4,6	68		21	18	48,3	100,88			ND
09:00	10,4	5,4	71		21	17	48,3	100,87			ND
10:00	10,6	5,9	72		21	16	48,3	100,83			Nuageux
11:00	11,9	5,9	67		22	14	48,3	100,77			ND
12:00	13,1	6,2	63		23	18	48,3	100,68			ND
13:00	14,2	4,4	51		24	19	48,3	100,62			Généralement dégagé
14:00	14,2	3,8	49		23	24	24,1	100,60			ND
15:00	13,8	5,6	57		23	15	24,1	100,56			ND
16:00	12,6	7,0	68		25	6	24,1	100,57			Généralement nuageux
17:00	12,0	6,7	70		22	9	24,1	100,59			ND

HEURE HNL	Temp. °C	Point de rosée °C	Hum. rel. %	Hauteur de précip. mm	Dir. du vent 10's deg	Vit. du vent km/h	Visibilité km	Pression à la station kPa	Hmdx	Refr. éolien	Météo
18:00	12,2	5,9	65		21	13	24,1	100,59			ND
19:00	11,3	5,3	66		21	15	24,1	100,58			**Généralement nuageux**
20:00	11,4	5,0	65		20	18	24,1	100,60			ND
21:00	11,6	4,8	63		21	22	24,1	100,56			ND
22:00	11,3	4,9	64		21	19	24,1	100,55			**Généralement nuageux**
23:00	11,8	4,8	62		21	21	24,1	100,53			ND

Légende

- E = Valeur estimée
- M = Données manquantes
- ND = Non disponible*
- [vide] = Indique une valeur non observée

Date de modification :

2023-11-07

Gouvernement du Canada | Government of Canada

Rapport de données horaires pour le 19 octobre 2023

Si vous avez sélectionné l'heure normale locale (HNL), ajoutez 1h pour convertir l'heure locale en heure avancée, s'il y a lieu.

MONT-JOLI
QUÉBEC
Opérateur de station opérationnelle : ECCC - SMC

Latitude :	48°36'15,901" N
Longitude :	68°11'40,682" O
Altitude :	55,00 m
ID climatologique :	7055122
ID de l'OMM :	71658
ID de TC :	MJI

HEURE HNL	Temp. °C	Point de rosée °C	Hum. rel. %	Hauteur de précip. mm	Dir. du vent 10's deg	Vit. du vent km/h	Visibilité km	Pression à la station kPa	Hmdx	Refr. éolien	Météo
00:00	10,4	4,6	67	0,0	22	14		100,87			ND
01:00	10,2	4,3	67	0,0	21	16		100,87			ND
02:00	9,7	4,3	69	0,0	21	15		100,83			ND
03:00	9,5	4,7	72	0,0	22	15		100,82			ND
04:00	9,1	5,0	75	0,0	22	15		100,80			ND
05:00	8,9	5,2	78	0,0	22	14		100,82			ND
06:00	9,5	5,2	75	0,0	20	14		100,81			ND
07:00	9,7	5,0	72	0,0	20	13		100,82			ND
08:00	10,5	4,9	68	0,0	20	13		100,80			ND
09:00	10,8	5,4	70	0,0	21	16		100,79			ND
10:00	10,7	6,1	73	0,0	21	16		100,75			ND
11:00	11,9	6,0	67	0,0	21	17		100,69			ND
12:00	13,7	7,1	65	0,0	23	23		100,60			ND
13:00	14,4	5,1	54	0,0	23	21		100,55			ND
14:00	14,1	4,2	51	0,0	24	24		100,52			ND
15:00	13,7	5,9	59	0,0	22	15		100,48			ND
16:00	12,8	7,1	68	0,0	23	9		100,50			ND
17:00	11,7	7,1	74	0,0	21	7		100,52			ND
18:00	12,2	6,0	66	0,0	21	12		100,51			ND
19:00	11,6	5,7	67	0,0	21	15		100,51			ND

HEURE HNL	Temp. °C	Point de rosée °C	Hum. rel. %	Hauteur de précip. mm	Dir. du vent 10's deg	Vit. du vent km/h	Visibilité km	Pression à la station kPa	Hmdx	Refr. éolien	Météo
20:00	11,6	5,1	64	0,0	20	16		100,53			ND
21:00	11,8	5,1	63	0,0	21	20		100,48			ND
22:00	11,9	5,1	63	0,0	21	17		100,47			ND
23:00	11,9	5,0	63	0,0	21	20		100,46			ND

Légende

- E = Valeur estimée
- M = Données manquantes
- ND = Non disponible*
- [vide] = Indique une valeur non observée

Date de modification :

2023-11-07

Rapport de données horaires pour le 20 octobre 2023

Si vous avez sélectionné l'heure normale locale (HNL), ajoutez 1h pour convertir l'heure locale en heure avancée, s'il y a lieu.

MONT JOLI A
QUÉBEC
Opérateur de station opérationnelle : NAVCAN

Latitude :	48°36'32,000" N
Longitude :	68°12'27,000" O
Altitude :	52,40 m
ID climatologique :	7055121
ID de l'OMM :	71718
ID de TC :	YYY

HEURE HNL	Temp. °C	Point de rosée °C	Hum. rel. %	Hauteur de précip. mm	Dir. du vent 10's deg	Vit. du vent km/h	Visibilité km	Pression à la station kPa	Hmdx	Refr. éolien	Météo
00:00	11,5	4,9	64		20	17	24,1	100,51			ND
01:00	11,9	4,4	60		20	21	24,1	100,49			Généralement nuageux
02:00	11,7	4,1	59		21	13	24,1	100,47			ND
03:00	11,7	4,1	60		18	12	48,3	100,39			ND
04:00	11,0	4,5	64		18	12	48,3	100,40			Nuageux
05:00	11,0	4,9	66		18	18	48,3	100,33			ND
06:00	10,5	5,2	70		19	15	48,3	100,33			ND
07:00	10,6	5,8	72		24	6	48,3	100,36			Nuageux
08:00	10,9	7,0	77		19	4	48,3	100,36			ND
09:00	12,7	7,0	68		20	17	24,1	100,33			ND
10:00	14,6	7,6	63		19	19	48,3	100,25			Généralement nuageux
11:00	15,7	8,0	60		21	19	48,3	100,19			ND
12:00	16,9	7,7	54		19	25	48,3	100,14			ND
13:00	16,9	7,6	54		23	22	48,3	100,10			Généralement nuageux
14:00	16,0	7,8	58		22	22	48,3	100,09			ND
15:00	15,4	8,7	64		18	10	48,3	100,07			ND
16:00	14,7	8,5	66		20	12	48,3	100,05			Généralement nuageux

HEURE HNL	Temp. °C	Point de rosée °C	Hum. rel. %	Hauteur de précip. mm	Dir. du vent 10's deg	Vit. du vent km/h	Visibilité km	Pression à la station kPa	Hmdx	Refr. éolien	Météo
17:00	13,8	8,4	70		17	10	48,3	100,06			ND
18:00	13,6	8,5	71		18	18	48,3	100,04			ND
19:00	12,8	8,3	74		16	18	48,3	100,03			**Généralement nuageux**
20:00	12,8	8,2	74		16	15	48,3	99,96			ND
21:00	13,8	8,2	69		18	18	48,3	99,92			ND
22:00	14,6	8,7	68		18	23	48,3	99,90			**Nuageux**
23:00	13,9	9,3	74		19	16	24,1	99,90			ND

Légende

- E = Valeur estimée
- M = Données manquantes
- ND = Non disponible*
- [vide] = Indique une valeur non observée

Date de modification :

2023-11-07

Annexe B
Détails des mesures de bruit résiduel

Englobe

MOYENNES DES PARAMÈTRES SONORES

N° PROJET - PHASE : 02301790.000	**PAGE :** 1	**CLIENT :** Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie
FAIT PAR : P. Beaulieu	**DATE :** 2023-12-11	**PROJET :** Étude d'impact sonore projet port de Matane
VÉRIFIÉ PAR : Y. Cordon	**DATE :** 2023-12-11	**SUJET :** Résultats des relevés sonores

POINT N° : P1		**DÉBUT :** 21:00	**DATE :** 2023-10-17
DURÉE : 24 h 00		**FIN :** 21:00	**DATE :** 2023-10-18
ADRESSE OU LOCALISATION : 1860, rue Matane-sur-mer			

Sonomètre : Larson Davis 831 C (N/S: 10583)		**Calibration début :** 93.95 dBA à 1000 Hz	
Calibrateur : Larson Davis CAL 200 (N/S: 3222)		**Vérification à la fin :** 94.00 dBA à 1000 Hz	
Pondération		**Conditions météorologiques :** Voir tableau rapport	
Temporelle	**Fréquentielle**	**Humidité relative (%) :**	
Rapide (⅛ sec.) ☑	dBA ☑	**Vents (km/h, direction) :**	
Lente (1 sec.) ☐	dB ☐	**Température (°C) :**	

MESURE N°	PÉRIODE	PARAMÈTRES SONORES (en dBA)						
		$LAeq_{1h}$	$L_{1\% (1h)}$	$L_{10\% (1h)}$	$L_{50\% (1h)}$	$L_{90\% (1h)}$	$L_{95\% (1h)}$	$L_{99\% (1h)}$
1	21:00 - 22:00	45.8	55.7	49.2	41.4	36.9	35.9	34.4
2	22:00 - 23:00	48.6	59.7	51.3	42.5	38.7	37.9	36.4
3	23:00 - 00:00	45.5	56.4	49.1	39.9	36.9	36.2	34.8
4	00:00 - 01:00	42.4	54.1	44.1	37.4	33.9	33.2	32.0
5	01:00 - 02:00	44.9	57.9	44.4	37.1	34.4	33.8	32.9
6	02:00 - 03:00	44.1	57.3	42.5	37.5	35.5	35.0	34.3
7	03:00 - 04:00	45.7	58.1	46.6	39.9	38.1	37.7	37.1
8	04:00 - 05:00	50.1	61.1	53.6	44.5	41.3	40.7	39.8
9	05:00 - 06:00	53.9	62.1	57.0	51.5	47.5	45.0	43.0
10	06:00 - 07:00	56.3	63.3	59.3	54.7	50.9	50.2	49.1
11	07:00 - 08:00	57.7	63.7	60.6	56.6	53.1	52.2	50.5
12	08:00 - 09:00	56.4	63.1	58.7	55.1	52.3	51.7	50.5
13	09:00 - 10:00	58.8	63.5	60.3	58.4	56.7	56.1	54.9
14	10:00 - 11:00	59.9	65.0	61.1	59.4	58.1	57.8	57.1
15	11:00 - 12:00	60.4	65.4	61.2	59.2	57.5	57.0	56.1
16	12:00 - 13:00	56.9	63.1	58.8	56.2	53.6	53.0	51.7
17	13:00 - 14:00	55.7	62.9	57.5	54.3	52.1	51.6	50.7
18	14:00 - 15:00	55.1	62.1	57.0	53.9	51.5	51.0	50.1
19	15:00 - 16:00	55.8	63.1	57.8	54.6	51.9	51.3	50.2
20	16:00 - 17:00	58.6	65.5	59.4	55.6	52.1	51.1	49.7
21	17:00 - 18:00	55.9	64.1	58.2	54.4	50.9	50.1	48.7
22	18:00 - 19:00	54.3	62.0	57.0	52.7	49.4	48.5	47.0
23	19:00 - 20:00	52.2	61.2	54.3	50.1	47.1	46.5	45.4
24	20:00 - 21:00	51.8	60.5	55.0	49.0	45.4	44.8	44.1
MOYENNES SUR 24 h :		**55.3**						

COMMENTAIRES : * Sources de bruit : Circulation de la route 132 et le bruit de la mer

NOMS DES OPÉRATEURS : Philippe Beaulieu

Englobe

MOYENNES DES PARAMÈTRES SONORES

N° PROJET - PHASE : 02301790.000	**PAGE :** 2	**CLIENT :** Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie
FAIT PAR : P. Beaulieu	**DATE :** 2023-12-11	**PROJET :** Étude d'impact sonore projet port de Matane
VÉRIFIÉ PAR : Y. Cordon	**DATE :** 2023-12-11	**SUJET :** Résultats des relevés sonores

POINT N° : P1		**DÉBUT :** 21:00	**DATE :** 2023-10-18
DURÉE : 24 h 00		**FIN :** 21:00	**DATE :** 2023-10-19
ADRESSE OU LOCALISATION : 1860, rue Matane-sur-mer			

Sonomètre : Larson Davis 831 C (N/S: 10583)		**Calibration début :** 93.95 dBA à 1000 Hz	
Calibrateur : Larson Davis CAL 200 (N/S: 3222)		**Vérification à la fin :** 94.00 dBA à 1000 Hz	
Pondération		**Conditions météorologiques :** Voir tableau rapport	
Temporelle	**Fréquentielle**	**Humidité relative (%) :**	
Rapide (⅛ sec.) ☑	dBA ☑	**Vents (km/h, direction) :**	
Lente (1 sec.) ☐	dB ☐	**Température (°C) :**	

MESURE N°	PÉRIODE	PARAMÈTRES SONORES (en dBA)						
		$LAeq_{1h}$	$L_{1\% (1h)}$	$L_{10\% (1h)}$	$L_{50\% (1h)}$	$L_{90\% (1h)}$	$L_{95\% (1h)}$	$L_{99\% (1h)}$
1	21:00 - 22:00	51.5	59.5	54.5	49.4	46.2	45.5	44.5
2	22:00 - 23:00	52.4	57.9	54.9	51.4	48.3	47.5	46.1
3	23:00 - 00:00	53.4	58.7	55.7	52.6	49.9	49.2	48.1
4	00:00 - 01:00	54.6	59.1	56.8	54.0	51.3	50.6	49.4
5	01:00 - 02:00	51.5	56.8	54.2	50.4	47.1	46.4	45.1
6	02:00 - 03:00	49.3	57.2	51.8	47.6	44.9	44.4	43.4
7	03:00 - 04:00	46.7	53.3	48.6	45.7	43.9	43.4	42.6
8	04:00 - 05:00	49.0	59.1	51.0	46.1	43.9	43.5	42.6
9	05:00 - 06:00	52.9	60.7	55.7	51.1	47.9	46.6	44.8
10	06:00 - 07:00	54.7	61.6	57.2	53.2	50.1	49.4	48.3
11	07:00 - 08:00	56.5	63.4	59.0	55.4	52.2	51.3	49.9
12	08:00 - 09:00	56.0	62.4	58.8	54.6	51.2	50.4	49.2
13	09:00 - 10:00	55.6	62.2	58.3	54.4	51.1	50.2	48.8
14	10:00 - 11:00	60.6	64.8	60.5	56.9	53.0	51.9	50.3
15	11:00 - 12:00	57.9	63.5	59.8	57.3	55.2	54.4	52.8
16	12:00 - 13:00	56.7	63.6	58.8	55.4	52.7	51.9	50.5
17	13:00 - 14:00	56.8	64.2	59.3	55.3	51.7	50.8	49.1
18	14:00 - 15:00	56.9	64.0	59.5	55.4	52.4	51.7	50.5
19	15:00 - 16:00	56.6	63.9	59.2	55.3	52.1	51.4	50.2
20	16:00 - 17:00	59.7	65.0	59.9	56.1	52.4	51.3	49.6
21	17:00 - 18:00	55.8	62.4	58.2	54.8	51.9	51.2	49.6
22	18:00 - 19:00	55.0	61.4	57.5	53.9	51.0	50.2	49.0
23	19:00 - 20:00	54.9	61.0	57.4	53.7	50.7	50.0	48.7
24	20:00 - 21:00	54.3	60.2	56.7	53.4	50.7	50.1	49.0
MOYENNES SUR 24 h :		**55.6**						

COMMENTAIRES : * Sources de bruit : Circulation de la route 132 et le bruit de la mer

NOMS DES OPÉRATEURS : Philippe Beaulieu

Englobe

MOYENNES DES PARAMÈTRES SONORES

N° PROJET - PHASE : 02301790.000	**PAGE :** 3	**CLIENT :** Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie
FAIT PAR : P. Beaulieu	**DATE :** 2023-12-11	**PROJET :** Étude d'impact sonore projet port de Matane
VÉRIFIÉ PAR : Y. Cordon	**DATE :** 2023-12-11	**SUJET :** Résultats des relevés sonores

POINT N° : 1		**DÉBUT :** 21:00	**DATE :** 2023-10-19
DURÉE : 9 h 00		**FIN :** 6:00	**DATE :** 2023-10-20
ADRESSE OU LOCALISATION : 1860, rue Matane-sur-mer			

Sonomètre : Larson Davis 831 C (N/S: 10583)		**Calibration début :** 93.95 dBA à 1000 Hz	
Calibrateur : Larson Davis CAL 200 (N/S: 3222)		**Vérification à la fin :** 94.00 dBA à 1000 Hz	
Pondération		**Conditions météorologiques :** Voir tableau rapport	
Temporelle	**Fréquentielle**	**Humidité relative (%) :**	
Rapide (⅛ sec.) ☑	dBA ☑	**Vents (km/h, direction) :**	
Lente (1 sec.) ☐	dB ☐	**Température (°C) :**	

MESURE N°	PÉRIODE	PARAMÈTRES SONORES (en dBA)						
		$LAeq_{1h}$	$L_{1\%\ (1h)}$	$L_{10\%\ (1h)}$	$L_{50\%\ (1h)}$	$L_{90\%\ (1h)}$	$L_{95\%\ (1h)}$	$L_{99\%\ (1h)}$
1	21:00 - 22:00	53.2	60.1	55.5	52.1	49.3	48.5	47.0
2	22:00 - 23:00	51.9	58.2	54.7	50.6	47.3	46.5	45.4
3	23:00 - 00:00	54.7	60.0	57.2	53.8	50.6	49.8	48.6
4	00:00 - 01:00	54.5	59.5	57.0	53.7	50.7	49.9	48.5
5	01:00 - 02:00	51.6	58.0	54.1	50.4	47.4	46.6	45.4
6	02:00 - 03:00	49.9	58.9	51.6	48.0	45.5	44.8	43.8
7	03:00 - 04:00	48.6	58.8	50.4	45.9	43.4	42.8	41.6
8	04:00 - 05:00	49.8	60.5	52.7	45.0	41.9	41.3	40.3
9	05:00 - 06:00	51.7	61.5	55.2	47.4	42.3	41.5	40.3
	-							
	-							
	-							
	-							
	-							
	-							
	-							
	-							
	-							
	-							
	-							
	-							
	-							
	-							
MOYENNES SUR 9 h :		**52.2**						

COMMENTAIRES : * Sources de bruit : Circulation de la route 132 et le bruit de la mer

NOMS DES OPÉRATEURS : Philippe Beaulieu

FICHE DE LOCALISATION DU RELEVÉ SONORE

N° PROJET ET PHASE : 02301790.000-0200	**PAGE :** 4	**CLIENT :**	Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie
FAIT PAR : P. Beaulieu	**DATE :** 2025-01-24	**PROJET :**	Étude d'impact sonore projet port de Matane
VÉRIFIÉ PAR : Y. Cordon	**DATE :** 2025-01-24	**SUJET :**	Résultats des relevés sonores

Point nº: P1 **Début :** 2023-10-17

Durée : S.O. **Fin** : 2023-10-20

Adresse ou : 1860, rue Matane-sur-mer, Matane

localisation 298688.8, 5410025.4 (NAD83, MTM z6)

VUE EN PLAN



VUE EN COUPE

S.O.

Englobe

MOYENNES DES PARAMÈTRES SONORES

N° PROJET - PHASE : 02301790.000	**PAGE :** 1	**CLIENT :** Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie
FAIT PAR : P. Beaulieu	**DATE :** 2023-12-11	**PROJET :** Étude d'impact sonore projet port de Matane
VÉRIFIÉ PAR : Y. Cordon	**DATE :** 2023-12-11	**SUJET :** Résultats des relevés sonores

POINT N° : P2		**DÉBUT :** 21:00	**DATE :** 2023-10-17
DURÉE : 24 h 00		**FIN :** 21:00	**DATE :** 2023-10-18
ADRESSE OU LOCALISATION : 1625, rue Matane-sur-mer			

Sonomètre : Larson Davis LXT (N/S: 1254)		**Calibration début :** 93.51 dBA à 1000 Hz	
Calibrateur : Larson Davis CAL 200 (N/S: 3222)		**Vérification à la fin :** 94.10 dBA à 1000 Hz	
Pondération		**Conditions météorologiques :** Voir tableau rapport	
Temporelle	**Fréquentielle**	**Humidité relative (%) :**	
Rapide (⅛ sec.) ☑	dBA ☑	**Vents (km/h, direction) :**	
Lente (1 sec.) ☐	dB ☐	**Température (°C) :**	

MESURE N°	PÉRIODE	PARAMÈTRES SONORES (en dBA)						
		$LAeq_{1h}$	$L_{1\% (1h)}$	$L_{10\% (1h)}$	$L_{50\% (1h)}$	$L_{90\% (1h)}$	$L_{95\% (1h)}$	$L_{99\% (1h)}$
1	21:00 - 22:00	45.7	55.0	49.3	42.3	35.5	34.8	33.9
2	22:00 - 23:00	46.8	56.9	50.9	41.2	36.9	36.4	35.4
3	23:00 - 00:00	43.8	53.7	48.0	37.7	35.8	35.4	34.9
4	00:00 - 01:00	41.1	51.8	44.8	36.0	34.8	34.6	34.2
5	01:00 - 02:00	41.2	52.0	43.8	36.9	35.5	35.2	34.8
6	02:00 - 03:00	41.4	51.8	43.3	37.5	36.3	36.1	35.7
7	03:00 - 04:00	42.9	53.4	45.8	38.4	37.1	36.8	36.4
8	04:00 - 05:00	47.7	57.2	51.6	42.8	39.2	38.7	38.1
9	05:00 - 06:00	51.4	59.0	54.7	49.3	44.7	43.6	41.3
10	06:00 - 07:00	54.3	60.9	56.9	52.4	48.4	47.4	45.3
11	07:00 - 08:00	56.2	61.9	58.7	55.3	51.7	50.7	49.1
12	08:00 - 09:00	54.7	62.3	56.9	53.0	50.4	49.8	48.9
13	09:00 - 10:00	55.2	61.4	57.3	54.4	51.9	51.3	50.1
14	10:00 - 11:00	57.9	62.1	59.6	57.4	55.9	55.6	55.0
15	11:00 - 12:00	63.4	76.6	60.1	56.8	55.2	54.9	54.2
16	12:00 - 13:00	59.2	70.9	58.4	55.9	54.3	53.8	52.8
17	13:00 - 14:00	60.4	72.0	62.5	54.7	52.3	51.8	50.8
18	14:00 - 15:00	60.6	72.7	60.7	53.9	51.1	50.4	49.4
19	15:00 - 16:00	56.8	66.6	57.9	54.3	51.7	51.1	50.1
20	16:00 - 17:00	61.7	75.0	61.7	55.2	52.2	51.5	50.3
21	17:00 - 18:00	54.9	61.7	57.4	53.4	50.1	49.3	48.0
22	18:00 - 19:00	52.8	60.1	55.5	51.4	48.0	47.1	45.8
23	19:00 - 20:00	51.8	59.0	53.9	50.7	47.7	46.8	45.0
24	20:00 - 21:00	50.7	57.6	52.8	49.2	45.4	44.6	43.5
MOYENNES SUR 24 h :		**56.3**						

COMMENTAIRES : * Sources de bruit : Circulation de la route 132 et le bruit de la mer

NOMS DES OPÉRATEURS : Philippe Beaulieu

Englobe

MOYENNES DES PARAMÈTRES SONORES

N° PROJET - PHASE : 02301790.000	**PAGE :** 2	**CLIENT :** Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie
FAIT PAR : P. Beaulieu	**DATE :** 2023-12-11	**PROJET :** Étude d'impact sonore projet port de Matane
VÉRIFIÉ PAR : Y. Cordon	**DATE :** 2023-12-11	**SUJET :** Résultats des relevés sonores

POINT N° : P2		**DÉBUT :** 21:00	**DATE :** 2023-10-18
DURÉE : 24 h 00		**FIN :** 21:00	**DATE :** 2023-10-19
ADRESSE OU LOCALISATION : 1625, rue Matane-sur-mer			

Sonomètre : Larson Davis LxT (N/S: 1254)		**Calibration début :** 93.51 dBA à 1000 Hz	
Calibrateur : Larson Davis CAL 200 (N/S: 3222)		**Vérification à la fin :** 94.10 dBA à 1000 Hz	
Pondération		**Conditions météorologiques :** Voir tableau rapport	
Temporelle	**Fréquentielle**	**Humidité relative (%) :**	
Rapide (⅛ sec.) ☑	dBA ☑	**Vents (km/h, direction) :**	
Lente (1 sec.) ☐	dB ☐	**Température (°C) :**	

MESURE N°	PÉRIODE	PARAMÈTRES SONORES (en dBA)						
		$LAeq_{1h}$	$L_{1\% (1h)}$	$L_{10\% (1h)}$	$L_{50\% (1h)}$	$L_{90\% (1h)}$	$L_{95\% (1h)}$	$L_{99\% (1h)}$
1	21:00 - 22:00	49.6	56.8	52.5	47.9	45.1	44.5	43.2
2	22:00 - 23:00	51.2	55.9	52.9	50.7	48.7	48.2	47.3
3	23:00 - 00:00	50.4	55.3	52.1	49.7	47.7	47.2	46.3
4	00:00 - 01:00	49.8	53.8	51.8	49.4	47.1	46.7	45.9
5	01:00 - 02:00	49.1	53.4	51.1	48.7	46.4	45.8	44.9
6	02:00 - 03:00	46.4	53.4	49.2	44.8	41.4	40.8	39.8
7	03:00 - 04:00	43.4	50.4	45.3	42.3	40.3	39.8	39.0
8	04:00 - 05:00	46.6	54.6	49.6	44.4	41.5	40.8	39.7
9	05:00 - 06:00	50.3	57.5	53.1	48.8	45.3	44.6	43.6
10	06:00 - 07:00	52.8	60.4	55.4	51.4	47.9	47.1	45.7
11	07:00 - 08:00	54.0	60.2	56.4	52.9	49.8	48.9	47.5
12	08:00 - 09:00	54.0	61.1	56.1	52.7	50.1	49.5	48.5
13	09:00 - 10:00	53.9	59.7	56.0	53.0	50.9	50.3	49.3
14	10:00 - 11:00	60.1	71.4	62.9	54.8	52.4	51.8	51.0
15	11:00 - 12:00	54.9	61.2	56.7	53.8	51.8	51.1	50.0
16	12:00 - 13:00	58.2	70.7	57.5	53.8	51.3	50.7	49.8
17	13:00 - 14:00	54.7	60.5	57.0	53.8	51.2	50.5	49.3
18	14:00 - 15:00	56.9	64.7	58.8	55.0	52.3	51.6	50.2
19	15:00 - 16:00	60.8	71.3	61.6	55.4	52.1	51.2	49.6
20	16:00 - 17:00	62.8	76.6	62.4	55.3	52.4	51.6	50.4
21	17:00 - 18:00	55.4	61.0	57.8	54.5	51.4	50.6	49.4
22	18:00 - 19:00	54.2	59.5	56.7	53.5	49.9	49.0	47.4
23	19:00 - 20:00	52.3	58.2	54.7	51.4	48.7	48.1	46.8
24	20:00 - 21:00	52.5	57.9	54.4	51.8	49.6	49.1	48.1
MOYENNES SUR 24 h :		**55.5**						

COMMENTAIRES : * Sources de bruit : Circulation de la route 132 et le bruit de la mer

NOMS DES OPÉRATEURS : Philippe Beaulieu

Englobe

MOYENNES DES PARAMÈTRES SONORES

N° PROJET - PHASE : 02301790.000	**PAGE :** 3	**CLIENT :** Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie
FAIT PAR : P. Beaulieu	**DATE :** 2023-12-11	**PROJET :** Étude d'impact sonore projet port de Matane
VÉRIFIÉ PAR : Y. Cordon	**DATE :** 2023-12-11	**SUJET :** Résultats des relevés sonores

POINT N° : P2		**DÉBUT :** 21:00	**DATE :** 2023-10-19
DURÉE : 15 h 00		**FIN :** 12:00	**DATE :** 2023-10-20
ADRESSE OU LOCALISATION : 1625, rue Matane-sur-mer			

Sonomètre : Larson Davis LxT (N/S: 1254)		**Calibration début :** 93.51 dBA à 1000 Hz	
Calibrateur : Larson Davis CAL 200 (N/S: 3222)		**Vérification à la fin :** 94.10 dBA à 1000 Hz	
Pondération		**Conditions météorologiques :** Voir tableau rapport	
Temporelle	**Fréquentielle**	**Humidité relative (%) :**	
Rapide (⅛ sec.) ☑	dBA ☑	**Vents (km/h, direction) :**	
Lente (1 sec.) ☐	dB ☐	**Température (°C) :**	

MESURE N°	PÉRIODE	PARAMÈTRES SONORES (en dBA)						
		$LAeq_{1h}$	$L_{1\% (1h)}$	$L_{10\% (1h)}$	$L_{50\% (1h)}$	$L_{90\% (1h)}$	$L_{95\% (1h)}$	$L_{99\% (1h)}$
1	21:00 - 22:00	52.5	57.1	54.6	52.0	49.6	49.1	48.0
2	22:00 - 23:00	51.5	55.7	53.6	51.1	48.0	47.2	45.8
3	23:00 - 00:00	52.3	56.7	54.0	51.9	50.1	49.7	48.9
4	00:00 - 01:00	50.1	54.1	52.1	49.5	47.1	46.6	45.9
5	01:00 - 02:00	48.9	53.8	50.3	48.5	46.8	46.3	45.4
6	02:00 - 03:00	46.8	52.8	48.8	46.1	43.1	42.4	41.1
7	03:00 - 04:00	45.4	54.2	47.7	43.3	40.7	40.1	39.1
8	04:00 - 05:00	47.8	56.8	50.7	44.6	41.2	40.6	39.7
9	05:00 - 06:00	49.7	57.5	53.0	47.8	43.4	42.4	41.2
10	06:00 - 07:00	53.7	61.2	56.4	52.0	47.9	46.9	45.1
11	07:00 - 08:00	55.2	61.3	57.7	53.8	50.3	49.5	48.2
12	08:00 - 09:00	55.5	67.1	57.0	52.4	48.8	47.9	46.1
13	09:00 - 10:00	52.7	59.1	55.4	51.2	47.1	46.1	44.6
14	10:00 - 11:00	54.7	60.8	55.4	51.6	47.6	46.6	45.1
15	11:00 - 12:00	51.7	58.1	54.5	50.5	46.3	45.2	43.4
	-							
	-							
	-							
	-							
	-							
	-							
	-							
	-							
	-							
MOYENNES SUR 15 h :		**52.1**						

COMMENTAIRES : * Sources de bruit : Circulation de la route 132 et le bruit de la mer

NOMS DES OPÉRATEURS : Philippe Beaulieu

FICHE DE LOCALISATION DU RELEVÉ SONORE

N° PROJET ET PHASE : 02301790.000-0200	**PAGE :** 4	**CLIENT :**	Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie
FAIT PAR : P. Beaulieu	**DATE :** 2025-01-24	**PROJET :**	Étude d'impact sonore projet port de Matane
VÉRIFIÉ PAR : Y. Cordon	**DATE :** 2025-01-24	**SUJET :**	Résultats des relevés sonores

Point nº: P2 **Début :** 2023-10-17

Durée : S.O. **Fin** : 2023-10-20

Adresse ou : 1625, rue Matane-sur-mer, Matane

localisation 299333.4, 5410760.3 (NAD83, MTM z6)

VUE EN PLAN



VUE EN COUPE

S.O.

Englobe

MOYENNES DES PARAMÈTRES SONORES

N° PROJET - PHASE : 02301790.000	**PAGE :** 1	**CLIENT :** Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie
FAIT PAR : P. Beaulieu	**DATE :** 2023-12-11	**PROJET :** Étude d'impact sonore projet port de Matane
VÉRIFIÉ PAR : Y. Cordon	**DATE :** 2023-12-11	**SUJET :** Résultats des relevés sonores

POINT N° : P3		**DÉBUT :** 21:00	**DATE :** 2023-10-17
DURÉE : 24 h 00		**FIN :** 21:00	**DATE :** 2023-10-18
ADRESSE OU LOCALISATION : 1541, rue Matane-sur-mer			

Sonomètre : Larson Davis 831 (N/S: 1051)		**Calibration début :** 94.03 dBA à 1000 Hz	
Calibrateur : Larson Davis CAL 200 (N/S: 3222)		**Vérification à la fin :** 93.83 dBA à 1000 Hz	
Pondération		**Conditions météorologiques :** Voir tableau rapport	
Temporelle	**Fréquentielle**	**Humidité relative (%) :**	
Rapide (⅛ sec.) ☑	dBA ☑	**Vents (km/h, direction) :**	
Lente (1 sec.) ☐	dB ☐	**Température (°C) :**	

MESURE N°	PÉRIODE	PARAMÈTRES SONORES (en dBA)						
		$LAeq_{1h}$	$L_{1\%\ (1h)}$	$L_{10\%\ (1h)}$	$L_{50\%\ (1h)}$	$L_{90\%\ (1h)}$	$L_{95\%\ (1h)}$	$L_{99\%\ (1h)}$
1	21:00 - 22:00	42.9	50.6	46.0	40.5	37.2	36.8	36.1
2	22:00 - 23:00	43.6	52.4	46.7	40.2	37.3	36.9	36.4
3	23:00 - 00:00	42.0	51.1	45.4	38.4	36.8	36.6	36.1
4	00:00 - 01:00	40.7	50.3	43.2	37.7	36.4	36.1	35.6
5	01:00 - 02:00	40.4	49.3	42.2	38.2	36.9	36.6	36.1
6	02:00 - 03:00	40.8	50.1	41.9	38.9	37.7	37.5	37.0
7	03:00 - 04:00	42.2	51.3	44.4	39.8	38.3	38.0	37.5
8	04:00 - 05:00	49.2	59.3	49.8	42.1	39.5	39.2	38.6
9	05:00 - 06:00	50.1	57.4	52.7	47.7	43.5	42.7	41.6
10	06:00 - 07:00	52.3	59.1	55.0	51.0	47.2	46.3	44.3
11	07:00 - 08:00	53.8	59.4	56.1	53.0	50.1	49.4	48.0
12	08:00 - 09:00	51.5	58.9	53.9	50.1	47.4	46.9	45.9
13	09:00 - 10:00	52.5	60.7	55.0	50.3	48.0	47.4	46.6
14	10:00 - 11:00	53.1	60.7	54.6	51.9	50.6	50.3	49.7
15	11:00 - 12:00	55.8	66.7	56.1	51.4	50.0	49.6	48.9
16	12:00 - 13:00	60.2	72.3	63.1	51.5	48.9	48.5	47.7
17	13:00 - 14:00	63.0	74.3	66.8	53.6	48.6	48.0	46.9
18	14:00 - 15:00	62.1	73.9	65.7	52.3	48.3	47.5	46.2
19	15:00 - 16:00	56.1	64.9	57.9	53.8	49.0	48.4	47.2
20	16:00 - 17:00	61.7	72.8	64.0	55.6	51.7	50.8	49.6
21	17:00 - 18:00	56.6	68.2	57.1	51.7	47.8	46.9	45.3
22	18:00 - 19:00	50.7	59.8	52.7	48.7	45.6	44.8	43.4
23	19:00 - 20:00	49.5	59.3	51.0	47.3	44.7	44.1	42.8
24	20:00 - 21:00	49.1	57.0	50.3	46.8	43.9	43.2	42.1
MOYENNES SUR 24 h :		**55.7**						

COMMENTAIRES : * Sources de bruit : Circulation de la route 132, le bruit de la mer, port

NOMS DES OPÉRATEURS : Philippe Beaulieu

Englobe

MOYENNES DES PARAMÈTRES SONORES

N° PROJET - PHASE : 02301790.000	**PAGE :** 2	**CLIENT :** Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie
FAIT PAR : P. Beaulieu	**DATE :** 2023-12-11	**PROJET :** Étude d'impact sonore projet port de Matane
VÉRIFIÉ PAR : Y. Cordon	**DATE :** 2023-12-11	**SUJET :** Résultats des relevés sonores

POINT N° : P3		**DÉBUT :** 21:00	**DATE :** 2023-10-18
DURÉE : 24 h 00		**FIN :** 21:00	**DATE :** 2023-10-19
ADRESSE OU LOCALISATION : 1541, rue Matane-sur-mer			

Sonomètre : Larson Davis 831 (N/S: 1051)		**Calibration début :** 93.97 dBA à 1000 Hz	
Calibrateur : Larson Davis CAL 200 (N/S: 3222)		**Vérification à la fin :** 94.83 dBA à 1000 Hz	
Pondération		**Conditions météorologiques :** Voir tableau rapport	
Temporelle	**Fréquentielle**	**Humidité relative (%) :**	
Rapide (⅛ sec.) ☑	dBA ☑	**Vents (km/h, direction) :**	
Lente (1 sec.) ☐	dB ☐	**Température (°C) :**	

MESURE N°	PÉRIODE	PARAMÈTRES SONORES (en dBA)						
		$LAeq_{1h}$	$L_{1\% (1h)}$	$L_{10\% (1h)}$	$L_{50\% (1h)}$	$L_{90\% (1h)}$	$L_{95\% (1h)}$	$L_{99\% (1h)}$
1	21:00 - 22:00	48.7	56.5	52.1	46.2	43.5	42.9	41.9
2	22:00 - 23:00	47.8	52.4	49.5	47.2	45.3	44.9	43.9
3	23:00 - 00:00	46.6	51.9	48.6	45.8	43.6	43.0	42.1
4	00:00 - 01:00	45.6	50.0	47.4	45.0	43.0	42.5	41.8
5	01:00 - 02:00	45.4	50.0	47.2	44.9	42.9	42.5	41.7
6	02:00 - 03:00	43.7	50.4	46.3	42.3	39.7	39.2	38.3
7	03:00 - 04:00	41.1	46.8	42.6	40.3	38.7	38.4	37.7
8	04:00 - 05:00	43.9	52.1	46.6	41.7	39.4	38.9	38.2
9	05:00 - 06:00	48.7	55.8	51.3	46.4	43.1	42.4	41.3
10	06:00 - 07:00	50.9	59.0	53.3	49.3	46.1	45.4	44.0
11	07:00 - 08:00	51.7	58.5	54.3	50.3	47.7	47.1	45.3
12	08:00 - 09:00	52.5	60.3	54.5	51.0	48.4	47.9	47.1
13	09:00 - 10:00	52.6	59.3	55.1	50.7	47.9	47.3	46.3
14	10:00 - 11:00	58.4	69.1	61.2	52.5	49.0	48.3	47.1
15	11:00 - 12:00	55.4	61.9	55.8	51.2	48.5	47.9	46.9
16	12:00 - 13:00	57.1	68.7	58.6	51.0	47.9	47.2	46.1
17	13:00 - 14:00	53.6	60.9	55.8	52.3	49.1	48.3	47.1
18	14:00 - 15:00	63.5	74.0	67.3	55.8	51.5	50.7	49.6
19	15:00 - 16:00	63.4	74.2	67.4	53.4	49.2	48.5	47.3
20	16:00 - 17:00	60.2	72.2	63.8	52.9	49.9	49.2	47.9
21	17:00 - 18:00	52.6	60.2	55.0	51.1	48.4	47.7	46.7
22	18:00 - 19:00	51.5	57.9	53.7	50.6	47.9	47.0	45.6
23	19:00 - 20:00	50.9	59.0	52.6	48.8	46.2	45.5	44.4
24	20:00 - 21:00	49.8	55.7	51.7	49.0	46.8	46.2	45.1
MOYENNES SUR 24 h :		**55.6**						

COMMENTAIRES : * Sources de bruit : Circulation de la route 132, le bruit de la mer, port

NOMS DES OPÉRATEURS : Philippe Beaulieu

Englobe

MOYENNES DES PARAMÈTRES SONORES

N° PROJET - PHASE : 02301790.000	**PAGE :** 3	**CLIENT :** Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie
FAIT PAR : P. Beaulieu	**DATE :** 2023-12-11	**PROJET :** Étude d'impact sonore projet port de Matane
VÉRIFIÉ PAR : Y. Cordon	**DATE :** 2023-12-11	**SUJET :** Résultats des relevés sonores

POINT N° : P3		**DÉBUT :** 21:00	**DATE :** 2023-10-19
DURÉE : 15 h 00		**FIN :** 12:00	**DATE :** 2023-10-20
ADRESSE OU LOCALISATION : 1541, rue Matane-sur-mer			

Sonomètre : Larson Davis 831 (N/S: 1051)		**Calibration début :** 94.03 dBA à 1000 Hz	
Calibrateur : Larson Davis CAL 200 (N/S: 3222)		**Vérification à la fin :** 93.83 dBA à 1000 Hz	
Pondération		**Conditions météorologiques :** Voir tableau rapport	
Temporelle	**Fréquentielle**	**Humidité relative (%) :**	
Rapide (⅛ sec.) ☑	dBA ☑	**Vents (km/h, direction) :**	
Lente (1 sec.) ☐	dB ☐	**Température (°C) :**	

MESURE N°	PÉRIODE	PARAMÈTRES SONORES (en dBA)						
		$LAeq_{1h}$	$L_{1\% (1h)}$	$L_{10\% (1h)}$	$L_{50\% (1h)}$	$L_{90\% (1h)}$	$L_{95\% (1h)}$	$L_{99\% (1h)}$
1	21:00 - 22:00	49.5	56.1	51.5	48.6	46.3	45.7	44.6
2	22:00 - 23:00	47.9	53.2	50.0	47.3	44.6	43.9	42.8
3	23:00 - 00:00	48.2	52.5	49.8	47.3	45.4	44.9	44.1
4	00:00 - 01:00	45.6	50.2	47.4	45.0	42.9	42.4	41.5
5	01:00 - 02:00	45.2	50.6	46.5	44.6	43.3	42.9	42.4
6	02:00 - 03:00	44.0	50.4	45.7	43.2	40.9	40.3	39.4
7	03:00 - 04:00	42.9	51.3	44.9	41.1	38.9	38.3	37.5
8	04:00 - 05:00	45.5	54.5	48.0	41.8	38.4	37.9	37.2
9	05:00 - 06:00	51.8	60.2	57.7	45.9	41.4	40.4	39.2
10	06:00 - 07:00	52.9	59.9	57.2	50.5	46.7	45.8	44.0
11	07:00 - 08:00	53.6	59.4	56.0	52.5	49.2	48.1	46.6
12	08:00 - 09:00	59.2	70.1	58.1	53.1	49.1	48.1	46.6
13	09:00 - 10:00	58.9	67.8	61.0	55.0	49.0	47.6	45.5
14	10:00 - 11:00	61.7	69.2	64.9	59.1	50.7	49.3	47.5
15	11:00 - 12:00	59.8	65.9	63.3	58.6	51.3	48.8	46.1
	-							
	-							
	-							
	-							
	-							
	-							
	-							
	-							
	-							
MOYENNES SUR 15 h :		**55.2**						

COMMENTAIRES : * Sources de bruit : Circulation de la route 132, le bruit de la mer, port

NOMS DES OPÉRATEURS : Philippe Beaulieu

FICHE DE LOCALISATION DU RELEVÉ SONORE

N° PROJET ET PHASE : 02301790.000-0200	**PAGE :** 4	**CLIENT :**	Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie
		PROJET :	Étude d'impact sonore projet port de Matane
FAIT PAR : P. Beaulieu	**DATE :** 2025-01-24	**SUJET :**	Résultats des relevés sonores
VÉRIFIÉ PAR : Y. Cordon	**DATE :** 2025-01-24		

Point nº: P3 **Début :** 2023-10-17

Durée : S.O. **Fin** : 2023-10-20

Adresse ou : 1541, rue Matane-sur-mer

localisation 299420.4, 5410886.6 (NAD83, MTM z6)

VUE EN PLAN



VUE EN COUPE

S.O.

Englobe

MOYENNES DES PARAMÈTRES SONORES

N° PROJET - PHASE : 02301790.000	**PAGE :** 1	**CLIENT :** Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie
FAIT PAR : P. Beaulieu	**DATE :** 2023-12-11	**PROJET :** Étude d'impact sonore projet port de Matane
VÉRIFIÉ PAR : Y. Cordon	**DATE :** 2023-12-11	**SUJET :** Résultats des relevés sonores

POINT N° : P4		**DÉBUT :** 21:00	**DATE :** 2023-10-17
DURÉE : 24 h 00		**FIN :** 21:00	**DATE :** 2023-10-18
ADRESSE OU LOCALISATION : 1433, rue Matane-sur-mer			

Sonomètre : Larson Davis 831 C (N/S: 10564)		**Calibration début :** 94.04 dBA à 1000 Hz	
Calibrateur : Larson Davis CAL 200 (N/S: 3222)		**Vérification à la fin :** 94.15 dBA à 1000 Hz	
Pondération		**Conditions météorologiques :** Voir tableau rapport	
Temporelle	**Fréquentielle**	**Humidité relative (%) :**	
Rapide (⅛ sec.) ☑	dBA ☑	**Vents (km/h, direction) :**	
Lente (1 sec.) ☐	dB ☐	**Température (°C) :**	

MESURE N°	PÉRIODE	PARAMÈTRES SONORES (en dBA)						
		$LAeq_{1h}$	$L_{1\% (1h)}$	$L_{10\% (1h)}$	$L_{50\% (1h)}$	$L_{90\% (1h)}$	$L_{95\% (1h)}$	$L_{99\% (1h)}$
1	21:00 - 22:00	41.2	51.1	43.7	38.2	34.5	33.9	32.9
2	22:00 - 23:00	42.7	51.5	46.3	39.0	36.2	35.8	35.0
3	23:00 - 00:00	41.8	50.5	44.8	38.9	37.1	36.8	36.3
4	00:00 - 01:00	40.4	50.3	42.9	37.7	35.9	35.6	35.0
5	01:00 - 02:00	40.1	48.8	41.9	38.2	36.8	36.5	36.0
6	02:00 - 03:00	43.2	53.8	42.3	39.2	37.9	37.6	37.1
7	03:00 - 04:00	42.1	52.3	43.5	39.3	37.9	37.6	37.1
8	04:00 - 05:00	45.4	55.5	48.7	41.5	38.4	37.9	37.0
9	05:00 - 06:00	49.1	57.1	52.0	46.8	42.9	42.0	40.9
10	06:00 - 07:00	54.2	61.7	56.8	52.2	48.6	47.8	46.5
11	07:00 - 08:00	54.0	59.2	56.4	53.2	50.4	49.8	48.9
12	08:00 - 09:00	53.3	60.1	55.7	52.3	48.7	48.0	46.5
13	09:00 - 10:00	51.7	58.8	54.5	50.0	46.1	45.2	43.9
14	10:00 - 11:00	53.6	60.5	56.1	52.3	49.1	48.3	47.0
15	11:00 - 12:00	53.4	61.6	56.1	51.5	48.5	47.8	46.3
16	12:00 - 13:00	61.1	71.1	64.9	56.4	49.1	47.9	46.3
17	13:00 - 14:00	59.3	68.3	62.7	55.4	49.9	49.0	47.2
18	14:00 - 15:00	56.5	66.3	59.4	51.9	47.8	46.9	45.5
19	15:00 - 16:00	53.9	62.0	54.5	50.6	47.4	46.6	45.2
20	16:00 - 17:00	54.7	63.2	56.8	52.4	48.9	48.0	46.2
21	17:00 - 18:00	53.0	60.0	55.4	51.1	46.8	45.8	44.1
22	18:00 - 19:00	50.2	58.0	52.9	48.5	44.0	42.7	40.6
23	19:00 - 20:00	53.1	63.9	55.8	48.7	43.5	42.8	41.9
24	20:00 - 21:00	48.1	57.3	51.0	45.4	41.7	41.2	40.5
MOYENNES SUR 24 h :		**53.4**						

COMMENTAIRES : * Sources de bruit : Circulation de la route 132, le bruit de la mer, port

NOMS DES OPÉRATEURS : Philippe Beaulieu

Englobe

MOYENNES DES PARAMÈTRES SONORES

N° PROJET - PHASE : 02301790.000	**PAGE :** 2	**CLIENT :** Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie
FAIT PAR : P. Beaulieu	**DATE :** 2023-12-11	**PROJET :** Étude d'impact sonore projet port de Matane
VÉRIFIÉ PAR : Y. Cordon	**DATE :** 2023-12-11	**SUJET :** Résultats des relevés sonores

POINT N° : P4		**DÉBUT :** 21:00	**DATE :** 2023-10-18
DURÉE : 24 h 00		**FIN :** 21:00	**DATE :** 2023-10-19
ADRESSE OU LOCALISATION : 1433, rue Matane-sur-mer			

Sonomètre : Larson Davis 831 C (N/S: 10564)		**Calibration début :** 94.04 dBA à 1000 Hz	
Calibrateur : Larson Davis CAL 200 (N/S: 3222)		**Vérification à la fin :** 94.15 dBA à 1000 Hz	
Pondération		**Conditions météorologiques :** Voir tableau rapport	
Temporelle	**Fréquentielle**	**Humidité relative (%) :**	
Rapide (⅛ sec.) ☑	dBA ☑	**Vents (km/h, direction) :**	
Lente (1 sec.) ☐	dB ☐	**Température (°C) :**	

MESURE N°	PÉRIODE	PARAMÈTRES SONORES (en dBA)						
		$LAeq_{1h}$	$L_{1\% (1h)}$	$L_{10\% (1h)}$	$L_{50\% (1h)}$	$L_{90\% (1h)}$	$L_{95\% (1h)}$	$L_{99\% (1h)}$
1	21:00 - 22:00	47.5	57.4	50.0	44.0	40.1	39.5	38.7
2	22:00 - 23:00	44.4	53.3	47.1	41.9	39.5	39.0	38.3
3	23:00 - 00:00	43.7	53.7	46.7	39.9	37.9	37.5	36.8
4	00:00 - 01:00	42.1	51.1	44.6	39.6	37.9	37.5	36.9
5	01:00 - 02:00	42.7	49.9	44.2	41.6	39.5	38.9	38.1
6	02:00 - 03:00	43.5	52.2	44.7	41.8	40.1	39.6	38.7
7	03:00 - 04:00	42.2	50.2	43.7	41.0	39.3	38.9	38.1
8	04:00 - 05:00	44.4	53.9	47.7	41.1	38.5	38.0	37.3
9	05:00 - 06:00	49.8	58.4	52.5	47.2	42.4	41.2	39.9
10	06:00 - 07:00	53.4	62.2	55.8	51.0	47.1	46.1	44.1
11	07:00 - 08:00	53.4	59.2	56.0	52.5	49.3	48.4	46.5
12	08:00 - 09:00	53.4	60.0	56.4	52.1	48.8	47.9	46.6
13	09:00 - 10:00	52.6	59.1	55.1	51.3	48.5	47.8	46.8
14	10:00 - 11:00	55.5	64.1	58.4	52.2	48.2	47.3	45.7
15	11:00 - 12:00	57.9	66.3	56.4	52.1	48.8	48.0	46.7
16	12:00 - 13:00	53.5	61.3	56.5	51.8	46.5	45.3	43.0
17	13:00 - 14:00	55.6	63.4	58.5	53.7	50.0	49.0	47.1
18	14:00 - 15:00	59.2	68.3	63.2	55.8	51.4	50.5	48.8
19	15:00 - 16:00	58.3	67.3	61.3	55.3	51.2	50.3	48.4
20	16:00 - 17:00	54.4	61.0	57.5	52.9	48.9	47.7	45.6
21	17:00 - 18:00	52.5	58.8	55.6	51.2	47.5	46.4	44.4
22	18:00 - 19:00	51.0	59.9	53.6	48.8	44.4	43.5	42.0
23	19:00 - 20:00	53.3	62.3	55.6	50.1	44.2	43.0	41.4
24	20:00 - 21:00	51.1	57.9	53.2	49.6	47.5	47.1	46.4
MOYENNES SUR 24 h :		**53.3**						

COMMENTAIRES : * Sources de bruit : Circulation de la route 132, le bruit de la mer, port

NOMS DES OPÉRATEURS : Philippe Beaulieu

Englobe

MOYENNES DES PARAMÈTRES SONORES

N° PROJET - PHASE : 02301790.000	**PAGE :** 3	**CLIENT :** Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie
FAIT PAR : P. Beaulieu	**DATE :** 2023-12-11	**PROJET :** Étude d'impact sonore projet port de Matane
VÉRIFIÉ PAR : Y. Cordon	**DATE :** 2023-12-11	**SUJET :** Résultats des relevés sonores

POINT N° : P4		**DÉBUT :** 21:00	**DATE :** 2023-10-19
DURÉE : 15 h 00		**FIN :** 12:00	**DATE :** 2023-10-20
ADRESSE OU LOCALISATION : 1433, rue Matane-sur-mer			

Sonomètre : Larson Davis 831 C (N/S: 10564)		**Calibration début :** 94.04 dBA à 1000 Hz	
Calibrateur : Larson Davis CAL 200 (N/S: 3222)		**Vérification à la fin :** 94.15 dBA à 1000 Hz	
Pondération		**Conditions météorologiques :** Voir tableau rapport	
Temporelle	**Fréquentielle**	**Humidité relative (%) :**	
Rapide (⅛ sec.) ☑	dBA ☑	**Vents (km/h, direction) :**	
Lente (1 sec.) ☐	dB ☐	**Température (°C) :**	

MESURE N°	PÉRIODE	PARAMÈTRES SONORES (en dBA)						
		$LAeq_{1h}$	$L_{1\% (1h)}$	$L_{10\% (1h)}$	$L_{50\% (1h)}$	$L_{90\% (1h)}$	$L_{95\% (1h)}$	$L_{99\% (1h)}$
1	21:00 - 22:00	49.5	55.9	51.5	48.5	46.9	46.5	45.9
2	22:00 - 23:00	49.0	54.7	50.6	48.2	46.6	46.2	45.4
3	23:00 - 00:00	47.9	56.6	50.3	46.5	40.1	39.3	38.4
4	00:00 - 01:00	43.8	49.7	46.0	43.7	39.1	38.6	37.7
5	01:00 - 02:00	42.6	50.9	44.2	41.2	39.7	39.4	38.8
6	02:00 - 03:00	42.5	51.7	43.6	40.9	38.9	38.5	37.8
7	03:00 - 04:00	43.2	53.4	45.1	40.4	38.5	38.1	37.3
8	04:00 - 05:00	45.2	54.9	47.9	42.2	39.9	39.4	38.5
9	05:00 - 06:00	49.5	58.1	52.7	47.0	42.4	41.6	40.2
10	06:00 - 07:00	53.8	61.2	57.1	52.0	46.5	45.4	43.8
11	07:00 - 08:00	55.0	62.2	57.8	53.4	49.5	48.4	47.0
12	08:00 - 09:00	53.4	61.1	56.3	51.5	47.7	47.0	45.8
13	09:00 - 10:00	56.8	66.7	59.1	53.4	49.4	48.4	46.9
14	10:00 - 11:00	58.8	63.5	56.2	51.9	48.1	47.1	45.6
15	11:00 - 12:00	51.9	59.2	54.6	50.3	46.6	45.6	43.9
	-							
	-							
	-							
	-							
	-							
	-							
	-							
	-							
	-							
MOYENNES SUR 15 h :		**52.4**						

COMMENTAIRES : * Sources de bruit : Circulation de la route 132, le bruit de la mer, port

NOMS DES OPÉRATEURS : Philippe Beaulieu

FICHE DE LOCALISATION DU RELEVÉ SONORE

N° PROJET ET PHASE : 02301790.000-0200	**PAGE :** 4	**CLIENT :**	Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie
FAIT PAR : P. Beaulieu	**DATE :** 2025-01-24	**PROJET :**	Étude d'impact sonore projet port de Matane
VÉRIFIÉ PAR : Y. Cordon	**DATE :** 2025-01-24	**SUJET :**	Résultats des relevés sonores

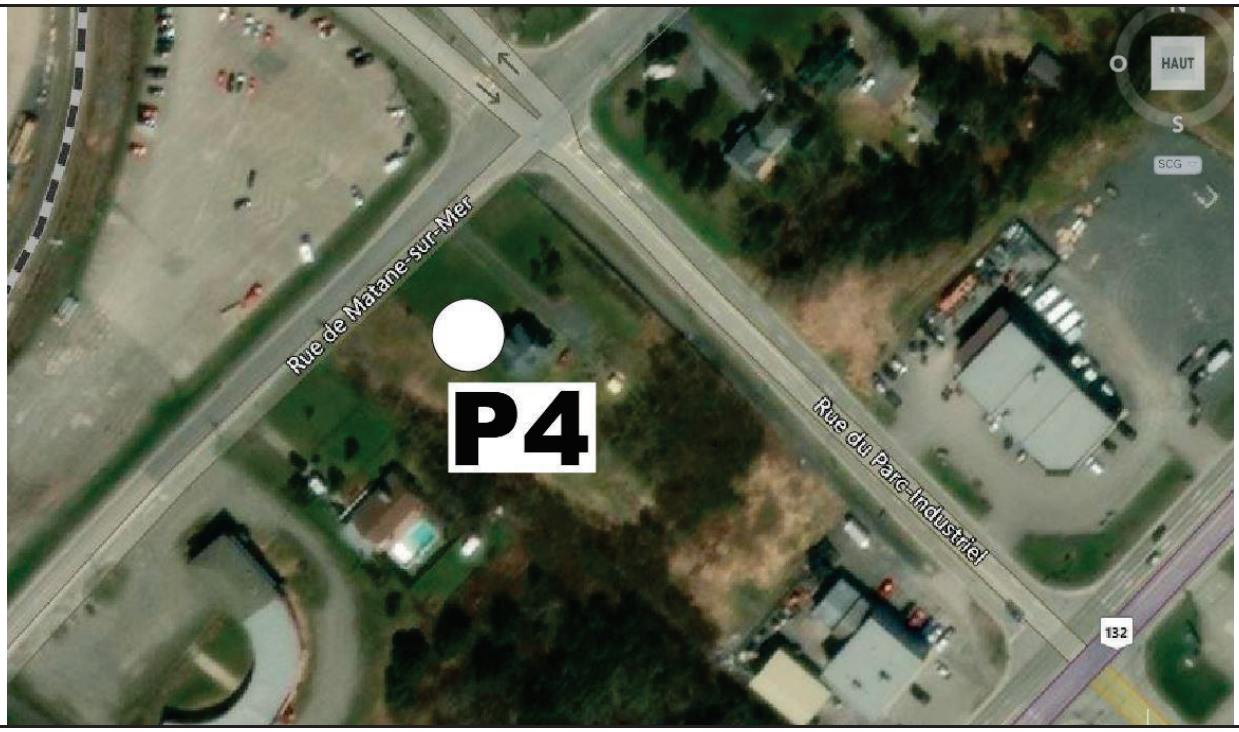
Point nº: P4 **Début :** 2023-10-17

Durée : S.O. **Fin** : 2023-10-20

Adresse ou : 1433, rue Matane-sur-mer, Matane

localisation 299775.6, 5411344.4 (NAD83, MTM z6)

VUE EN PLAN



VUE EN COUPE

S.O.

Englobe

MOYENNES DES PARAMÈTRES SONORES

N° PROJET - PHASE : 02301790.000	**PAGE :** 1	**CLIENT :** Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie
FAIT PAR : P. Beaulieu	**DATE :** 2023-12-11	**PROJET :** Étude d'impact sonore projet port de Matane
VÉRIFIÉ PAR : Y. Cordon	**DATE :** 2023-12-11	**SUJET :** Résultats des relevés sonores

POINT N° : P5		**DÉBUT :** 21:00	**DATE :** 2023-10-17
DURÉE : 24 h 00		**FIN :** 21:00	**DATE :** 2023-10-18
ADRESSE OU LOCALISATION : 1340, rue Matane-sur-mer			

Sonomètre : Larson Davis 831 C (N/S: 10585)		**Calibration début :** 94.03 dBA à 1000 Hz	
Calibrateur : Larson Davis CAL 200 (N/S: 3222)		**Vérification à la fin :** 94.18 dBA à 1000 Hz	
Pondération		**Conditions météorologiques :** Voir tableau rapport	
Temporelle	**Fréquentielle**	**Humidité relative (%) :**	
Rapide (⅛ sec.) ☑	dBA ☑	**Vents (km/h, direction) :**	
Lente (1 sec.) ☐	dB ☐	**Température (°C) :**	

MESURE N°	PÉRIODE	PARAMÈTRES SONORES (en dBA)						
		$LAeq_{1h}$	$L_{1\% (1h)}$	$L_{10\% (1h)}$	$L_{50\% (1h)}$	$L_{90\% (1h)}$	$L_{95\% (1h)}$	$L_{99\% (1h)}$
1	21:00 - 22:00	38.3	44.7	40.9	37.0	34.4	33.5	32.5
2	22:00 - 23:00	40.8	48.2	43.7	38.9	36.4	35.8	34.8
3	23:00 - 00:00	40.2	47.3	42.7	38.8	36.3	35.8	35.1
4	00:00 - 01:00	38.9	47.1	41.4	36.9	35.0	34.6	34.0
5	01:00 - 02:00	39.3	47.1	41.9	37.5	35.8	35.4	34.6
6	02:00 - 03:00	40.8	48.9	42.8	39.2	37.1	36.6	36.0
7	03:00 - 04:00	41.3	50.9	43.3	38.1	36.4	36.1	35.6
8	04:00 - 05:00	43.2	52.3	46.3	40.5	37.1	36.7	36.0
9	05:00 - 06:00	46.4	53.8	49.2	44.8	41.1	40.3	39.2
10	06:00 - 07:00	49.4	54.7	51.9	48.6	45.2	44.3	42.1
11	07:00 - 08:00	51.0	55.7	53.1	50.2	47.6	47.0	45.9
12	08:00 - 09:00	51.9	62.7	53.3	48.3	45.0	44.3	43.1
13	09:00 - 10:00	48.7	58.8	50.0	45.6	42.3	41.6	40.7
14	10:00 - 11:00	50.0	56.3	51.9	48.6	45.8	45.1	44.1
15	11:00 - 12:00	46.3	51.9	47.9	45.7	44.0	43.6	42.7
16	12:00 - 13:00	52.1	62.1	55.2	48.5	44.3	43.7	42.8
17	13:00 - 14:00	51.2	60.6	53.9	48.4	44.9	44.1	42.9
18	14:00 - 15:00	50.6	57.7	52.3	47.3	43.8	43.0	41.8
19	15:00 - 16:00	52.4	65.2	52.3	48.3	45.0	44.3	43.0
20	16:00 - 17:00	51.3	63.1	50.9	47.5	45.1	44.5	43.5
21	17:00 - 18:00	47.5	52.6	49.9	46.8	43.8	43.0	42.0
22	18:00 - 19:00	46.4	51.6	48.7	45.7	42.9	42.1	40.5
23	19:00 - 20:00	47.5	52.9	49.9	46.6	43.6	42.9	41.5
24	20:00 - 21:00	45.3	50.8	47.7	44.4	41.6	41.0	39.9
MOYENNES SUR 24 h :		**48.3**						

COMMENTAIRES : * Sources de bruit : Circulation de la route 132, bruit de la mer, port

NOMS DES OPÉRATEURS : Philippe Beaulieu

Englobe

MOYENNES DES PARAMÈTRES SONORES

N° PROJET - PHASE : 02301790.000	**PAGE :** 2	**CLIENT :** Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie
FAIT PAR : P. Beaulieu	**DATE :** 2023-12-11	**PROJET :** Étude d'impact sonore projet port de Matane
VÉRIFIÉ PAR : Y. Cordon	**DATE :** 2023-12-11	**SUJET :** Résultats des relevés sonores

POINT N° : P5		**DÉBUT :** 21:00	**DATE :** 2023-10-18
DURÉE : 11 h 00		**FIN :** 8:00	**DATE :** 2023-10-19
ADRESSE OU LOCALISATION : 1340, rue Matane-sur-mer			

Sonomètre : Larson Davis 831 C (N/S: 10585)		**Calibration début :** 94.00 dBA à 1000 Hz	
Calibrateur : Larson Davis CAL 200 (N/S: 3222)		**Vérification à la fin :** 94.00 dBA à 1000 Hz	
Pondération		**Conditions météorologiques :** Voir tableau rapport	
Temporelle	**Fréquentielle**	**Humidité relative (%) :**	
Rapide (⅛ sec.) ☑	dBA ☑	**Vents (km/h, direction) :**	
Lente (1 sec.) ☐	dB ☐	**Température (°C) :**	

MESURE N°	PÉRIODE	PARAMÈTRES SONORES (en dBA)						
		$LAeq_{1h}$	$L_{1\%\ (1h)}$	$L_{10\%\ (1h)}$	$L_{50\%\ (1h)}$	$L_{90\%\ (1h)}$	$L_{95\%\ (1h)}$	$L_{99\%\ (1h)}$
1	21:00 - 22:00	44.2	51.3	47.0	42.6	39.5	38.7	37.7
2	22:00 - 23:00	42.5	49.7	45.0	40.9	38.8	38.4	37.8
3	23:00 - 00:00	41.4	50.4	44.1	38.9	36.7	36.3	35.7
4	00:00 - 01:00	40.2	47.4	42.4	38.7	37.0	36.6	36.0
5	01:00 - 02:00	41.5	49.4	43.6	39.9	38.3	38.0	37.5
6	02:00 - 03:00	41.4	49.3	43.4	39.8	38.2	37.8	37.2
7	03:00 - 04:00	40.5	48.1	42.6	39.0	37.5	37.2	36.7
8	04:00 - 05:00	41.5	49.2	44.6	39.4	36.8	36.3	35.4
9	05:00 - 06:00	44.9	51.7	47.6	43.5	40.2	39.5	38.2
10	06:00 - 07:00	47.5	53.2	50.1	46.6	43.4	42.8	41.2
11	07:00 - 08:00	49.0	54.3	51.3	48.3	45.5	44.7	42.7
	-							
	-							
	-							
	-							
	-							
	-							
	-							
	-							
	-							
	-							
	-							
MOYENNES SUR 11 h :		**44.2**						

COMMENTAIRES : * Sources de bruit : Circulation de la route 132, bruit de la mer, port

NOMS DES OPÉRATEURS : Philippe Beaulieu

FICHE DE LOCALISATION DU RELEVÉ SONORE

N° PROJET ET PHASE : 02301790.000-0200	**PAGE :** 3	**CLIENT :**	Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie
		PROJET :	Étude d'impact sonore projet port de Matane
FAIT PAR : P. Beaulieu	**DATE :** 2025-01-24	**SUJET :**	Résultats des relevés sonores
VÉRIFIÉ PAR : Y. Cordon	**DATE :** 2025-01-24		

Point nº: P5 **Début :** 2023-10-17

Durée : S.O. **Fin** : 2023-10-19

Adresse ou : 1340, rue Matane-sur-mer, Matane

localisation 299931.0, 5411585.9 (NAD83, MTM z6)

VUE EN PLAN



VUE EN COUPE

S.O.

Annexe C
Puissance acoustique par bande d'octaves des équipements

Tableau : Puissance acoustique (L_W) des équipements nécessaires par bande d'octaves (dB)

Équipement	Hauteur de la source (m)	Puissance acoustique (L_W en dB) par bande d'octaves (Hz)									Puissance acoustique Lw globale (en dBA) [A]
		31,5	63	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k	
Remorqueur	7,0	61	76	93	96	103	106	105	99	89	**110**
Grue	3,0	28	101	99	94	95	102	94	86	77	**103**
Camion-benne	2,0	57	64	83	94	92	97	94	88	76	**101**
Drague hydraulique	7,0	28	85	103	99	103	106	102	95	85	**110**
Chargeuse sur roues	2,5	32	107	111	110	105	100	95	90	81	**115**
Vibrofonceur	±6,0	58	66	80	92	99	105	103	96	86	**108**
Battage de pieux		105	110	117	119	124	123	121	118	111	**128**
Pelle hydraulique	2,5	89	98	102	95	93	91	87	82	78	**96**
Compacteur	2,0	0	84	87	94	98	103	98	89	80	**106**
Bouteur	2,5	101	110	108	104	107	107	100	93	87	**110**
Camion semi-remorque	2,0	57	64	83	94	92	97	94	88	76	**101**

Équipement	Hauteur de la source (m)	Puissance acoustique (L_W en dB) par bande d'octaves (Hz)									Puissance acoustique Lw globale (en dBA) [A]
		31,5	63	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k	
Paveuse	2,0	28	115	112	109	108	107	104	102	93	**112**
Tramac	±1,0	100	105	104	103	107	117	118	116	115	**123**
Navire	27,8	68	83	100	103	110	113	112	106	96	**117**
Convoyeur à minerais	12,5	82	91	90	90	94	89	82	72	64	**94/m**
Moteur à convoyeur	12,5	117	118	115	113	110	107	104	97	88	**112**
Chariot élévateur	2,0	97	106	109	102	103	100	96	93	86	**105**

Note : Données acoustiques provenant de la littérature et de l'expérience d'Englobe (équipements similaires dans le cadre d'autres mandats).

[A] Niveaux sonores arrondis à 1 dBA, réf. $2x10^{-5}$ Pa.



englobecorp.com

Réaménagement des installations portuaires de Matane

Étude de potentiel archéologique

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG)

Version finale

Nº de référence : 40-2223-001/002/004

Mars 2026

16-02301790.000-0400-EN-R-1200-00

A-450

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG)
No de référence : 40-2223-001/002/004

Préparé par :

Benoit Proulx, archéologue, Ph. D.
Professionnel en environnement - Englobe
Études environnementales et
changements climatiques

Approuvé par :

Catherine Lalumière, biologiste, MBA
Directrice et chargée de projet – Englobe
Études environnementales et
changements climatiques

Équipe de réalisation

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG) du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG)

Chargés de projet	Caroline Ratté, directrice de l'environnement et du développement durable David Parent, ingénieur, directeur des infrastructures portuaires

Norda Stelo | Englobe Corp.

Chargé de projet	Stéphan Ferrero, ingénieur
Coordonnatrice en environnement	Catherine Lalumière, biologiste (MBA)
Coordonnatrice adjointe en environnement	Annie Taillon, biogéographe (M. Sc. Eau)
Collaborateurs	Benoit Proulx, archéologue (Ph. D.)
Cartographie/SIG	Manuel Pronovost, géomaticien
Mise en page	Julie Korell, réviseure

Registre des révisions et émissions

Nº DE RÉVISION	DATE	DESCRIPTION
0A	Décembre 2025	Émission de la version préliminaire pour commentaires
00	Mars 2026	Émission de la version finale

Propriété et confidentialité

« Ce document est destiné exclusivement aux fins qui y sont mentionnées. Toute utilisation du rapport doit prendre en considération l'objet et la portée du mandat en vertu duquel le rapport a été préparé ainsi que les limitations et conditions qui y sont spécifiées et l'état des connaissances scientifiques au moment de l'émission du rapport. Le Consortium Norda Stelo/Englobe ne fournit aucune garantie ni ne fait aucune représentation autre que celles expressément contenues dans le rapport.

Ce document est l'œuvre du Consortium Norda Stelo/Englobe. Toute reproduction, diffusion ou adaptation, partielle ou totale, est strictement prohibée sans avoir préalablement obtenu l'autorisation écrite du Consortium Norda Stelo/Englobe et de son Client. Pour plus de certitude, l'utilisation d'extraits du rapport est strictement interdite sans l'autorisation écrite du Consortium Norda Stelo/Englobe et de son Client, le rapport devant être lu et considéré dans sa forme intégrale.

Aucune information contenue dans ce rapport ne peut être utilisée par un tiers sans l'autorisation écrite du Consortium Norda Stelo/Englobe et de son Client. Le Consortium Norda Stelo/Englobe se dégage de toute responsabilité pour toute reproduction, diffusion, adaptation ou utilisation non autorisée du rapport.

Si des essais ont été effectués, les résultats de ces essais ne sont valides que pour l'échantillon décrit dans le présent rapport.

Les sous-traitants du Consortium Norda Stelo/Englobe qui auraient réalisé des travaux au chantier ou en laboratoire sont dûment évalués selon la procédure relative aux achats de notre système qualité. Pour toute information complémentaire ou de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec votre chargé de projet. »

Table des matières

1 Introduction 1
1.1 Mise en contexte 1
1.2 Zones d'étude 2

2 Méthodologie 5
2.1 Collecte des données 5
2.2 Analyse des données 5

3 Portrait du milieu physique 7
3.1 Géologie, géomorphologie et physiographie 7
3.2 Topographie et bathymétrie 7
3.3 Hydrographie 8
3.4 Évolution du milieu physique 8

4 État des connaissances 11
4.1 Éléments archéologiques 11
4.2 Éléments patrimoniaux 13

5 Occupation humaine 17
5.1 Occupation paléohistorique 17
5.2 Occupation historique 17
5.2.1 Premières occupations européennes 17
5.2.2 Premiers seigneurs de Matane 18
5.2.3 Matane au 19e siècle 18
5.2.4 Matane au 20e siècle 19

6 Évaluation du potentiel archéologique 21

7 Conclusions et recommandations 27

8 Bibliographie 29
8.1 Ouvrages cités 29
8.2 Documents iconographiques 30
8.3 Documents cartographiques 30
8.4 Sites internet 31

TABLEAUX

Tableau 1 : Zone d'informations archéologiques incluses dans la zone d’étude élargie 12
Tableau 2 : Sites archéologiques classés à proximité de la zone d’étude locale 13
Tableau 3 : Zones de potentiel archéologique retenues 23

CARTES

Carte 1 : Délimitation des zones d’étude (locale et élargie) 3
Carte 2 : Éléments archéologiques et patrimoniaux dans la zone d’étude élargie et à proximité. 15
Carte 3 : Limite du littoral en 1963 24
Carte 4 : Zones de potentiel archéologique 25

FIGURES

Figure 1 : Phare de Matane 13
Figure 2 : Presbytère de Saint-Jérôme-de-Matane 14
Figure 3 : Manège militaire (ancien bureau de poste) 14
Figure 4 : Manoir seigneurial de Matane en 1927 18
Figure 5 : Plan de Goad, 1906, détails de la rive droite de la rivière Matane 19
Figure 6 : Installations de la compagnie *Price Brothers. co.* sur la rive gauche de la rivière Matane sur les plans d’assurance incendie de 1906 et 1950 20
Figure 7 : Détails de plan la seigneurie de Matane par D.S. Ballantyne, 1856 22
Figure 8 : Détails d'une photographie aérienne de 1963 22

Liste des acronymes

AA	Avant aujourd'hui
CVE	Composante valorisée de l'environnement
ÉIE	Étude d'impact sur l'environnement
ISAQ	Inventaire des sites archéologiques du Québec
MCC	Ministère des Communications et de la Culture
MELCCFP	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Faune et Parcs
MRC	Municipalité régionale de comté
MRNF	Ministère des Ressources naturelles et des Forêts
MPO	Ministère des Pêches et Océans du Canada
MTMD	Ministère des Transports et de la Mobilité durable
PÉEIE	Procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement
SPBSG	Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie
STQ	Société des traversiers du Québec



1 Introduction

1.1 Mise en contexte

La Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG) doit procéder à des travaux de réfection de ses installations portuaires à Matane en raison de l'état de dégradation observé lors des dernières inspections. Elle souhaite profiter de ces travaux afin de réaménager ses installations portuaires en ajoutant notamment un deuxième poste à quai et de procéder à du dragage dans le havre de manière à assurer des opérations optimales et sécuritaires pour les usagers.

Conformément à l'article 4 (port, quai et terminal portuaire) de la partie II de l'annexe I du *Règlement relatif à l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement de certains projets* (c. Q-2, r. 23.1), ce projet est assujetti à la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement (PÉEIE). Afin de satisfaire la directive spécifique émise par le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement (ÉIE) du projet, une étude portant sur le potentiel archéologique a été réalisée dans le but de documenter cette composante du milieu.

Le présent rapport servira de document de référence à la production de l'ÉIE pour tous les aspects liés à l'archéologie qui pourraient s'avérer pertinents à l'évaluation des impacts potentiels de celui-ci. Il contient l'ensemble des données qui permettront d'abord de justifier des enjeux propres au projet et, par la suite, leur sélection ou non comme composante valorisée de l'environnement (CVE) pour l'évaluation des impacts.

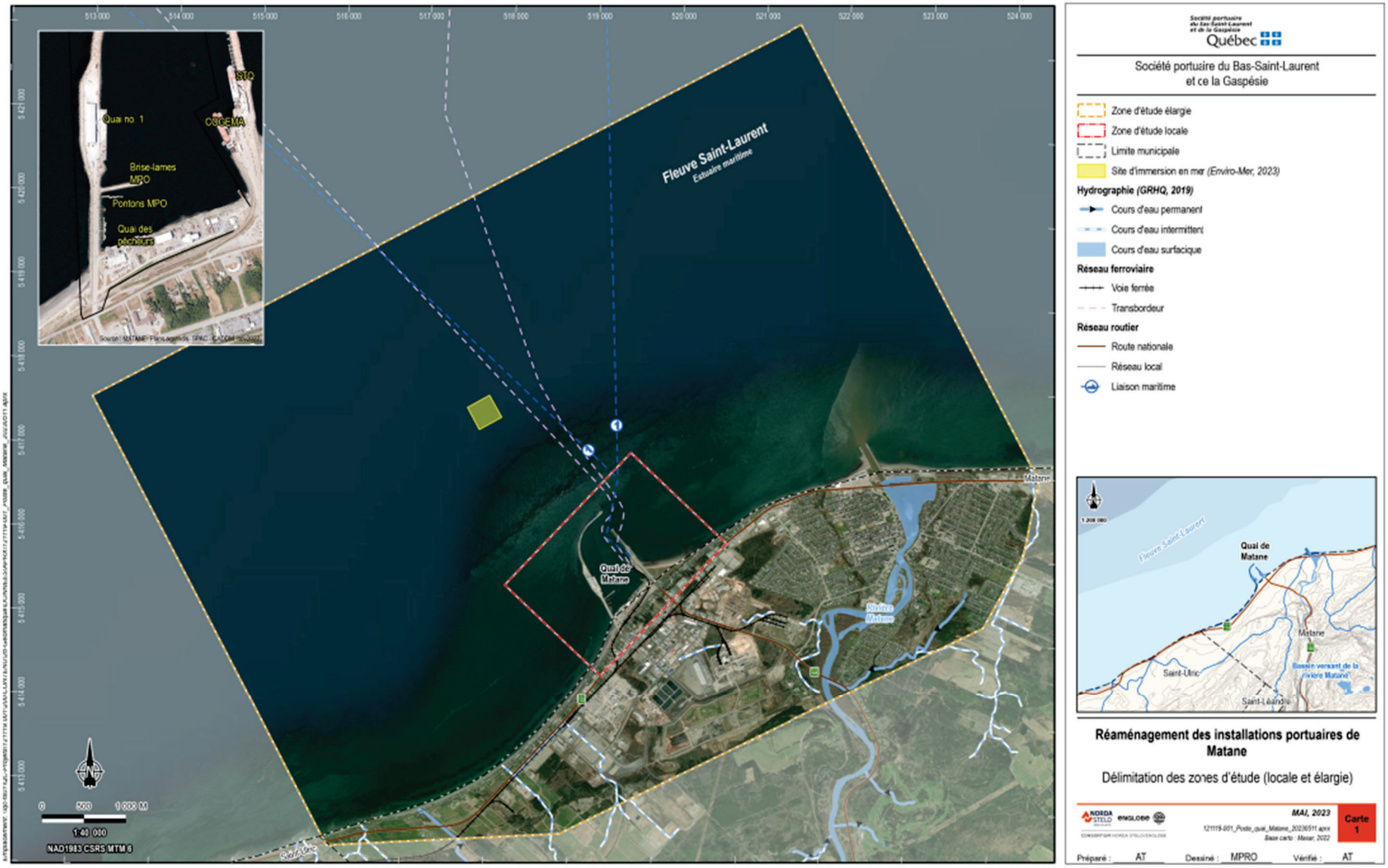
1.2 Zones d’étude

Deux zones d’étude ont été délimitées dans le contexte du projet de réaménagement des installations portuaires de Matane (carte 1). Leurs portions terrestres se trouvent sur le territoire de la ville de Matane, laquelle est comprise dans la municipalité régionale de comté (MRC) de La Matanie, dans la région administrative du Bas-Saint-Laurent (région nº 1). Quant à la portion marine, elle est également incluse dans les limites de la MRC de La Matanie et correspond à une partie de l’estuaire maritime du Saint-Laurent.

D’une superficie de 6 721 ha, la zone d’étude élargie permet de bien situer le projet dans le milieu dans lequel il s’insère. Elle permet de tenir compte des principales caractéristiques du milieu d’accueil, notamment les milieux marin et humain, afin d’en établir un portrait général. Cette zone d’étude est suffisamment étendue pour inclure le site d’immersion en mer. Recoupant en grande majorité le milieu maritime ceinturant les infrastructures portuaires de Matane, la portion sud de la zone d’étude comprend une bande de terres d’environ 2 km, qui permet d’inclure l’ensemble de la zone industrialo-portuaire, les quartiers résidentiels à proximité ainsi que la partie aval et l’embouchure de la rivière Matane.

Plus petite, la zone d’étude locale a une superficie de 341 ha et se limite aux terrains limitrophes au port de Matane (carte 1). Délimitée au sud par la route 132, elle s’étend à environ 500 m de part et d’autre des infrastructures portuaires ainsi qu’à environ 1 km au large. En plus des infrastructures portuaires exploitées par la SPBSG, la zone d’étude locale comprend également les installations de la Société des traversiers du Québec (STQ), le traversier-rail, le quai des pêcheurs de Pêches et Océans Canada (MPO) ainsi que l’ensemble du milieu bâti de la rue de Matane-sur-Mer.

Aux fins du présent rapport, les deux zones d’étude ont été considérées. La zone d’étude élargie permet d’établir un portrait historique de la région, alors que la zone d’étude locale a été retenue pour y préciser l’évaluation du potentiel archéologique.



Carte 1 : Délimitation des zones d'étude (locale et élargie)



2 Méthodologie

L'étude de potentiel archéologique est un exercice théorique qui a pour but d'identifier, sur un territoire donné, les zones où il y a une probabilité de trouver des vestiges ou des sites archéologiques (Ministère des Communications et de la Culture [MCC], 2021). Pour ce faire, l'archéologue a recours à de multiples outils et méthodes d'analyses qui diffèrent selon la période analysée.

2.1 Collecte des données

L'analyse du potentiel archéologique commence par la collecte de données provenant de sources documentaires diverses. Dans le contexte du présent projet, les sources suivantes ont été consultées afin de réunir les publications et les documents cartographiques pertinents à la réalisation de l'étude :

- Bibliothèque et Archives nationales du Québec ;
- Bibliothèque et Archives Canada ;
- Inventaire des sites archéologiques du Québec (ISAQ) du MCC ;
- Centre de document de la firme Archéotech inc. ;
- Répertoire du patrimoine culturel du Québec.

2.2 Analyse des données

Les données récoltées sont utilisées pour établir le potentiel archéologique de la zone d'étude. Pour ce faire, un portrait est établi, lequel inclut :

- une description précise du milieu physique actuelle de la zone d'étude ;
- l'évolution du paléoenvironnement ;

– un inventaire des sites et des zones d'information archéologiques à proximité ;
– un inventaire des études de potentiel archéologique existantes pertinentes ;
– un inventaire des éléments patrimoniaux à proximité ;
– un résumé de l'occupation humaine du territoire pour la période paléohistorique et la période historique.

Le potentiel archéologique paléohistorique est surtout déterminé sur la base de l'analyse du paléoenvironnement et de la description du milieu physique de la zone d'étude. Ces données sont analysées pour évaluer les différents endroits propices de présenter des traces d'occupations anciennes. Le potentiel archéologique de ces endroits est obtenu en recourant à diverses variables : réseau hydrographique, pente du terrain, qualité du drainage, type de sol, impacts anthropiques récents et proximité de sites archéologiques connus (Chrétien, 2020). Les données provenant des sites archéologiques connus de la région sont également utilisées afin de mieux comprendre ces données dans leur contexte.

Le potentiel archéologique historique est déterminé en analysant les données archivistiques, les publications à caractère historique, les cartes et les plans historiques récoltés. À ces données s'ajoutent aussi les rapports provenant des interventions sur les sites archéologiques connus à proximité. Les cartes anciennes sont comparées à la trame actuelle afin d'identifier les éléments du bâti qui ont disparu ou évolué au fil des années. Les sources écrites (primaires ou secondaires) permettent de mettre en contexte l'information ainsi obtenue et de la préciser. Devant l'absence de cartes et de plans anciens précis, ces sources écrites sont parfois le seul moyen d'évaluer le potentiel archéologique d'un terrain ou d'un secteur.

Finalement, il est primordial de mettre les données « brutes » obtenues par cette analyse en relation avec l'état actuel du terrain. En effet, les perturbations modernes pourraient avoir complètement éliminé le potentiel d'une zone qui semblait prometteuse à première vue. Il est donc primordial d'inclure ces données dans l'analyse du potentiel archéologique d'une zone donnée.



3 Portrait du milieu physique

3.1 Géologie, géomorphologie et physiographie

La zone d'étude élargie est située dans la province géologique des Appalaches, subdivision de la zone de Humber. La stratigraphie de la zone géologique du secteur du port de Matane date de l'âge du Cambrien et est composée de mudstone et de siltstone rouges et verts. La zone morphosédimentologique générale associée à la frange littorale est caractérisée par un dépôt d'alluvion composé de sable, de silt sableux, de sable graveleux et de gravier contenant couramment de la matière organique (Ministère des Ressources naturelles et des Forêts [MRNF], 2021).

La zone d'étude élargie est également comprise dans la province naturelle des Appalaches, qui est caractérisée par une succession de monts et de collines entrecoupés de vallées et de plateaux. Le socle rocheux est sédimentaire et parfois volcanique et recouvert de dépôts glaciaires fins et profonds.

3.2 Topographie et bathymétrie

De façon générale, le relief de la zone d'étude élargie affiche une pente croissante entre la rive de l'estuaire du Saint-Laurent et les terres plus au sud. Les élévations près des installations portuaires sont d'environ 7 à 10 m au-dessus du niveau de la mer, alors qu'elles augmentent graduellement vers le sud pour atteindre 75 m au sommet de la montagne à Ti-Jaune, qui se trouve au sud du port de Matane, et de l'ordre de 50 à 75 m le long de la rive ouest de la rivière Matane.

Quant au fond marin de la zone d'étude élargie, on observe une pente relativement constante depuis la rive jusqu'à l'extrémité du brise-lames refermant le havre du port de Matane. Dans la continuité, la pente est plus abrupte, passant de 20 à 40 m de profondeur sur environ 360 m de distance, avant de se radoucir. Au niveau du site d'immersion en mer, les profondeurs observées atteignent 55 à 60 m. Ce site présente un secteur surélevé d'environ 0,6 ha de superficie à la profondeur de -57 m, ce qui laisse croire qu'une certaine quantité de sédiments y est toujours accumulée.

Dans le havre, les profondeurs sont variables et conséquentes des travaux de dragage réalisés antérieurement et de son utilisation. Le secteur du quai des pêcheurs affiche des profondeurs de l'ordre de 4 à 6 m, alors que les installations de la SPBSG et les aires de navigation affichent des profondeurs de l'ordre de 8 à 10 m.

3.3 Hydrographie

Le réseau hydrographique de la zone d'étude élargie est centré autour de la rivière Matane et du fleuve Saint-Laurent. La rivière Matane traverse la zone d'étude élargie à l'est. Cette rivière prend naissance dans les monts Chic-Chocs. Elle coule en amont vers l'ouest puis bifurque vers l'est à l'approche du fleuve Saint-Laurent. Ses principaux affluents incluent la petite rivière Matane et le ruisseau Gagnon à l'est, et à l'ouest la rivière à la Truite, la rivière Tamagodi et la rivière Petchedetz (Bilodeau, 1991).

La rivière Matane est facilement navigable en canot. Elle forme, avec le lac Matapédia et la rivière Matapédia, un axe de circulation d'importance qui relie le fleuve Saint-Laurent à la baie des Chaleurs et qui a été emprunté par tous les groupes autochtones paléohistoriques et historiques ainsi que par les explorateurs et les colons eurocanadiens (Archéotec, 2013).

3.4 Évolution du milieu physique

La déglaciation des rives du Bas-Saint-Laurent, de la Gaspésie et d'une partie de celle de la Basse-Côte-Nord a lieu de manière graduelle entre 18 000 et 12 000 ans avant aujourd'hui (AA) (Fulton et Andrews, 1987 ; Pintal, 2004). Dans la zone d'étude élargie, la vallée de la rivière Matane est libre des glaces depuis 13 000 AA, mais une bonne partie de l'hinterland était alors toujours couvert par des glaciers (Dionne et coll., 1995).

Vers 10 000 ans AA, le littoral ainsi qu'une bonne partie de l'hinterland du Bas-Saint-Laurent sont libérés de leur gangue, mais l'intérieur de la Gaspésie est encore sous la glace. Cette portion du territoire sera complètement dégagée de sa gangue vers 9 500-9 000 ans AA. Dès le retrait de la masse glaciale, un relèvement isostatique s'opère. Les premières terrasses témoignant du relèvement isostatique culminent à 160-180 m NMM, et date de 12 000 AA. Le relèvement est assez rapide entre 12 000 et 10 000 AA, atteignant 6 m par siècle, puis ralentit pour atteindre 0,04 m par siècle à partir de 10 000 ans AA (Pintal, 2004).

Dans cette même période, la mer de Goldwaith vient envahir rapidement les espaces libérés par les glaces, jusqu'à une altitude d'environ 105-110 m (Dionne et coll., 1995). Elle submerge la frange côtière à l'ouest de la rivière Matane sur une profondeur allant jusqu'à 3 km. Les plages anciennes se trouvant à une altitude de 25 m émergent vers 9 500 AA, alors que celles situées à 15-20 m émergent vers 8 000 AA. Il est plus difficile de connaître les niveaux exacts de la mer après 8 000 AA. Selon les données récoltées, le niveau marin se serait abaissé de 8 ou 9 m sous le niveau actuel de mer entre 8 000 et 6 000 AA, pour remonter vers 5 000 AA à 8 m au-dessus du niveau actuel de la mer (Dionne et coll., 1995). Le niveau de la mer a par la suite baissé lentement avant d'atteindre le niveau actuel (Archéotec, 2013).

Pendant ce temps, la toundra herbeuse, qui occupait déjà les régions émergées du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie depuis 10 500 ans AA, cède progressivement sa place à une pessière à cladines vers 9 500 ans AA. La végétation actuelle – la sapinière à bouleau blanc – s'y établit ensuite il y a environ 8 000 ans AA (Richard, 1985).

Ces conditions ont influencé l’occupation humaine de la région. Les terrasses en bordure de rivières, du fleuve ou des mers anciennes, laissées à plusieurs élévations selon le niveau de la mer, ont formé de nombreuses aires d'accueil pour des activités d'exploitation humaine dans le secteur de la zone d’étude. Si les plus anciennes sont techniquement accessibles depuis 10 500 ans AA, le climat et l’environnement sont peu propices à la présence humaine avant 10 000-9 500 ans AA. Après ces dates plus rien n'empêche la fréquentation de la région par des groupes humains (Pintal, 2004).



4 État des connaissances

4.1 Éléments archéologiques

Deux études de potentiel archéologique ont été précédemment produites et recoupent en tout ou en partie la zone d'étude élargie. La première évalue le potentiel archéologique de cinq secteurs pour l'implantation d'éoliennes (Pintal, 2004). Un de ces secteurs est situé sur le territoire de la ville de Matane, dans les secteurs de Saint-Luc et de Saint-Adelme. Dans ce secteur, deux zones à potentiel archéologique en relation avec des paléoplages de la rivière Matane ont été identifiées. La seconde étude produite par Archéotec (2013) a été réalisée en prévision de l'enfouissement de lignes électriques au centre-ville de Matane, le long de l'avenue Saint-Jérôme. Cette étude identifie 11 zones à potentiel paléohistorique et trois zones à potentiel historique. Une seule zone à potentiel, associée au phare de Matane, est située à proximité de la zone d'étude locale, mais aucune n'y est incluse.

Plusieurs interventions archéologiques ont été effectuées dans l'emprise de la zone d'étude élargie (tableau 1). Au total, cinq inventaires, une surveillance et une intervention de sauvetage ont été répertoriés. Deux avis de découverte sans permis sont également répertoriés.

Aucun site archéologique classé ne se trouve dans la zone d'étude locale et un seul site archéologique classé est compris dans l'emprise de la zone d'étude élargie (tableau 2 ; carte 2). Il s'agit du site DfDv-1, correspondant à l'ancien cimetière de la paroisse Saint-Jérôme-de-Matane. Le site a été découvert en 2019 lors d'un inventaire archéologique dans le parc du Presbytère (Ruralys, 2020). Des ossements humains, du bois de cercueil et divers éléments de quincaillerie de cercueil ont été mis au jour, mais le site demeure à ce jour essentiellement non fouillé. En plus du site DfDv-1, il est pertinent de mentionner deux autres sites archéologiques situés à proximité de la zone d'étude élargie. Il s'agit des sites DeDv-1 et DeDv-3, qui représentent des occupations paléohistoriques du territoire (tableau 2 ; carte 2). Le site DeDv-3, en particulier, témoigne d'une occupation très ancienne datée du Paléoindien récent (8 000 ans AA).

Tableau 1 : Zone d'informations archéologiques incluses dans la zone d'étude élargie

Référence	Emplacement	Description
Interventions archéologiques		
Ethnoscop (1989) Rapport S01705	Sur la rive droite du Saint-Laurent, à l'ouest de la rivière Matane, entre le pylône 91 de la ligne Matane-Rimouski et l'usine Donohue (aujourd'hui Sappi Matane).	Inventaire archéologique dans le cadre de la construction d'une ligne d'alimentation vers l'usine Donohue, à Matane. 280 sondages ont été effectués sur des zones à potentiel archéologique dans un corridor d'une longueur de 2,9 km et d'une largeur de 45 m. Aucune trace d'occupation ancienne n'a été mise au jour.
Bilodeau (1991) Rapport S01873	Sur la rive droite de la rivière Matane, entre l'avenue Desjardins le chemin Levasseur.	Inventaire archéologique en amont du réaménagement d'un tronçon de la route 195 à Matane. Sept secteurs situés sur un tracé de 1,39 km de longueur et 18 à 26 m de largeur ont préalablement été déterminés par le ministère des Transports et de la Mobilité durable (MTMD). L'inventaire du secteur 3 a mis au jour un éclat de chert et mené à la désignation du site DeDv-1.
Pintal (2007) Rapport S04020	Zone d'environ 165 m sur 40 m située sur la route 132, juste au sud de la rue Yves-Bérubé, à Matane.	Inventaire archéologique effectué pour le MTMD dans le cadre d'un projet de réfection d'un tronçon de la route 132 à Matane. Un total de 20 sondages a été effectué sur une emprise de 470 m. Aucun site n'a été identifié lors de l'intervention.
Ethnoscop (2013) Rapport S05276	Au nord-est de l'intersection de la route 132 et de la rue de Matane-sur-Mer.	Inventaire archéologique effectué dans le cadre de la construction d'une station météoroutière sur la route 132 à Matane par le MTMD. Sur une emprise de 85 m suivant l'axe de la route 132, dix sondages ont été effectués, mais aucune trace d'occupation ancienne n'a été mise au jour.
Archéotec (2014) Rapport S05660	Sur l'avenue Saint-Jérôme, à Matane, entre la route 132 et la rue de la Fabrique.	Surveillance archéologique des travaux d'enfouissement de lignes électriques effectués par Hydro-Québec dans le centre-ville de Matane, le long de l'avenue Saint-Jérôme. Si l'intervention a permis de mieux comprendre les perturbations modernes dans le secteur, aucune trace d'occupation ancienne n'a cependant pu être observée.
Ruralys (2020) Rapport S05661	Sur l'avenue Saint-Jérôme, à Matane, dans l'emprise du parc du Presbytère.	Inventaire archéologique en prévision de travaux de réaménagement dans le parc du Presbytère de l'église Saint-Jérôme de Matane par la Ville de Matane. Dix tranchées mécaniques et neuf sondages manuels ont été effectués sur une superficie d'environ 2 175 m². L'intervention a mené à la découverte du site DfDv-1, correspondant à l'ancien cimetière de la paroisse Saint-Jérôme.
Archéo-Mamu (2020) Rapport S07036	Sur la l'avenue Saint-Jérôme, à Matane, dans l'emprise du parc du Presbytère.	Fouille de sauvetage à la suite de découverte d'ossements humains pendant des travaux d'excavation dans le cadre du réaménagement du parc du Presbytère de l'église Saint-Jérôme-de-Matane (site DfDv-1). Récupération d'ossements humains dans les tas de terre excavés et enregistrement des sépultures perturbés par les travaux. Au moins quatre sépultures ont ainsi été documentées.
Découvertes fortuites		
Gauthier 2016 Rapport S07135	Sur la plage, à Matane-sur-Mer, un peu à l'est de l'usine Marmen.	Découverte fortuite d'une hache à marée basse. La matière est non identifiée sur l'avis de découverte, mais semble être en fer. Datation et contexte inconnus. (Équivalent de l'avis S06137)

Tableau 2 : Sites archéologiques classés à proximité de la zone d'étude locale

Code Borden	Nom du site	Culture	Latitude	Longitude	Description	Source(s)
DfDv-1	Ancien cimetière de Saint-Jérôme-de-Matane	Eurocanadienne	48,84836	-67,53066	Le site DfDv-1 désigne l'ancien cimetière de la paroisse de Saint-Jérôme qui a été en fonction entre 1819 et 1922. Un niveau de démolition et un dépotoir domestique ont été également identifiés sur le site.	Ruralys (2020) Archéo-Mamu (2020)
DeDv-1	Rivière Matane	Paléohistorique	48,786111	-67,542778	Situé à environ 7,5 km en aval de l'embouchure de la rivière Matane, sur la rive est, près de la route 195, le site DeDv-1 correspond à la découverte d'un éclat de chert lors d'un inventaire archéologique. Aucun autre témoin n'a à ce jour été découvert sur le site.	Bilodeau (1991)
DeDv-3	Saint-Ulric	Paléohistorique	48,779278	-67,638806	Le site DeDv-3 est situé à 3 kilomètres de la rive sud du Saint-Laurent, sur le rebord d'une ancienne terrasse marine ceinturée à l'est et à l'ouest par deux ruisseaux se jetant dans la petite rivière blanche. Il correspond à un lieu d'activité de taille de pierre et un foyer datant du Paléoindien récent (vers 8000 ans AA).	Plourde (2007)

4.2 Éléments patrimoniaux

Deux bâtiments patrimoniaux sont cités au Répertoire du patrimoine culturel du Québec à l'intérieur de la zone d'étude élargie. Le premier, le phare de Matane (figure 1), a été construit en 1906 en remplacement d'un phare plus ancien construit en 1873. Il est constitué d'une structure cylindrique en béton de 67 m de hauteur adjacente à une maison en bois (la maison du gardien). Le phare rappelle la longue tradition maritime de la ville de Matane, même s'il a perdu sa vocation depuis 1951. Il a été cité comme immeuble patrimonial en 2014 (MCC, 2024).



Figure 1 : Phare de Matane

Crédit photo : Andréane Beloin (2010)

Le second bâtiment patrimonial correspond au presbytère de Saint-Jérôme-de-Matane (figure 2). Construit en 1887 et agrandi en 1916, il s'agit d'un bâtiment d'influence Second Empire en bois de trois étages, couvert d'un toit mansardé à quatre versants. Le presbytère est construit sur l'ancien cimetière paroissial, désigné aujourd'hui comme site archéologique DfDv-1. Aujourd'hui, le bâtiment conserve ses fonctions paroissiales, même si le rez-de-chaussée est maintenant constitué d'espaces locatifs. Le presbytère a été cité comme immeuble patrimonial en 2004 (MCC, 2024).



Figure 2 : Presbytère de Saint-Jérôme-de-Matane

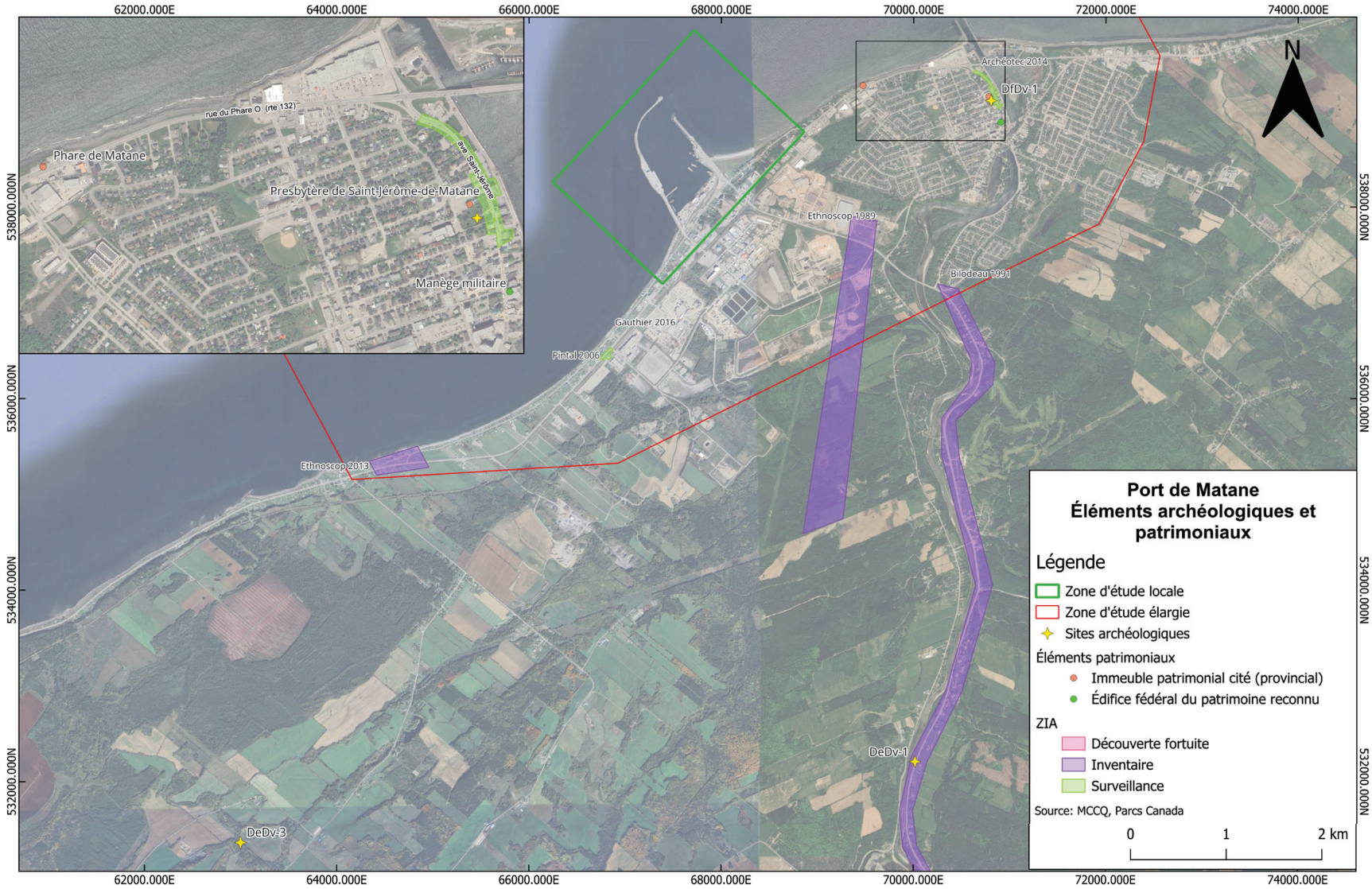
Crédit photo : Jean-François Rodrigue (2005)



Au niveau fédéral, un autre bâtiment a reçu un statut de protection patrimonial. Il s'agit du manège militaire (figure 3), désigné édifice fédéral du patrimoine reconnu. Ce bâtiment est construit en 1913 dans un style victorien pour abriter le bureau de poste, fonction qu'il occupera jusqu'en 1968. En 1978, le bâtiment devient un manège militaire. Il reçoit son statut patrimonial en 1991 (Parcs Canada, 2024).

Figure 3 : Manège militaire (ancien bureau de poste)

Crédit photo : Ministère de la Défense nationale (1989)



Carte 2 : Éléments archéologiques et patrimoniaux dans la zone d'étude élargie et à proximité.



5 Occupation humaine

5.1 Occupation paléohistorique

Aucun site témoignant d'une occupation paléohistorique n'est répertorié dans la zone d'étude élargie. Compte tenu des sites connus dans la région, notamment les DeDv-1 et DeDv-3, la possibilité d'une présence de populations autochtones à Matane est très probable. En effet, les anciennes terrasses de la rivière Matane ont été identifiées par Archéotec (2013) comme lieux propices à diverses activités de subsistance ou de séjour.

Cette présence s'étend sur une longue période. Il a été démontré que la zone d'étude élargie est habitable depuis plus de 9 000 ans. Dans du Paléoindien récent (8 000 ans AA), le site DeDv-3 confirme une occupation très ancienne de la région immédiate de la zone d'étude élargie. Aucune trace plus récente n'a cependant pu être documentée, mais l'abandon des lieux par les populations autochtones reste une hypothèse peu crédible puisque des groupes micmacs occupaient et exploitaient la rivière Matane à l'arrivée des Européens.

5.2 Occupation historique

5.2.1 Premières occupations européennes

L'exploitation des ressources sur le territoire qu'occupe aujourd'hui la ville de Matane est documentée très tôt dans la période historique. En effet, en plus des populations micmaques, des pêcheurs basques fréquentaient déjà l'estuaire avant le passage de Jacques Cartier en 1534. Après ce dernier, des pêcheurs et des commerçants de Saint-Malo et de La Rochelle commencent à se rendre à l'embouchure de la rivière Matane, malgré l'attribution de monopoles qui vient tempérer leurs activités (Blanchette, 1984). On y traite les fourrures et on y exploite les ressources marines, mais sans établir d'installations permanentes.

En 1620, au moment où Champlain décrit les lieux en des termes assez élogieux, ceux-ci semblent avoir été désertés par les Malouins et les Rochelais (Champlain, 1620 [présenté par Giguère, 1973]). Une première installation permanente est construite à Matane entre 1646 et 1649 par Nicolas Denys, qui aménage un barrage et une roue pour exploiter l'énergie hydraulique de la rivière afin d'opérer un atelier de réparation de navires (Blanchette, 1984).

5.2.2 Premiers seigneurs de Matane

C'est en 1672 que la Seigneurie de Matane est cédée à son premier seigneur, Mathieu D'Amours de Chauffours. Il ne la développera cependant pas, préférant l'exploiter uniquement pour ses ressources halieutiques. Cette tendance se maintient avec sa succession. Son fils, Charles, exploite lui aussi la seigneurie sans la développer, ajoutant la traite de la fourrure à ses activités. En parallèle, Denis Riverin, secrétaire de l'intendant, fonde en 1689 des installations de pêches permanentes à Matane, sur la rive gauche de la rivière (Boudreault, 1982).

Les descendants D'Amours restent seigneurs après la conquête. Endettés, ils la céderont peu à peu à Donald MacKinnon, qui devient seul propriétaire de la seigneurie de Matane en 1775 (Boudreault, 1982). L'invasion américaine renverse son projet de s'installer dans sa seigneurie, mais il s'associera néanmoins avec Simon Fraser, Jane McCallum et Dougald Fraser pour former une société pour la traite des fourrures (Boudreault, 1982). MacKinnon meurt en 1791, mais sa descendance ne réclame pas l'héritage en raison des dettes de la seigneurie. Cette-ci sera vendue en 1793 à Simon Fraser. Sa famille s'installe dans la seigneurie. Il est le premier à réellement vouloir développer la seigneurie (Boudreault, 1982). Il se concentre sur le commerce des fourrures, et par le fait même, sur le transport maritime.

5.2.3 Matane au 19e siècle

Le 19e siècle verra les premiers développements villageois de la Seigneurie de Matane. Jane McCallum, femme de Simon Fraser, reprend l'administration de la colonie après le décès de son mari. Une première terre est concédée au tout début du siècle à Joseph Carrier (Boudreault, 1982) et un premier moulin banal est construit en 1808 par le meunier Samuel Harrison (Boudreault, 1982).



Figure 4 : Manoir seigneurial de Matane en 1927

Source : Boudreault (1982)

La population atteint 300 habitants en 1830, principalement installée à l'embouchure de la rivière Matane, sur la rive gauche (Blanchette, 1992). Bouchette décrit une occupation sur environ 1 mile au-delà de l'embouchure de la rivière, exploitant un maximum de 600 acres de terre cultivées (Bouchette, 1830, tiré de Blanchette, 1992). Il note également la présence du moulin banal, situé sur la rivière du Petit Matane, et du manoir seigneurial, à l'embouchure de la rivière Matane (figure 4).

D’autres bâtiments d’importance seront construits au courant du 19e siècle. En 1856, un nouveau moulin à farine est construit, cette fois sur la rivière Matane. Ce dernier est toujours représenté sur le plan d’assurances incendie de 1906 (figure 5). Sur le plan de Ballantyne de 1856, un moulin à scie est représenté, témoignant de l’importance que prend peu à peu l’industrie forestière, qui s’implante dans la région vers 1840 (Blanchette 1992).

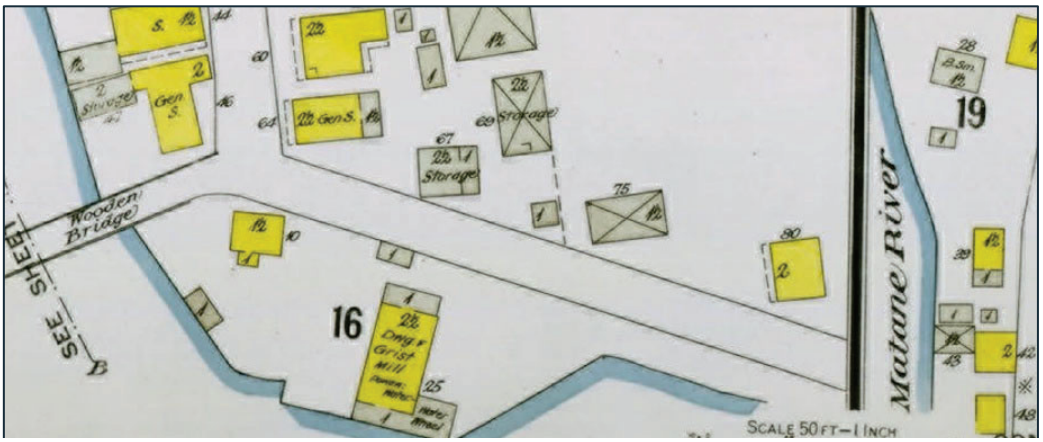


Figure 5 : Plan de Goad, 1906, détails de la rive droite de la rivière Matane

Le moulin à farine est représenté au no. 16 sur le plan.

Source : British Library, Maps 146.b.29.(14.) 4

5.2.4 Matane au 20e siècle

5.2.4.1 1900-1950

Le développement de Matane dans la première moitié du 20e siècle se concentre autour de deux secteurs qui marqueront chacun profondément la trame urbaine : le secteur maritime et le secteur forestier.

Le moulin à scie présent sur le plan de 1865 fait place, sur le plan d’assurance incendie de 1906 et de 1950, aux installations de la compagnie forestière *Price Brothers* (figure 6). Cette dernière s’installe à Matane en 1845, et construit son moulin au tournant du siècle, en 1896 (Blanchette, 1992). L’endroit est propice d’abord parce qu’il donne accès aux ressources du territoire et à l’énergie hydraulique offertes par la rivière Matane, mais aussi car il permet d’exploiter l’autre richesse de Matane : ses infrastructures maritimes (Fortin et Lechasseur, 1993).

En effet, les premiers quais du port de Matane, alors situés dans l’embouchure de la rivière Matane afin de profiter de ses dispositions naturelles, sont aménagés dès le milieu du 19e siècle. Ils se développent au début du 20e siècle, notamment avec l’ajout d’un brise-lame en 1912. Le phare, construit en 1873, subit également d’importantes modifications au tournant du siècle. Il est d’abord déplacé en 1901, puis complètement reconstruit pour obtenir sa forme actuelle en 1906 (MCC, 2024). Ces infrastructures donnent aux industries locales, notamment la *Price Brothers*, une commodité de transport non négligeable qui sera favorable au développement de la ville.

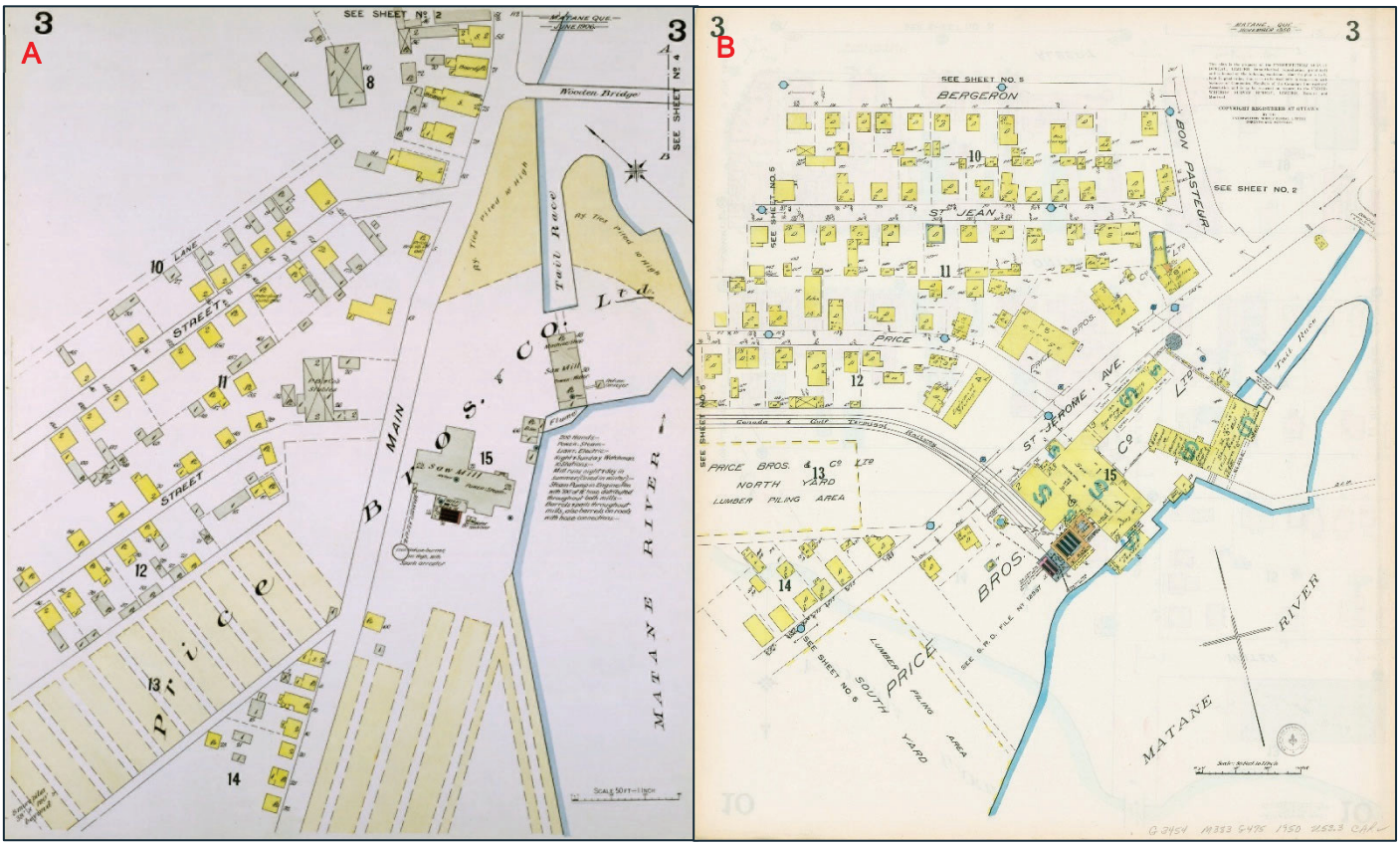


Figure 6 : Installations de la compagnie *Price Brothers. co.* sur la rive gauche de la rivière Matane sur les plans d'assurance incendie de 1906 et 1950

A. Plan de C. Goad, 1906 (British Library, Maps 146.b.29.(14.) 3)

B. Plan de l'Underwriters' Survey Bureau, 1950 (Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 0000223550)

5.2.4.2 Transformation récente

Des transformations majeures dans la seconde moitié du 20e siècle viendront donner à la ville de Matane son portrait actuel. En 1958, la compagnie *Price Brothers* ferme ses installations à Matane (Fortin et Lechasseur, 1993). Compagnie centrale pour l'économie de la ville, son départ apporte de profonds changements. De nouveaux secteurs d'industrie émergent. De ceux-ci, il y a celui de la transformation de la crevette, qui ramène la pêche à l'avant-plan du portrait économique de la région après avoir été délaissé dès le 19e siècle pour faire place l'industrie forestière.

Le plus visible est certainement l'évolution du centre-ville de Matane, jusqu'à lors dominé par le moulin à scie de la *Price Brothers* et par les bâtiments qui y étaient associés. En effet, les terrains sont aujourd'hui occupés d'une part par des bâtiments privés et publics, le plus notoire étant l'hôtel de ville de Matane et, d'autre part, par un parc urbain (parc des Îles).

Le port subit également d'importantes modifications. En 1970, le port à l'embouchure de la rivière est abandonné au profit de l'actuel, aménagé dans un secteur libre de tout aménagement précédent. Des industries viendront se greffer autour de ce port, formant une zone industrialo-portuaire centrale pour l'économie de Matane et du Bas-Saint-Laurent.

6 Évaluation du potentiel archéologique

Dans la zone d'étude élargie, le potentiel archéologique autochtone, pour les périodes paléohistorique et historique, est généralement associé aux cours d'eau d'envergure, aux secteurs déboisés entre les collines et à des passages entre les plans d'eau. C'est ce qui explique que les zones de potentiel archéologique se concentrent le long de la rivière Matane, particulièrement son embouchure (Pintal, 2004 ; Archéotec, 2013). Sur le territoire, les zones à potentiel archéologique pour l'occupation historique euroquébécoise sont liées à l'implantation domestique, à l'activité agraire et à l'exploitation forestière. Elles se situent essentiellement de part et d'autre des chemins de colonisation, disparus ou non, et des voies de circulation qui se sont développées à partir de la deuxième moitié du 19e siècle.

L'analyse du potentiel archéologique de la zone d'étude locale révèle toutefois la même difficulté mentionnée par Archéotec dans son étude de potentiel de 2013, c'est-à-dire, la rareté de cartes anciennes qui précèdent la fin du 19e siècle (Archéotec, 2013). En ce sens, la carte de Ballantyne tracé en 1856 est particulièrement pertinente puisqu'elle donne un portrait de Matane qui inclut, contrairement aux plans d'assurance incendie de Goad (1906) et de l'Underwriters' Survey Bureau (1950), le secteur du port de Matane et de la zone d'étude locale.

Le plan de Ballantyne n'illustre aucun bâtiment dans la zone d'étude locale (figure 7). Il est toutefois su que des bâtiments étaient présents sur la portion terrestre de la zone d'étude locale dans la première moitié du 20e siècle (figure 8). Le plus notoire d'entre eux est probablement l'hôtel Belle Plage, construit au début des années 1930 (Hôtel Belle Plage, s.d.). Certains de ces bâtiments ont disparu. Les terrains qu'occupaient ceux-ci, s'ils n'ont pas été réutilisés depuis pour de nouveaux bâtiments, pourraient contenir des témoins et des vestiges enfouis.

Le potentiel dans le havre du port de Matane lui-même, où sont prévues les interventions dans le contexte du projet de réaménagement des installations portuaires, est jugé très faible. En effet, une photographie aérienne du secteur datant de 1963 permet de positionner la limite du littoral avant la construction du port de Matane. On remarque ainsi que toute la partie terrestre du port semble

aménagée sur un remblai artificiel (carte 3). Il est également important de noter qu'aucun aménagement n'était présent sur le site du port avant ce remblai (Transports Canada, 2016).



Figure 7 : Détails de plan la seigneurie de Matane par D.S. Ballantyne, 1856

On remarque qu'aucun bâtiment n'est représente sur toute la rive du fleuve
Source : Bibliothèque et Archives nationales du Québec, E21,S555,SS1,SSS20,PM.12



Figure 8 : Détails d'une photographie aérienne de 1963

La zone d'étude locale est représentée en vert.
Source : Ministère des Ressources naturelles et des Forêts, Photo aérienne Q63121-101 1963

Il est aussi important de considérer les effets des dragages effectués dans le havre depuis sa construction. Comme mentionné à la section 3.2.2, ces dragages ont mené au retrait de plusieurs mètres de sédiments en surface. Ainsi, la possibilité que subsistent des ressources archéologiques subaquatiques historiques dans le havre du port de Matane est fortement réduite, voire improbable. Il en est de même pour les traces d'occupation paléohistorique. Même si le potentiel est essentiellement concentré sur les terrasses actuelles et anciennes de la rivière Matane, la découverte de témoins d'occupation en bordure du fleuve Saint-Laurent est possible en raison de la fluctuation du niveau de la mer entre 8 000 et 5 000 ans AA. Si de telles traces ont existé dans le secteur actuel du port de Matane, il est très probable qu'elles aient été éliminées par les dragages répétés.

Par conséquent, sept zones de potentiel archéologique historique récentes ont été retenues dans la portion terrestre de la zone d'étude locale, près de la rue de Matane-sur-Mer (tableau 3 ; carte 4). Elles sont toutes associées à des éléments bâtis relevés sur la photographie aérienne de 1963. Aucune zone de potentiel archéologique n'est cependant retenue pour le port de Matane lui-même.

Tableau 3 : Zones de potentiel archéologique retenues

Numéro	Période	Source	Description
Pot_Hist_001	Historique (20e s.)	MNRF (1963)	Possibles séchoirs à poisson
Pot_Hist_002	Historique (20e s.)	MNRF (1963)	Hangar, maison et autres bâtiments possiblement associés aux séchoirs à poissons
Pot_Hist_003	Historique (20e s.)	MNRF (1963)	Chalets ou bâtiments non déterminés
Pot_Hist_004	Historique (20e s.)	MNRF (1963)	Maison et bâtiment secondaire
Pot_Hist_005	Historique (20e s.)	MNRF (1963)	Maison et bâtiment secondaire
Pot_Hist_006	Historique (20e s.)	MNRF (1963)	Maison et bâtiment secondaire
Pot_Hist_007	Historique (20e s.)	MNRF (1963)	Bâtiments associés à l'hôtel Belle-Plage



Carte 3 : Limite du littoral en 1963



Carte 4 : Zones de potentiel archéologique



7 Conclusions et recommandations

Le potentiel archéologique de Matane est connu pour sa riche présence autochtone qui remonte à plus de 8 000 ans AA et pour son passé historique étroitement lié à l'exploitation des ressources forestières et maritimes. Il était donc nécessaire de réaliser une étude de potentiel archéologique afin de déterminer si les travaux de réfection de la SPBSG sur ses installations portuaires à Matane posaient un risque pour les ressources archéologiques enfouies.

Après analyse des différentes données recueillies pour la zone d'étude élargie, sept zones de potentiel archéologique historiques récentes ont été retenues dans la portion terrestre de la zone d'étude locale, près de la rue de Matane-sur-Mer (carte 4, tableau 3). Celles-ci sont toutes associées à des éléments bâtis présents sur la photographie aérienne de 1963. Aucune zone de potentiel archéologique n'est cependant retenue pour le port de Matane lui-même, où se dérouleront les travaux.

Par conséquent, aucune recommandation d'intervention spécifique n'est jugée nécessaire.

Il est cependant important de noter que l'étude de potentiel reste théorique. Advenant que des vestiges ou des témoins archéologiques soient mis au jour lors des travaux, il faudra en avertir immédiatement l'archéologue au dossier afin qu'il puisse évaluer la découverte et en aviser le ministère, tel que prescrit par l'article 74 de la *Loi sur le patrimoine culturel*. De plus, si des travaux s'avèrent nécessaires à proximité ou à l'intérieur d'une des zones de potentiel identifiées, il faudra également aviser l'archéologue au plus vite afin de déterminer une stratégie d'atténuation appropriée.



8 Bibliographie

8.1 Ouvrages cités

ARCHÉOTEC. 2013. *Matane. Étude de potentiel archéologique dans le cadre de travaux d'enfouissement du réseau de distribution, rue Saint-Jérôme.* Étude présentée à Hydro-Québec. 58 p. et annexes.

ARCHÉOTEC. 2014. *Enfouissement du réseau hydro-électrique, rue Saint-Jérôme, Matane. Surveillance archéologique 2013 et 2014. Rue Saint-Jérôme (MAS13-01), Matane. Rapport archéologique.* Rapport présenté à Hydro-Québec Distribution. 59 p. et annexes.

ARCHÉO-MAMU. 2020. Rapport de fouille archéologique 2020. Intervention de sauvetage archéologique du parc du Presbytère de l'église de Saint-Jérôme de Matane dans la Ville de Matane. Rapport présenté à la Ville de Matane, 69 p. et annexes.

BILODEAU, R. 1991. *Inventaire archéologique du réaménagement de la route 195, Saint-Jérôme-de-Matane, 1990*. Rapport présenté au ministère des Transports du Québec. 52 p.

BOUDREAULT, L. 1982. *Faits nouveaux sur la seigneurie de Matane.* Publications de la Société d'histoire de Matane.

BLANCHETTE, L. 1992. *La tradition maritime de Matane.* Histo-Graff.

CHAMPLAIN, S. [GIGUÈRE, G.E.]. 1973. *Œuvres de Champlain*. 3 vols. Édition du Jour.

CHRÉTIEN, Y. 2020. *Étude de potentiel archéologique pour le projet de stabilisation des berges dans la communauté Innu Takuaikan Uashat mak Mani-Utenam (ITUM)*. Rapport présenté à Englobe, mars 2020. 59 p.

DIONNE, J.-C ET COLL, D. 1995. Le niveau marin relatif dans la région de Matane (Québec), de la déglaciation à nos jours. *Géographie physique et quartenaire* 49(3), 363-380.

ETNOSCOP. 1989. *Ligne d'alimentation à 230 kV du client Donohue (Matane). Inventaire archéologique*. Rapport présenté à Hydro-Québec, service lignes de répartition, Région Montmorency. 18 p. et annexes.

ETNOSCOP. 2013. *Inventaire archéologique (2010). Direction du Bas-Saint-Laurent-Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine. Direction générale des territoires*. Rapport présenté au ministère des Transports du Québec. 101 p. et annexes.

FORTIN, J.-C. ET LECHASSEUR, A. 1993. *Histoire du Bas-Saint-Laurent*, Québec, Institut québécois de recherche sur la culture, Collection « Les régions du Québec ».

FULTON, R.J. ET ANDREWS, J.T. 1987. La calotte glaciaire laurentidienne. *Géographie physique et quartenaire* 41(2), 179-318.

GAUTHIER, S. 2016. *Avis de découverte sans permis, Matane-sur-Mer (ZIA)*. Avis de découverte.

INNOVATION MARITIME (IMAR) ET SOCIÉTÉ DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE DU SAINT-LAURENT (SODES). 2023. *État du transport maritime au Québec*. *2023*. 65 p.

MINISTÈRE DE LA CULTURE ET DES COMMUNICATIONS DU QUÉBEC (MCCQ). 2022. *Différencier l'étude de potentiel archéologique de l'avis archéologique.* Guide. 4 p.

PINTAL, J-Y. 2004. *Analyse de fatalité pour cinq projets éoliens; étude de potentiel archéologique (extraits).* Étude présentée à Helimax Énergie. 57 p. et annexes.

PINTAL, J-Y. 2007. *Inventaire archéologique. Parc éolien de Saint-Ulric/Saint-Léandre.* Rapport présenté à SNC-Lavalin Inc. 18 p. et annexes.

PLOURDE, M. 2007. *Inventaire archéologique. Parc éolien de Saint-Ulric.* Rapport présenté à Axor Inc. 18 p.

RICHARD, P.J.H. 1985. Le couvert végétal du Québec-Labrador et son histoire post-glaciaire. *Notes et documents no. 87.01*. Département de géographie, Université de Montréal.

RURALYS. 2020. *Inventaire archéologique. Parc du presbytère de l'église de Saint-Jérôme de Matane, 2019, Matane, DfDv-1*. Rapport présenté à la Ville de Matane. 56 p. et annexes.

TRANSPORTS CANADA. 2016. *Bilan environnemental. Installation portuaire de Matane.* Rapport.

8.2 Documents iconographiques

MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET DE LA FAUNE DU QUÉBEC. 1963. Q63121-001-1963-0 [photographie aérienne numérisée]. 1 : 15 840, Photo-Air Laurentides.

8.3 Documents cartographiques

BALLANTYNE, D.S. 1879. *Plan de la seigneurie Matane*. Bibliothèque et Archives nationales du Québec, E21,S555,SS1,SSS20,PM.12.

GOAD, C.E. 1906. *Matane, Qc.* British Library, Maps 146.b.29.(14.) 1-4.

UNDERWRITERS' SURVEY BUREAU. 1950. *Insurance plan of the town of Matane, Que.* Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 0000223550.

8.4 Sites internet

MINISTÈRE DE LA CULTURE ET DES COMMUNICATIONS DU QUÉBEC (MCCQ). 2024. *Phare de Matane.* Répertoire du patrimoine culturel du Québec. [En ligne] https://www.patrimoine-culturel.gouv.qc.ca/rpcq/detail.do?methode=consulter&id=165925&type=bien.

MINISTÈRE DE LA CULTURE ET DES COMMUNICATIONS DU QUÉBEC (MCCQ). 2024. *Presbytère de Saint-Jérôme-de-Matane.* Répertoire du patrimoine culturel du Québec. [En ligne] https://www.patrimoine-culturel.gouv.qc.ca/rpcq/detail.do?methode=consulter&id=93488&type=bien.

MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET DES FORÊTS (MRNF). 2021*. Système d'information géominière du Québec (SIGÉOM) - Carte interactive*. MRNF, Québec. Produits et services en ligne – Mines, carte interactive. [En ligne] https://sigeom.mines.gouv.qc.ca/signet/classes/I1108_afchCarteIntr.

PARCS CANADA. 2024. *Manège militaire.* Annuaire des désignations patrimoniales fédérales. [En ligne] https://www.patrimoine-culturel.gouv.qc.ca/rpcq/detail.do?methode=consulter&id=93488&type=bien.

VILLE DE MATANE. 2022. *Circuit patrimonial de Matane.* [En ligne] https://www.ville.matane.qc.ca/wp-content/uploads/2025/07/ville-matane-circuit-patrimonial-2022-version-numerique.pdf.



englobecorp.com

Réaménagement des installations portuaires de Matane

Modélisation de la qualité de l'air

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG)
Version finale
N° de référence (client) :
40-2223-001/002/004

Juin 2025
16-02301790.000-0400-EN-1000-00

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG)
No de référence (client) : 40-2223-001/002/004

Préparé par :



André Boilard, ing., MBA
Norda Stelo

Vérifié par :



Aline Cobut, ing. PRT, Ph. D.
Norda Stelo

Approuvé par :



Catherine Lalumière, biologiste, MBA
Englobe



Annie Taillon, biogéographe, M. Sc.
Norda Stelo

Équipe de réalisation

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG)du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG)

Chargés de projet	Caroline Ratté, coordonnatrice à l'environnement et au développement durable David Parent, ingénieur, directeur des infrastructures portuaires

Norda Stelo | Englobe Corp.

Chargé de projet	Stéphan Ferrero, ingénieur
Coordonnatrice en environnement	Catherine Lalumière, biologiste (MBA)
Coordonnatrice adjointe en environnement	Annie Taillon, biogéographe (M. Sc. Eau)
Responsable de discipline	Martin Fleury, ing.
Collaborateurs	André Boilard, ing. en qualité de l'air (MBA) Aline Cobut, ing PRT, Ph D.
Cartographie/SIG	Manuel Pronovost, géomaticien
Édition	Julie Korell, rév., B.A.

Registre des révisions et émissions

Nº DE RÉVISION	DATE	DESCRIPTION
0A	15-04-2025	Émission de la version préliminaire pour commentaires
00	06-06-2025	Émission de la version finale

Propriété et confidentialité

« Ce document est destiné exclusivement aux fins qui y sont mentionnées. Toute utilisation du rapport doit prendre en considération l'objet et la portée du mandat en vertu duquel le rapport a été préparé ainsi que les limitations et conditions qui y sont spécifiées et l'état des connaissances scientifiques au moment de l'émission du rapport. Le Consortium Norda Stelo/Englobe ne fournit aucune garantie ni ne fait aucune représentation autre que celles expressément contenues dans le rapport.

Ce document est l'œuvre du Consortium Norda Stelo/Englobe. Toute reproduction, diffusion ou adaptation, partielle ou totale, est strictement prohibée sans avoir préalablement obtenu l'autorisation écrite du Consortium Norda Stelo/Englobe et de son Client. Pour plus de certitude, l'utilisation d'extraits du rapport est strictement interdite sans l'autorisation écrite du Consortium Norda Stelo/Englobe et de son Client, le rapport devant être lu et considéré dans sa forme intégrale.

Aucune information contenue dans ce rapport ne peut être utilisée par un tiers sans l'autorisation écrite du Consortium Norda Stelo/Englobe. et de son Client. Le Consortium Norda Stelo/Englobe. se dégage de toute responsabilité pour toute reproduction, diffusion, adaptation ou utilisation non autorisée du rapport.

Si des essais ont été effectués, les résultats de ces essais ne sont valides que pour l'échantillon décrit dans le présent rapport.

Les sous-traitants du Consortium Norda Stelo/Englobe qui auraient réalisé des travaux au chantier ou en laboratoire sont dûment évalués selon la procédure relative aux achats de notre système qualité. Pour toute information complémentaire ou de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec votre chargé de projet. »

Table des matières

1 Introduction 1
1.1 Mise en contexte 1
1.2 Zones d'étude 2

2 Procédure de modélisation 5
2.1 Données météorologiques 5
2.2 Données concernant les caractéristiques de surface 9
2.3 Topographie 9
2.4 Données d'émission à la source 15
2.4.1 Facteurs d'émission utilisés 15
2.4.2 Situation actuelle 17
2.4.3 Scénario d'émission 1 des travaux : Dragage du chenal des pêcheurs 17
2.4.4 Scénario d'émission 2 des travaux : Dragage du poste à quai no 2 17
2.4.5 Scénario d'émission 3 des travaux : Construction du quai no 2 17
2.4.6 Scénario d'émission 4 des travaux : Exploitation du poste à quai no 2 et démolition/reconstruction du poste à quai no 1 18
2.4.7 Scénario d'émission 5 des travaux : Exploitation des 2 postes à quai et reconstruction du réseau d'aqueduc 18
2.4.8 Période d'exploitation des deux postes à quai 29
2.5 Données concernant les bâtiments 29
2.6 Normes d'air ambiant et concentrations initiales 29
2.7 Procédure de modélisation 33

3 Résultats des calculs avant la réalisation du projet 35
3.1 Concentrations quotidiennes de particules totales 35
3.2 Concentrations quotidiennes de particules fines ($PM_{2.5}$) 36
3.3 Concentrations de monoxyde de carbone (CO) 37
3.3.1 Concentrations horaires 37
3.3.2 Concentrations sur 8 heures 37
3.4 Concentrations de dioxyde d'azote (NO_2) 38
3.4.1 Concentrations horaires 38
3.4.2 Concentrations quotidiennes 39
3.4.3 Concentrations annuelles 40
3.5 Concentrations de dioxyde de soufre (SO_2) 40
3.5.1 Concentrations sur 4 minutes 40
3.5.2 Concentrations quotidiennes 41
3.5.3 Concentrations annuelles 42

4 Résultats des calculs pour la phase 1 de la construction 43
4.1 Concentrations quotidiennes de particules totales 43
4.2 Concentrations quotidiennes de particules fines ($PM_{2.5}$) 44
4.3 Concentrations de monoxyde de carbone (CO) 45
4.3.1 Concentrations horaires 45
4.3.2 Concentrations sur 8 heures 46
4.4 Concentrations de dioxyde d'azote (NO_2) 47
4.4.1 Concentrations horaires 47
4.4.2 Concentrations quotidiennes 47
4.4.3 Concentrations annuelles 53
4.5 Concentrations de dioxyde de soufre (SO_2) 53
4.5.1 Concentrations sur 4 minutes 53
4.5.2 Concentrations quotidiennes 54
4.5.3 Concentrations annuelles 54
4.6 Discussion 55

5 Résultats des calculs pour la phase 2 de la construction 57
5.1 Concentrations quotidiennes de particules totales 58
5.2 Concentrations quotidiennes de particules fines ($PM_{2.5}$) 58
5.3 Concentrations de monoxyde de carbone (CO) 59
5.3.1 Concentrations horaires 59
5.3.2 Concentrations sur 8 heures 60
5.4 Concentrations de dioxyde d'azote (NO_2) 60
5.4.1 Concentrations horaires 60
5.4.2 Concentrations quotidiennes 67
5.4.3 Concentrations annuelles 68
5.5 Concentrations de dioxyde de soufre (SO_2) 69
5.5.1 Concentrations sur 4 minutes 69
5.5.2 Concentrations quotidiennes 69
5.5.3 Concentrations annuelles 70
5.6 Discussion 71

6 Résultats des calculs pour la phase 3 de la construction 73
6.1 Concentrations quotidiennes de particules totales 73
6.2 Concentrations quotidiennes de particules fines ($PM_{2.5}$) 74
6.3 Concentrations de monoxyde de carbone (CO) 75
6.3.1 Concentrations horaires 75
6.3.2 Concentrations sur 8 heures 75
6.4 Concentrations de dioxyde d'azote (NO_2) 76
6.4.1 Concentrations horaires 76
6.4.2 Concentrations quotidiennes 79
6.4.3 Concentrations annuelles 80
6.5 Concentrations de dioxyde de soufre (SO_2) 80
6.5.1 Concentrations sur 4 minutes 80

6.5.2 Concentrations quotidiennes 81
6.5.3 Concentrations annuelles 81
6.6 Discussion 82

7 Résultats des calculs pour la phase 4 de la construction 83
7.1 Concentrations quotidiennes de particules totales 83
7.2 Concentrations quotidiennes de particules fines ($PM_{2.5}$) 84
7.3 Concentrations de monoxyde de carbone (CO) 85
7.3.1 Concentrations horaires 85
7.3.2 Concentrations sur 8 heures 85
7.4 Concentrations de dioxyde d'azote (NO_2) 86
7.4.1 Concentrations horaires 86
7.4.2 Concentrations quotidiennes 87
7.4.3 Concentrations annuelles 87
7.5 Concentrations de dioxyde de soufre (SO_2) 88
7.5.1 Concentrations sur 4 minutes 88
7.5.2 Concentrations quotidiennes 89
7.5.3 Concentrations annuelles 89
7.6 Discussion 90

8 Résultats des calculs pour la phase 5 de la construction 91
8.1 Concentrations quotidiennes de particules totales 91
8.2 Concentrations quotidiennes de particules fines ($PM_{2.5}$) 92
8.3 Concentrations de monoxyde de carbone (CO) 93
8.3.1 Concentrations horaires 93
8.3.2 Concentrations sur 8 heures 93
8.4 Concentrations de dioxyde d'azote (NO_2) 94
8.4.1 Concentrations horaires 94
8.4.2 Concentrations quotidiennes 95
8.4.3 Concentrations annuelles 96
8.5 Concentrations de dioxyde de soufre (SO_2) 96
8.5.1 Concentrations sur 4 minutes 96
8.5.2 Concentrations quotidiennes 97
8.5.3 Concentrations annuelles 98
8.6 Discussion 98

9 Résultats des calculs pour la phase exploitation 99
9.1 Concentrations quotidiennes de particules totales 99
9.2 Concentrations quotidiennes de particules fines ($PM_{2.5}$) 100
9.3 Concentrations de monoxyde de carbone (CO) 101
9.3.1 Concentrations horaires 101
9.3.2 Concentrations sur 8 heures 102
9.4 Concentrations de dioxyde d'azote (NO_2) 103
9.4.1 Concentrations horaires 103

9.4.2 Concentrations quotidiennes 104
9.4.3 Concentrations annuelles 105
9.5 Concentrations de dioxyde de soufre (SO_2) 105
9.5.1 Concentrations sur 4 minutes 105
9.5.2 Concentrations quotidiennes 106
9.5.3 Concentrations annuelles 107
9.6 Discussion 107

10 Discussion des résultats 109

11 Conclusions 111

12 Références 113

TABLEAUX

Tableau 2.1 : Rose des vents des données de la station de l'aéroport de Mont-Joli utilisées pour la modélisation 6
Tableau 2.2 : Températures moyennes des données employées pour la modélisation 7
Tableau 2.3 : Caractéristiques de surface AERMET : Valeurs du rapport de Bowen et de la rugosité 9
Tableau 2.4 : Récepteurs sensibles identifiés dans la zone d'étude 10
Tableau 2.5 : Taux d'émission utilisés pour les différentes sources présentes lors de l'opération des quais et des travaux de construction 16
Tableau 3.1 : Résumé des concentrations maximales quotidiennes obtenues pour les particules en suspension pour l'ensemble des sources d'émissions du port avant la réalisation du projet 36
Tableau 3.2 : Résumé des concentrations maximales quotidiennes obtenues pour les particules fines ($PM_{2.5}$) pour l'ensemble des sources d'émissions du port avant la réalisation du projet 36
Tableau 3.3 : Résumé des concentrations maximales sur une heure obtenues pour le monoxyde de carbone (CO) pour l'ensemble des sources d'émissions du port avant la réalisation du projet 37
Tableau 3.4 : Résumé des concentrations maximales sur 8 heures obtenues pour le monoxyde de carbone (CO) pour l'ensemble des sources d'émissions du port avant la réalisation du projet 38
Tableau 3.5 : Résumé des concentrations maximales sur une heure obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) pour l'ensemble des sources d'émissions du port avant la réalisation du projet 39
Tableau 3.6 : Résumé des concentrations maximales sur 24 heures obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) pour l'ensemble des sources d'émissions du port avant la réalisation du projet 39
Tableau 3.7 : Résumé des concentrations maximales sur une base annuelle obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) pour l'ensemble des sources d'émissions du port avant la réalisation du projet 40
Tableau 3.8 : Résumé des concentrations maximales sur 4 minutes obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) pour l'ensemble des sources d'émissions du port avant la réalisation du projet 41

Tableau 3.9 : Résumé des concentrations maximales sur 24 heures obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) pour l'ensemble des sources d'émissions du port avant la réalisation du projet 41
Tableau 3.10 : Résumé des concentrations maximales sur une base annuelle obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) pour l'ensemble des sources d'émissions du port avant la réalisation du projet 42
Tableau 4.1 : Résumé des concentrations maximales quotidiennes obtenues pour les particules en suspension lors du dragage du chenal des pêcheurs 44
Tableau 4.2 : Résumé des concentrations maximales quotidiennes obtenues pour les particules fines ($PM_{2.5}$) lors du dragage du chenal des pêcheurs 45
Tableau 4.3 : Résumé des concentrations maximales sur une heure obtenues pour le monoxyde de carbone (CO) lors du dragage du chenal des pêcheurs 46
Tableau 4.4 : Résumé des concentrations maximales sur 8 heures obtenues pour le monoxyde de carbone (CO) lors du dragage du chenal des pêcheurs 46
Tableau 4.5 : Résumé des concentrations maximales sur une heure obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors du dragage du chenal des pêcheurs 47
Tableau 4.6 : Résumé des concentrations maximales sur 24 heures obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors du dragage du chenal des pêcheurs 48
Tableau 4.7 : Résumé des concentrations maximales sur une base annuelle obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors du dragage du chenal des pêcheurs 53
Tableau 4.8 : Résumé des concentrations maximales sur 4 minutes obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors du dragage du chenal des pêcheurs 54
Tableau 4.9 : Résumé des concentrations maximales sur 24 heures obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors du dragage du chenal des pêcheurs 54
Tableau 4.10 : Résumé des concentrations maximales sur une base annuelle obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors du dragage du chenal des pêcheurs 55
Tableau 5.1 : Résumé des concentrations maximales quotidiennes obtenues pour les particules en suspension lors du dragage du poste à quai no 2 58
Tableau 5.2 : Résumé des concentrations maximales quotidiennes obtenues pour les particules fines ($PM_{2.5}$) lors du dragage du poste à quai no 2 59
Tableau 5.3 : Résumé des concentrations maximales sur une heure obtenues pour le monoxyde de carbone (CO) lors du dragage du poste à quai no 2 59
Tableau 5.4 : Résumé des concentrations maximales sur 8 heures obtenues pour le monoxyde de carbone (CO) lors du dragage du poste à quai no 2 60
Tableau 5.5 : Résumé des concentrations maximales sur une heure obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors du dragage du poste à quai no 2 avec la drague hydraulique 62
Tableau 5.6 : Résumé des concentrations maximales sur une heure obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors du dragage du poste à quai no 2 sans la drague hydraulique 62
Tableau 5.7 : Résumé des concentrations maximales sur 24 heures obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors du dragage du quai no 2 avec présence de la drague hydraulique 67
Tableau 5.8 : Résumé des concentrations maximales sur 24 heures obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors du dragage du quai no 2 en l'absence de la drague hydraulique 68
Tableau 5.9 : Résumé des concentrations maximales sur une base annuelle obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors du dragage du quai no 2 68
Tableau 5.10 : Résumé des concentrations maximales sur 4 minutes obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors du dragage du poste à quai no 2 69
Tableau 5.11 : Résumé des concentrations maximales sur 24 heures obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors du dragage du poste à quai no 2 70

Tableau 5.12 : Résumé des concentrations maximales sur une base annuelle obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors du dragage du poste à quai no 2 70
Tableau 6.1 : Résumé des concentrations maximales quotidiennes obtenues pour les particules en suspension lors de la construction du poste à quai no 2 74
Tableau 6.2 : Résumé des concentrations maximales quotidiennes obtenues pour les particules fines ($PM_{2.5}$) lors de la construction du poste à quai no 2 74
Tableau 6.3 : Résumé des concentrations maximales sur une heure obtenues pour le monoxyde de carbone (CO) lors de la construction du poste à quai no 2 75
Tableau 6.4 : Résumé des concentrations maximales sur 8 heures obtenues pour le monoxyde de carbone (CO) lors du construction du poste à quai no 2 76
Tableau 6.5 : Résumé des concentrations maximales sur une heure obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors de la construction du poste à quai no 2 79
Tableau 6.6 : Résumé des concentrations maximales sur 24 heures obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors de la construction du poste à quai no 2 79
Tableau 6.7 : Résumé des concentrations maximales sur une base annuelle obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors de la construction du poste à quai no 2 80
Tableau 6.8 : Résumé des concentrations maximales sur 4 minutes obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors de la construction du poste à quai no 2 81
Tableau 6.9 : Résumé des concentrations maximales sur 24 heures obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors de la construction du poste à quai no 2 81
Tableau 6.10 : Résumé des concentrations maximales sur une base annuelle obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors de la construction du poste à quai no 2 82
Tableau 7.1 : Résumé des concentrations maximales quotidiennes obtenues pour les particules en suspension lors de la reconstruction du quai actuel 84
Tableau 7.2 : Résumé des concentrations maximales quotidiennes obtenues pour les particules fines ($PM_{2.5}$) lors de la reconstruction du quai actuel 84
Tableau 7.3 : Résumé des concentrations maximales sur une heure obtenues pour le monoxyde de carbone (CO) lors de la reconstruction du quai actuel 85
Tableau 7.4 : Résumé des concentrations maximales sur 8 heures obtenues pour le monoxyde de carbone (CO) lors de la reconstruction du quai actuel 86
Tableau 7.5 : Résumé des concentrations maximales sur une heure obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors de la reconstruction du quai actuel 86
Tableau 7.6 : Résumé des concentrations maximales sur 24 heures obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors de la reconstruction du quai actuel 87
Tableau 7.7 : Résumé des concentrations maximales sur une base annuelle obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors de la reconstruction du quai actuel 88
Tableau 7.8 : Résumé des concentrations maximales sur 4 minutes obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors de la reconstruction du quai actuel 88
Tableau 7.9 : Résumé des concentrations maximales sur 24 heures obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors de la reconstruction du quai actuel 89
Tableau 7.10 : Résumé des concentrations maximales sur une base annuelle obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors de la reconstruction du quai actuel 90
Tableau 8.1 : Résumé des concentrations maximales quotidiennes obtenues pour les particules en suspension lors de la réalisation des travaux de voirie 92
Tableau 8.2 : Résumé des concentrations maximales quotidiennes obtenues pour les particules fines ($PM_{2.5}$) lors de la réalisation des travaux de voirie 92
Tableau 8.3 : Résumé des concentrations maximales sur une heure obtenues pour le monoxyde de carbone (CO) lors de la réalisation des travaux de voirie 93

Tableau 8.4 : Résumé des concentrations maximales sur 8 heures obtenues pour le monoxyde de carbone (CO) lors de la réalisation des travaux de voirie 94
Tableau 8.5 : Résumé des concentrations maximales sur une heure obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors de la réalisation des travaux de voirie 95
Tableau 8.6 : Résumé des concentrations maximales sur 24 heures obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors de la réalisation des travaux de voirie 95
Tableau 8.7 : Résumé des concentrations maximales sur une base annuelle obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors de la réalisation des travaux de voirie..... 96
Tableau 8.8 : Résumé des concentrations maximales sur 4 minutes obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors de la réalisation des travaux de voirie 97
Tableau 8.9 : Résumé des concentrations maximales sur 24 heures obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors de la réalisation des travaux de voirie 97
Tableau 8.10 : Résumé des concentrations maximales sur une base annuelle obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors des travaux de voirie 98
Tableau 9.1 : Résumé des concentrations maximales quotidiennes obtenues pour les particules en suspension en période d'exploitation des deux quais..... 100
Tableau 9.2 : Résumé des concentrations maximales quotidiennes obtenues pour les particules fines ($PM_{2.5}$) lors de la période d'exploitation des deux quais..... 101
Tableau 9.3 : Résumé des concentrations maximales sur une heure obtenues pour le monoxyde de carbone (CO) lors de l'exploitation des deux quais..... 102
Tableau 9.4 : Résumé des concentrations maximales sur 8 heures obtenues pour le monoxyde de carbone (CO) lors de l'exploitation des deux quais..... 103
Tableau 9.5 : Résumé des concentrations maximales sur une heure obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors de l'exploitation des deux quais 104
Tableau 9.6 : Résumé des concentrations maximales sur 24 heures obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors de l'exploitation des deux quais 104
Tableau 9.7 : Résumé des concentrations maximales sur une base annuelle obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors de l'exploitation des deux quais..... 105
Tableau 9.8 : Résumé des concentrations maximales sur 4 minutes obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors de l'exploitation des deux quais..... 106
Tableau 9.9 : Résumé des concentrations maximales sur 24 heures obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors de l'exploitation des deux quais..... 106
Tableau 9.10 : Résumé des concentrations maximales sur une base annuelle obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors de l'exploitation des deux quais 107

FIGURE

Figure 2.1 : Rose des vents des données de la station de l'aéroport de Mont-Joli 8

CARTES

Carte 1.1 : Zones d'étude 3
Carte 2.1 : Topographie de la zone d'étude 11
Carte 2.2 : Récepteurs utilisés pour les calculs 13
Carte 2.3 : Position des équipements – Scénario 1 19
Carte 2.4 : Position des équipements – Scénario 2 21
Carte 2.5 : Position des équipements – Scénario 3 23
Carte 2.6 : Position des équipements – Scénario 4 25
Carte 2.7 : Position des équipements – Scénario 5 27
Carte 2.8 : Position des équipements – Scénario 6 31
Carte 4.1 : Concentrations maximales horaires de dioxyde d'azote (NO_2) pour la phase 1 de la construction 49
Carte 4.2 : Concentrations maximales quotidiennes de dioxyde d'azote (NO_2) pour la phase 1 de la construction 51
Carte 5.1 : Concentrations maximales horaires de dioxyde d'azote (NO_2) pour la phase 2 de la construction en présence de la drague hydraulique 63
Carte 5.2 : Concentrations maximales horaires de dioxyde d'azote (NO_2) pour la phase 2 de la construction en l'absence de la drague hydraulique 65
Carte 6.1 : Concentrations maximales horaires de dioxyde d'azote (NO_2) pour la phase 3 de la construction 77



1 Introduction

1.1 Mise en contexte

La Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG) doit procéder à des travaux de réfection de ses installations portuaires à Matane en raison de leur état de dégradation observé selon les dernières inspections. Elle souhaite profiter de ces travaux afin de réaménager ses installations portuaires en ajoutant notamment un deuxième poste à quai et de procéder à du dragage dans le havre de manière à assurer des opérations optimales et sécuritaires pour les usagers.

Conformément à l'article 4 (port, quai et terminal portuaire) de la partie II de l'annexe I du *Règlement relatif à l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement de certains projets* (chap. Q 2, r. 23.1), ce projet est assujetti à la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement (PÉEIE). Afin de satisfaire la directive spécifique émise par le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement (ÉIE) du projet, une étude portant sur la qualité de l'air a été réalisée dans le but de documenter la présence de cette composante du milieu naturel de la zone d'étude délimitée pour le projet.

Le présent rapport servira de document de référence à la production de l'ÉIE pour tous les aspects liés à la qualité de l'air exigés dans la directive émise spécifiquement dans le cadre du projet. Il contient l'ensemble des données qui permettront d'abord de justifier l'identification des enjeux propres au projet et, par la suite, leur sélection ou non comme composante valorisée de l'environnement (CVE) pour l'évaluation des impacts. La législation relative à la qualité de l'air relève, au provincial, de la *Loi sur la qualité de l'environnement* et le *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (RAA, chap. Q-2, r 4.1).

1.2 Zones d'étude

Deux zones d'étude ont été délimitées dans le contexte du réaménagement des installations portuaires de Matane (carte 1.1). Leurs portions terrestres se trouvent sur le territoire de la ville de Matane, laquelle est comprise dans la municipalité régionale de comté (MRC) de La Matanie, dans la région administrative du Bas-Saint-Laurent (région nº 1). Quant à la portion marine, elle est également incluse dans les limites du territoire non organisé (TNO) aquatique de la MRC de La Matanie ainsi que dans les limites de la ville de Matane. Elle correspond à une partie de l'estuaire maritime du Saint-Laurent.

D'une superficie de 6 721 ha, la zone d'étude élargie permet de bien situer le projet dans le milieu où il s'insère. Elle permet de tenir compte des principales caractéristiques du milieu d'accueil, notamment les milieux marin et humain, afin d'en établir un portrait général. Cette zone d'étude est suffisamment étendue pour inclure le site d'immersion en mer. Recoupant en grande majorité le milieu maritime ceinturant les infrastructures portuaires de Matane, la portion sud de la zone d'étude élargie comprend une bande de terres d'environ 2 km, qui permet d'inclure l'ensemble de la zone industrialo-portuaire, les quartiers résidentiels à proximité ainsi que la partie aval et l'embouchure de la rivière Matane.

Plus petite, la zone d'étude locale a une superficie de 341 ha et se limite aux terrains limitrophes au port de Matane (carte 1). Délimitée au sud par la route 132, elle s'étend à environ 500 m de part et d'autre des infrastructures portuaires ainsi qu'à environ 1 km au large. En plus des infrastructures portuaires exploitées par la SPBSG, la zone d'étude locale comprend également les installations de la Société des traversiers du Québec (STQ), le traversier-rail, le quai des pêcheurs de Pêches et Océans Canada (MPO) ainsi que l'ensemble du milieu bâti de la rue de Matane-sur-Mer.

Dans le cas particulier de l'étude de modélisation de la dispersion des contaminants atmosphériques, la zone d'étude couvre une distance de 10 km x 10 km centrée sur le port, conformément aux exigences du *Guide de la modélisation de la dispersion atmosphérique* [1](2005) préparé par le ministère de l'Environnement, de la Lutte aux changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP).

[1] Leduc, R., 2005. *Guide de la modélisation de la dispersion atmosphérique*. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, envirodoq no ENV/2005/0072, rapport no QA/49, 38p.



Emplacement: P:\121119.001\200-CONTENU\26-Geomatique\TRAVAIL\Qualite_Air\121119-001_QualiteAir_20250306\121119-001_QualiteAir_20250306.aprx

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie

Québec

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie

- Zone d'étude élargie
- Zone d'étude locale
- Limite de la modélisation
- Limite municipale

Réseau ferroviaire

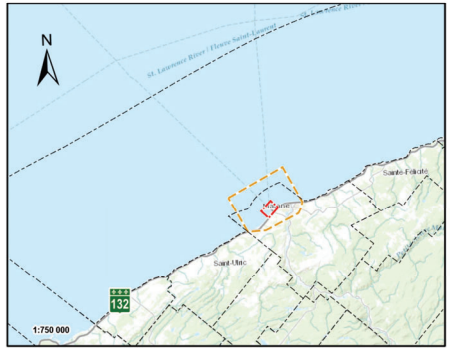
- Voie ferrée
- Transbordeur

Réseau routier

- Route nationale
- Réseau local
- Liaison maritime

Hydrographie *(GRHQ, 2019)*

- Permanent
- Intermittent
- Cours d'eau surfacique



Réaménagement des installations portuaires de Matane

Modélisation de la qualité de l'air - Zones d'étude

NORDA STELO ENGLOBE

CONSORTIUM NORDA STELO/ENGLOBE

MARS, 2025

121119-001_C1-1_Zone_etude_20250311.pagx

Base carto : Maxar, 2022

Carte 1.1

Préparé : AB Dessiné : MPRO Vérifié : AB



2 Procédure de modélisation

Les calculs de modélisation ont été effectués avec la version la plus récente disponible du modèle de dispersion AERMOD, soit la version 24142. Afin de réaliser les calculs de modélisation, un certain nombre de données de base sont requises. Celles-ci sont regroupées en cinq catégories, soient des données météorologiques, des données sur les caractéristiques de surface entourant la station météorologique retenue, des relevés de la topographie du secteur, des données reliées à la configuration des bâtiments entourant les sources, et les paramètres d'émission des sources du port. Les normes d'air ambiant applicables ainsi que le niveau de contamination retenu dans le secteur de l'usine avant la réalisation du projet sont également présentées dans ce chapitre.

2.1 Données météorologiques

Pour les besoins de la modélisation, le modèle AERMOD exige d'obtenir des données météorologiques mesurées sur une base horaire. Au Québec, les seules stations rencontrant ces critères sont opérées par le Service de l'environnement atmosphérique (S.E.A.) du Canada et ces stations sont généralement localisées aux principaux aéroports canadiens. Ce sont des observateurs professionnels qui y prennent les observations. Le programme d'observation est très complet et la majorité des paramètres météorologiques y sont mesurés. La fréquence des observations est également grande : une fois par heure, sans compter les observations spéciales lorsque les conditions météorologiques changent de façon importante.

Normalement, le choix de la station météorologique doit être réalisé dans un rayon de 30 km du site, selon le « Guide de la modélisation de la dispersion atmosphérique » émis par le MDDELCC (Leduc, 2005). Une station située à plus de 30 km pourrait être utilisée si le terrain entre l'installation et la station météorologique n'est pas accidenté et s'il est soumis aux mêmes influences de terrain. La station choisie pour faire les calculs est la station de l'aéroport de Mont-Joli, qui se trouve à 54 km du port de Matane.

Pour les fins de la modélisation, les données de la station de l'aéroport de Mont-Joli mesurées entre 2008 et 2012 furent utilisées pour la réalisation des calculs. Ces données sont les données les plus

récentes que le MELCCFP rend disponibles sur son site Internet. Les hauteurs de mélange pour les mêmes années proviennent de la station aérologique de Caribou, dans l'état du Maine, qui est celle qui est la plus représentative du site de du port. Le traitement des données a été fait à l'aide de la version 18081 du logiciel AERMET.

Le régime aérologique à Matane est fortement influencé par la présence du fleuve Saint-Laurent. Les vents dominants dans le secteur sont en effet majoritairement orientés dans l'axe du fleuve. Si on se fie aux données de la station de l'aéroport de Mont-Joli, qui ont servi à caractériser le climat de la zone d'étude, la proportion de vents forts est relativement faible (moins de 5 % des vents dépassent 40 km/h). La région subit des extrêmes de température et des températures moyennes typiques du climat québécois, alors que les précipitations mesurées sont également représentatives de ce qu'on peut retrouver un peu partout en bordure du Saint-Laurent.

Le tableau 2.1 présente la rose des vents des données utilisées pour la modélisation, alors que la figure 2.1 illustre la fréquence moyenne des vents pour les cinq années utilisées. Les températures moyennes pour les années choisies pour la modélisation sont pour leur part indiquées au tableau 2.2.

Tableau 2.1 : Rose des vents des données de la station de l'aéroport de Mont-Joli utilisées pour la modélisation

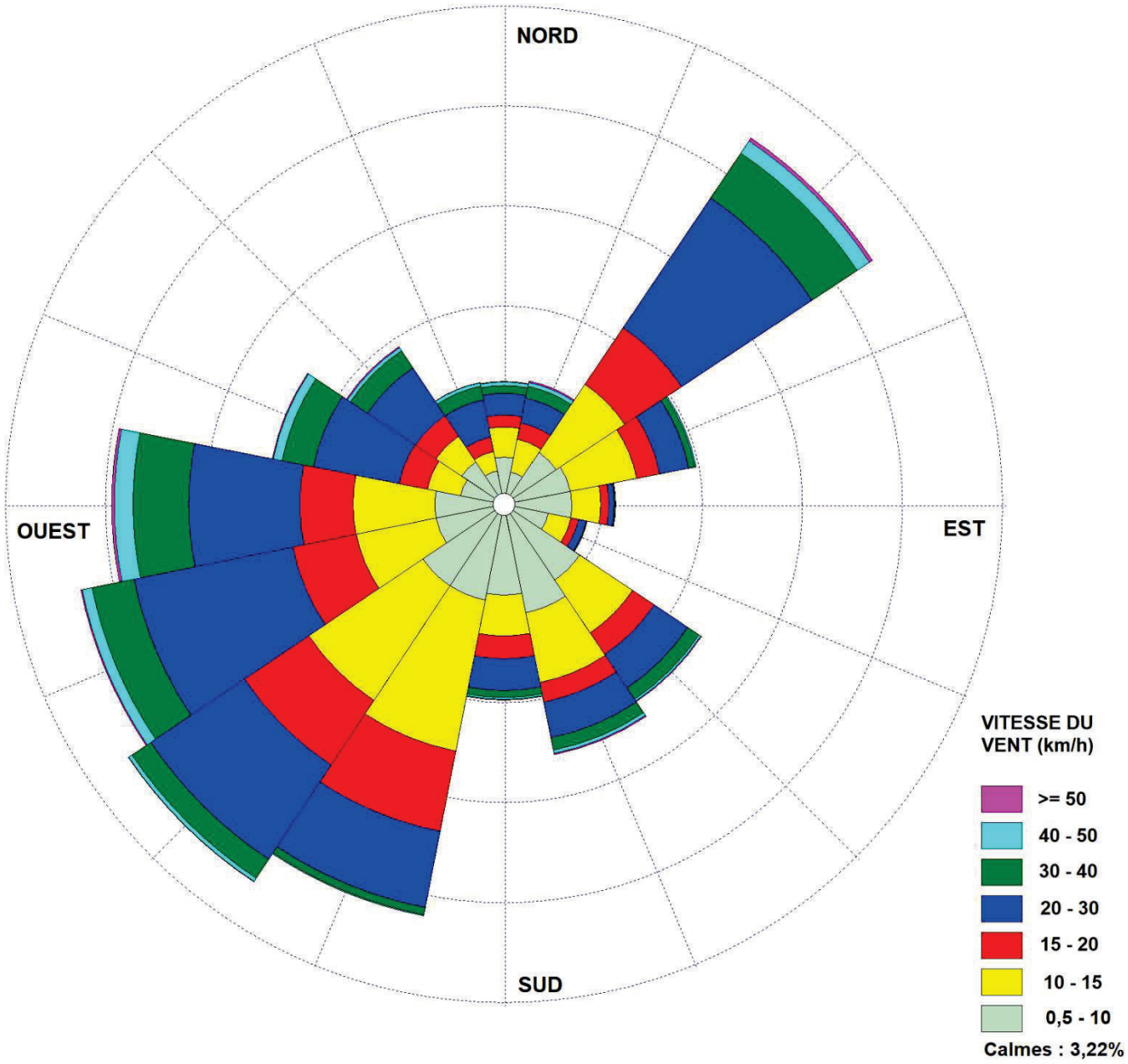
Direction	Fréquence (%)					
	Mont-Joli 2008	Mont-Joli 2009	Mont-Joli 2010	Mont-Joli 2011	Mont-Joli 2012	Moyenne Mont-Joli 2008-2012
N	2,83 %	2,81 %	3,13 %	3,69 %	2,44 %	2,98 %
NNE	2,99 %	2,73 %	4,03 %	3,23 %	2,27 %	3,05 %
NE	11,37 %	10,21 %	10,90 %	10,62 %	9,98 %	10,62 %
ENE	4,66 %	4,06 %	4,41 %	4,70 %	5,78 %	4,72 %
E	2,85 %	2,34 %	2,42 %	2,81 %	3,11 %	2,70 %
ESE	2,50 %	1,78 %	2,05 %	2,01 %	1,96 %	2,06 %
SE	6,99 %	5,66 %	4,71 %	6,00 %	5,28 %	5,73 %
SSE	6,10 %	5,06 %	5,13 %	7,00 %	7,46 %	6,15 %
S	5,17 %	4,82 %	3,38 %	5,31 %	4,95 %	4,73 %
SSO	10,56 %	11,69 %	8,00 %	10,98 %	9,15 %	10,08 %
SO	11,35 %	11,27 %	11,51 %	9,74 %	10,56 %	10,89 %
OSO	9,70 %	11,56 %	11,88 %	8,81 %	9,90 %	10,37 %
O	8,93 %	9,91 %	9,35 %	8,97 %	9,97 %	9,43 %
ONO	4,59 %	6,47 %	5,70 %	5,29 %	6,40 %	5,69 %
NO	3,70 %	4,12 %	5,62 %	4,47 %	4,96 %	4,57 %
NNO	2,83 %	2,50 %	3,36 %	3,23 %	3,13 %	3,01 %
Calmes	2,86 %	3,01 %	4,43 %	3,14 %	2,68 %	3,22 %
Manquantes/ incomplètes	0,01 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,01 %	0,00 %

Source : Données météorologiques obtenues en ligne d'Environnement Canada

Tableau 2.2 : Températures moyennes des données employées pour la modélisation

Mois	Mont-Joli 2008 (°C)	Mont-Joli 2009 (°C)	Mont-Joli 2010 (°C)	Mont-Joli 2011 (°C)	Mont-Joli 2012 (°C)	Moyenne Mont-Joli 2008-2012 (°C)
Janvier	-8,70	-14,16	-6,26	-9,24	-9,98	-9,67
Février	-9,19	-7,24	-4,31	-9,80	-8,02	-7,72
Mars	-7,21	-4,79	-2,04	-4,70	-1,30	-4,01
Avril	3,61	3,26	4,46	2,13	3,01	3,29
Mai	8,86	8,58	10,59	7,78	10,79	9,32
Juin	13,18	13,47	14,54	12,69	14,47	13,67
Juillet	19,07	16,34	18,62	18,16	18,46	18,13
Août	16,33	17,20	17,99	16,73	18,43	17,33
Septembre	12,23	12,90	12,23	13,82	13,60	12,96
Octobre	6,49	4,11	6,45	7,65	6,65	6,27
Novembre	1,61	2,69	0,62	3,45	0,31	1,74
Décembre	-7,94	-5,67	-2,89	-4,99	-4,77	-5,25
Année	4,06	3,94	5,89	4,55	5,18	4,72

Source : Données météorologiques obtenues en ligne d'Environnement Canada



Source : Données horaires obtenues en ligne du site d'Environnement Canada

Figure 2.1 : Rose des vents des données de la station de l'aéroport de Mont-Joli

2.2 Données concernant les caractéristiques de surface

Les caractéristiques de surface utilisées dans le cadre de cette étude de modélisation ont été déduites des données météorologiques obtenues du MELCCFP, à l'exception des données sur l'albédo, qui ne peuvent être déterminées en examinant ces fichiers.

La zone entourant la station de l'aéroport de Mont-Joli a été subdivisée en 4 secteurs dont les caractéristiques de surface étaient relativement homogènes, chaque secteur couvrant un angle d'au moins 30 degrés. Le tableau 2.3 présente les valeurs utilisées dans le traitement des données météorologiques pour chacune des saisons. En raison des caractéristiques climatiques du secteur, l'hiver couvre la période de décembre à mars, le printemps couvre les mois d'avril et de mai, l'été va de juin à septembre et l'automne couvre les mois d'octobre et de novembre.

Tableau 2.3 : Caractéristiques de surface AERMET : Valeurs du rapport de Bowen et de la rugosité

Saison	Rapport de Bowen	Rugosité par secteur			
		307°-36°	37°-130°	131°-216°	217°-306°
Hiver	0,500	0,010	0,009	0,013	0,020
Printemps	0,320	0,029	0,024	0,031	0,051
Été	0,330	0,099	0,031	0,050	0,097
Automne	0,420	0,019	0,015	0,021	0,032

Hiver : Décembre à mars
Printemps : Avril et mai
Été : Juin à septembre
Automne : Octobre et novembre

2.3 Topographie

Les données topographiques du secteur entourant le site du port de Matane ont été obtenues de la base de données de l'US Geological Survey, version 20132. La carte 2.1 montre la topographie du secteur entourant le site du port dans une zone couvrant 10 km par 10 km.

La topographie de la zone d'étude est assez accidentée. En effet, l'altitude des récepteurs choisis dans la zone d'étude varie entre 2 et 182 mètres, soit un écart de 180 mètres entre le récepteur le plus élevé et celui le plus bas. Le port de Matane est situé en bordure du fleuve Saint-Laurent et son altitude est donc près du niveau de la mer. Le port a été construit dans une section relativement plane s'étendant jusqu'à 2 km de celui-ci. En s'éloignant du fleuve, l'altitude augmente graduellement, sauf dans la vallée creusée par la rivière Matane, qui est orientée nord-sud dans la partie située à l'est de la zone d'étude. Le récepteur dont l'altitude est la plus élevée se situe au coin sud-est de la zone d'étude, à près de 7 km du port.

Lors de la réalisation de la modélisation, un certain nombre de récepteurs doivent être définis pour vérifier si les concentrations de contaminants provenant des sources du port sont conformes aux normes en vigueur. Dans le cas de la zone d'étude utilisée dans le cadre de ce projet, une grille couvrant une distance de 10 km sur 10 km comportant des récepteurs à tous les 200 mètres, une grille couvrant des récepteurs aux 100 mètres sur une distance de 2 km au-delà des limites de propriété du port et une grille plus serrée comportant des récepteurs à tous les 50 mètres jusqu'à une distance de 0,5 km des installations ont été bâties. Ces grilles ont été bâties afin d'inclure un plus grand nombre de récepteurs dans les zones résidentielles situées à proximité du port. De plus, 64 récepteurs ont été placés à tous les 50 mètres le long de la limite de propriété du port et 467 récepteurs ont été placés à tous les 50 mètres le long de la limite de la zone industrielle située au sud du port. L'emplacement des récepteurs où des calculs ont été réalisés dans la zone d'étude est illustré à la carte 2.2. Finalement,

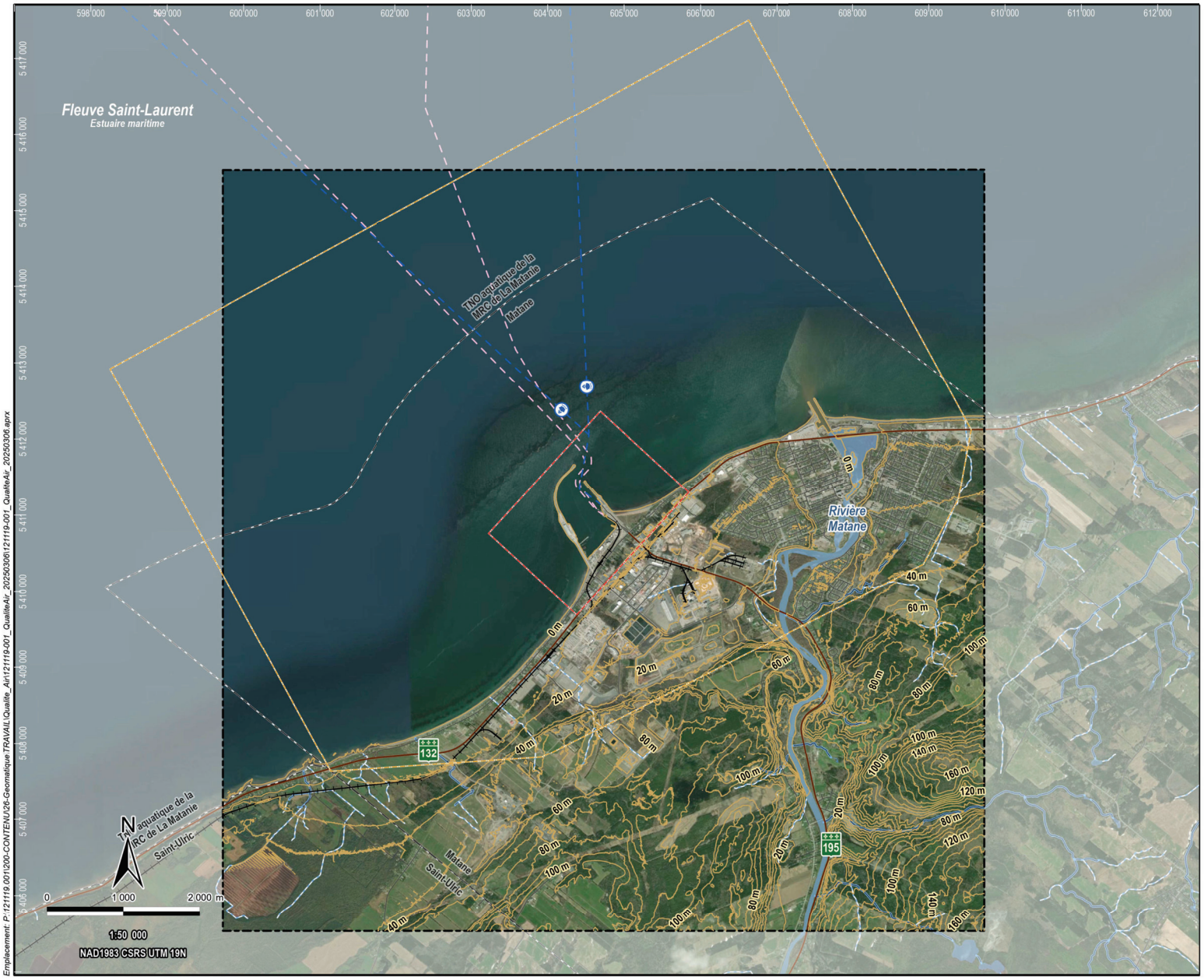
[2] https://prd-tnm.s3.amazonaws.com/StagedProducts/Elevation/1/TIFF/historical/n49w068/USGS_1_n49w068_20130911.tif

25 récepteurs correspondant à des récepteurs sensibles ont été identifiés et ajoutés au modèle. Les coordonnées de ces récepteurs sont présentées au tableau 2.4. L'emplacement des récepteurs sensibles est également illustré à la carte 2.2.

Les fichiers topographiques obtenus de l'outil d'extraction des données géospatiales ont été traités par le logiciel AERMAP, version 18081, pour obtenir les élévations des récepteurs requis et pour tenir compte des particularités de la topographie en cause et de leur effet sur la dispersion des contaminants émis par les différentes sources du port.

Tableau 2.4 : Récepteurs sensibles identifiés dans la zone d'étude

Numéro	Récepteur	Coord. UTM X (m)	Coord. UTM Y (m)	Élévation (m)
Résidences les plus rapprochées				
R1	Résidence en bordure de la rue Matane-sur-Mer	604 909	5 410 596	7
R2	Résidence en bordure de la rue Matane-sur-Mer	604 887	5 410 573	7
R3	Résidence en bordure de la rue Matane-sur-Mer	604 862	5 410 539	7
R4	Résidence en bordure de la rue Matane-sur-Mer	604 827	5 410 498	7
R5	Résidence en bordure de la rue Matane-sur-Mer	604 791	5 410 451	7
Écoles primaires				
E1	École primaire Bon-Pasteur	606 983	5 411 036	26
E2	École primaire Zénon-Soucy	608 471	5 411 402	26
E3	École primaire Victor-Côté	607 628	5 411 586	8
Garderies et centres de la petite enfance				
CPE1	CPE Les P'tits loups de mer	608 237	5 411 627	6
CPE2	CPE L'escouade des Bestioles	609 597	5 410 946	36
CPE3	CPE La Marmaille	607 409	5 411 081	9
CPE4	CPE L'Équipage des petits	606 518	5 411 515	17
Résidences pour personnes âgées				
RPA1	RPA Résidence des Sages	607 790	5 411 787	7
RPA2	RPA Havre du Geai Bleu	609 740	5 410 944	37
RPA3	RPA Société Alzheimer du Bas-Saint-Laurent	608 006	5 411 172	10
RPA4	RPA Résidence des Bâtisseurs	607 809	5 411 300	9
RPA5	RPA Foyer Béatrice	608 820	5 411 843	22
Hôpitaux et cliniques médicales				
HC1	Hôpital	608 245	5 411 120	25
HC2	CLSC	607 854	5 411 364	9
HC3	CHSLD	607 696	5 410 812	10
HC4	Centre médical St-Jérôme	607 900	5 411 269	9
HC5	Clinique médicale de Matane	609 134	5 412 135	17
HC6	Clinique médicale de Saint-Rédempteur	608 344	5 411 600	17
HC7	Clinique médicale Dr Charles Drouin	607 783	5 411 114	10
HC8	Clinique médicale Landry	607 019	5 411 623	14



Emplacement: P:\121119.001\200-CONTENU\26-Geomatique\TRAVAIL\Qualite_Air\121119-001_QualiteAir_20250306\121119-001_QualiteAir_20250306.aprx

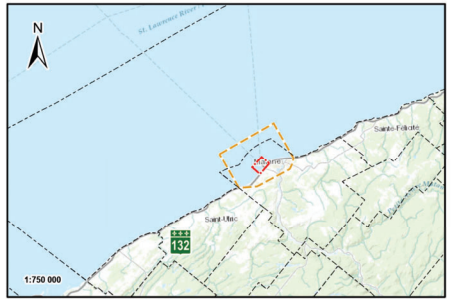
Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie

Zone d'étude élargie
Zone d'étude locale
Limite municipale
Limite de la modélisation
Courbe de niveau (10 m)

Réseau ferroviaire
Voie ferrée
Transbordeur

Réseau routier
Route nationale
Réseau local
Liaison maritime

Hydrographie *(GRHQ, 2019)*
Permanent
Intermittent
Cours d'eau surfacique



Réaménagement des installations portuaires de Matane

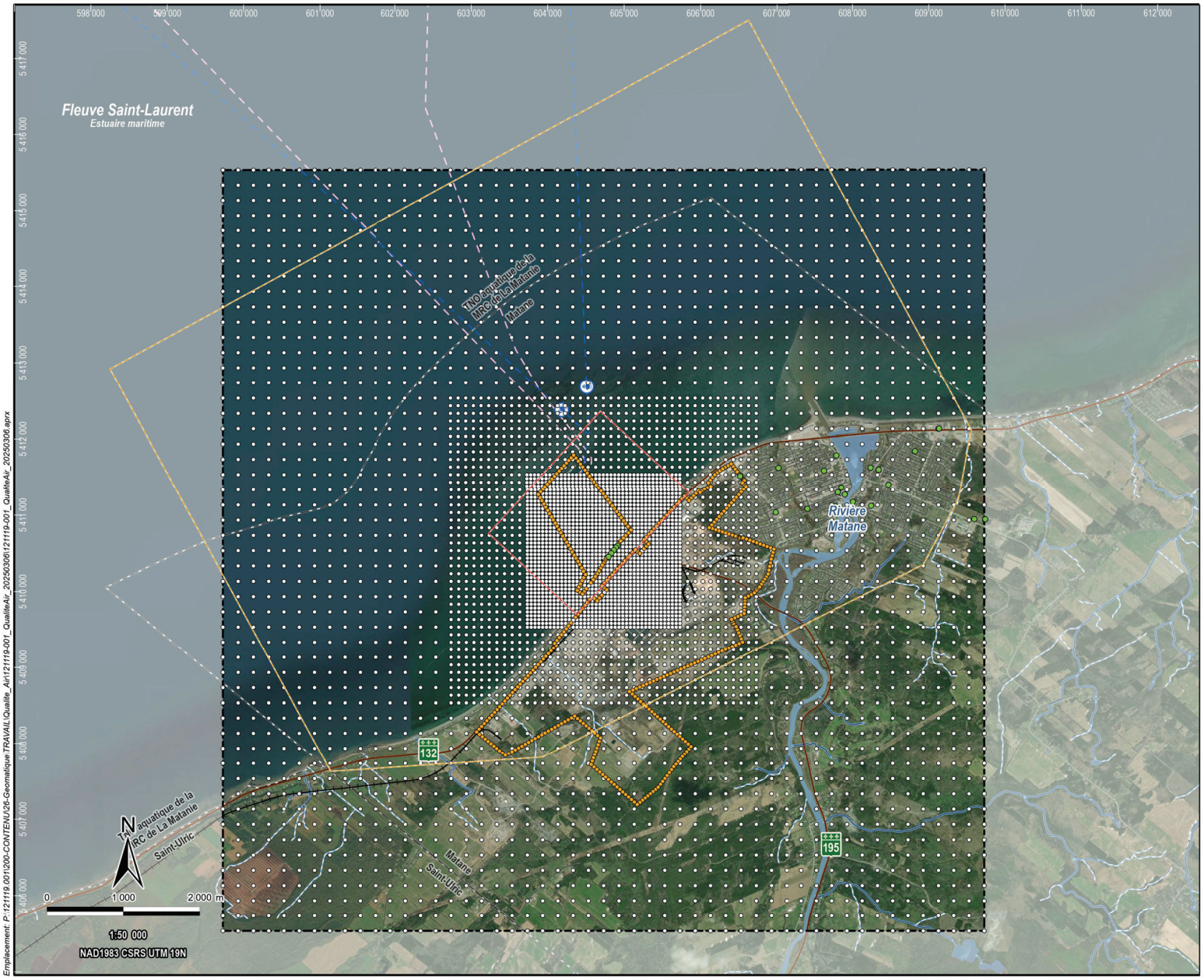
Topographie de la zone d'étude

CONSORTIUM NORDA STELO/ENGLOBE

MARS, 2025
121119-001_C2-1_Topographie_20250311.pagx
Base carto : Maxar, 2022

Carte 2.1

Préparé : AB Dessiné : MPRO Vérifié : AB



Emplacement: P:\121119.001\200-CONTENU\26-Geomatique\TRAVAIL\Qualite_Air\121119-001_QualiteAir_20250306\121119-001_QualiteAir_20250306.aprx

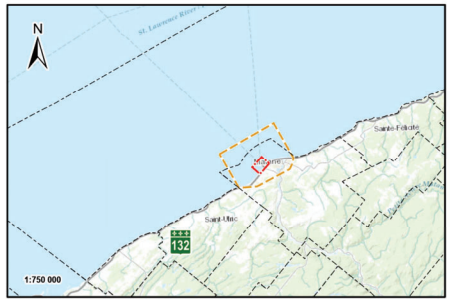
Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie

Zone d'étude élargie
Zone d'étude locale
Limite municipale
Limite de la modélisation
Récepteur sensible
Récepteur (limite de propriété du port ou limite d'une zone industrielle)
Recepteur (grille)

Réseau ferroviaire
Voie ferrée
Transbordeur

Réseau routier
Route nationale
Réseau local
Liaison maritime

Hydrographie *(GRHQ, 2019)*
Permanent
Intermittent
Cours d'eau surfacique



Réaménagement des installations portuaires de Matane

Récepteurs utilisés pour les calculs

CONSORTIUM NORDA STELO/ENGLOBE

MARS, 2025
121119-001_C2-2_Recepteurs_20250311.pagx
Base carto : Maxar, 2022

Carte 2.2

Préparé : AB Dessiné : MPRO Vérifié : AB

2.4 Données d'émission à la source

Les travaux de réaménagement des installations portuaires de Matane se dérouleront en suivant plusieurs phases, nécessitant le recours à des équipements de nature diverse. Par conséquent, les sources d'émission de contaminants présentes sur le site du port varieront durant toute la durée des travaux.

On distingue deux types de sources d'émission. La première catégorie est celle des véhicules qui fréquentent le port dans le cadre des opérations normales d'exploitation : elle regroupe les navires accostés au port, les équipements de chargement et déchargement du contenu des navires et les véhicules routiers (camions-remorques, camionnettes, véhicules de promenade) entrant et sortant du port pour y effectuer des livraisons ou pour récupérer des marchandises. La seconde catégorie est celle des équipements utilisés pour effectuer les travaux de réaménagement des installations portuaires : on compte dans cette catégorie les équipements qui serviront au dragage du fond marin à l'intérieur du havre et les équipements qui serviront à la reconstruction des installations, tels que les grues, bouteurs, chargeuses et camions de transport des matériaux.

Les sous-sections suivantes présentent les taux d'émission retenus pour chacun des types d'équipements utilisés dans le cadre des travaux et dans le cadre de l'exploitation du port. On doit noter que cette évaluation a été faite sur la base de l'expérience du consortium, mais que le choix des équipements requis pour réaliser les travaux relèvera de l'entrepreneur qui sera retenu pour la concrétisation du projet. La séquence des activités décrites dans ce rapport au sein d'une phase est également basée sur l'expérience du Consortium, mais l'Entrepreneur pourra faire des choix différents. Au final, l'Entrepreneur déposera ses propres méthodes de travail et séquences d'activités. La seule certitude est que le poste à quai 2 doit être construit, et opérationnel, avant la démolition du poste à quai 1 (quai commercial existant).

2.4.1 Facteurs d'émission utilisés

Les émissions provenant des travaux proviendront majoritairement des échappements des véhicules et de la manutention des matériaux de construction et des marchandises manipulées dans le cadre des opérations se déroulant sur les quais.

Dans le cas des équipements lourds qui seront utilisés dans le cadre des travaux, les normes d'émission utilisées proviennent du règlement américain intitulé « *Emission standards and supplemental requirements for 2007 and later model year diesel heavy-duty engines and vehicles (Title 40 Chapter I Subchapter C Part 86 Subpart A § 86.007-11)* ». Ce règlement précise que les émissions de monoxyde de carbone (CO) ne doivent pas dépasser 15,5 g/hp/h, les émissions d'oxydes d'azote (NO_x) doivent être inférieures à 0,2 g/hp/h et que la limite d'émission pour les particules est de 0,01 g/hp/h.

Dans le cas des camions légers et des véhicules commerciaux, les normes d'émission employées sont basées sur les normes d'émission de type Tier 3[3], applicables pour les années-modèles 2017 et subséquentes. On doit noter que la norme d'émission pour les oxydes d'azote (NO_x) inclut également les émissions de composés gazeux organiques excluant le méthane (Non-methane organic gases ou NMOG); dans ces cas, les émissions ont été considérées comme étant entièrement composées d'oxydes d'azote, ce qui pourrait surestimer certains des résultats. Les facteurs d'émission utilisés concernent les véhicules les plus polluants de cette catégorie, car il s'agit en général de véhicules dotés de motorisations puissantes. Les taux d'émission utilisés sont de 4,2 g/mile pour le monoxyde de carbone (CO), de 0,16 g/mile pour les oxydes d'azote (NOx) et de 0,003 g/mile pour les particules. On a considéré que les véhicules, lorsqu'ils sont en déplacement, roulent à une vitesse moyenne de

[3] https://19january2021snapshot.epa.gov/greenvehicles/light-duty-vehicle-emissions_.html#standards

50 km/h dans la zone étudiée. Cette vitesse a été fixée à 30 km/h dans le cas des véhicules circulant sur le site du port.

Les normes d'émission utilisées pour les moteurs des navires d'une puissance de moins de 3 700 kW proviennent du règlement américain « *Exhaust emission standards for Category 1 and Category 2 engines. (Title 40 Chapter I Subchapter U Part 1042 Subpart B § 1042.101)* ». Ces normes sont de 5 g/kW/h pour le monoxyde de carbone (CO), de 6,2 g/kW/h pour les oxydes d'azote (NO_x) et 0,14 g/kW/h pour les particules.

Le tableau 2.5 présente les taux d'émission utilisés pour chaque type de véhicule ou équipement susceptible d'être employé dans le cadre de l'opération du port et dans le cadre des travaux de construction des nouvelles installations.

Tableau 2.5 : Taux d'émission utilisés pour les différentes sources présentes lors de l'opération des quais et des travaux de construction

Équipement	Puissance (HP)	Taux d'émission (g/h)				Taux d'émission (g/s)			
		CO	NOx	PM	SO_2	CO	NOx	PM	SO_2
Opération des deux quais									
Chargeuse sur roues	432	6 696	86.4	4.32	1.326	1.8600	0.0240	0.0012	0.0004
Pelle mécanique	131	2 030.5	26.2	1.31	0.265	0.5640	0.0073	0.0004	0.0001
Camion 53 pieds	450	6 975	90	4.5	0.476	1.9375	0.0250	0.0013	0.0001
Chariot élévateur	432	6 696	86.4	4.32	1.326	1.8600	0.0240	0.0012	0.0004
Navire quai 1	11 501	42 900	53 196	1 201	181.184	11.92	14.7767	0.3337	0.0503
Navire quai 2	12 793	47 718	59 170	1 336	201.532	13.26	16.4362	0.3711	0.0560
Camionnettes	400	130.49	4.97	0.09	0.476	0.0362	0.0014	0.0000	0.0001
Travaux de construction									
Dragage du chenal des pêcheurs									
Dragues mécaniques	405	1 511	1 873	42.3	1.2920	0.4196	0.5203	0.0117	0.00036
Remorqueurs	750	2 797.5	3 468.9	78.33	2.3925	0.7771	0.9636	0.0218	0.00066
Dragage du poste à quai no 2									
Drague mécanique	405	1 511	1 873	42.3	1.2920	0.4196	0.5203	0.0117	0.00036
Drague hydraulique	2000	7460	9 250.4	208.88	6.3801	2.0722	2.5696	0.0580	0.00177
Remorqueurs	750	2 797.5	3 468.9	78.33	2.3925	0.7771	0.9636	0.0218	0.00066
Construction des quais									
Chargeuse sur roues	432	6 696	86.40	4.32	1.326	1.8600	0.0240	0.0012	0.0004
Grue	405	6 278	81.00	4.05	1.326	1.7438	0.0225	0.0011	0.0004
Pelle mécanique	131	2 031	26.20	1.31	0.265	0.5640	0.0073	0.0004	0.0001
Camion benne 12 roues	450	6 975	90.00	4.5	0.765	1.9375	0.0250	0.0013	0.0002
Camionnettes	400	130.49	4.97	0.09	0.476	0.0362	0.0014	0.0000	0.0001
Chargeuse sur roues	432	6696	86.4	4.32	1.326	1.8600	0.0240	0.0012	0.0004
Compacteur	131	2 031	26.20	1.31	0.332	0.5640	0.0073	0.0004	0.0001
Bouteur	265	4 108	53.00	2.65	0.691	1.1410	0.0147	0.0007	0.0002
Paveuse	225	3 487.5	45	2.25	0.238	0.9688	0.0125	0.0006	0.00007

2.4.2 Situation actuelle

Des calculs de modélisation ont été effectués avec des conditions représentatives de la situation actuelle, avec l'opération d'un quai et la circulation routière afférente. Ces résultats permettront de mesurer l'impact des travaux de construction qui seront réalisés ultérieurement. Les sources d'émission considérées dans le modèle sont des véhicules de type camionnettes ou VUS circulant sur la rue du Port pour emprunter ensuite la route 132 vers l'est ou vers l'ouest. On a également inclus au modèle les émissions d'un navire amarré au quai existant ainsi que celles d'une chargeuse sur roues, d'une pelle mécanique et d'un camion à benne de 53 pieds.

2.4.3 Scénario d'émission 1 des travaux : Dragage du chenal des pêcheurs

La première phase des travaux consistera en la réalisation du dragage du chenal des pêcheurs. Cette étape préparatoire implique l'utilisation de 2 grues dragueuses, chaque grue étant montée sur une barge, et de quatre remorqueurs. Une autre barge non motorisée reçoit les sédiments prélevés au fond du chenal. Dans ce scénario, les remorqueurs servent à déplacer les grues le long du chenal et à tirer la barge recevant les sédiments en haute mer, où ceux-ci sont relâchés dans le fleuve. Afin de s'assurer que la modélisation soit représentative de la pire situation possible, les grues et les remorqueurs ont été positionnés le plus près possible de la rive du fleuve Saint-Laurent, à la hauteur du quai des pêcheurs. Tous les moteurs fonctionnent à leur régime maximal.

Le port demeurant en opération, on a considéré que des véhicules de type camionnettes ou VUS circulaient sur la rue du Port pour emprunter ensuite la route 132 vers l'est ou vers l'ouest. On a également inclus au modèle les émissions d'un navire amarré au quai existant ainsi que celles d'une chargeuse sur roues, d'une pelle mécanique et d'un camion à benne de 53 pieds.

La position des équipements considérés dans le cadre de la modélisation est montrée à la carte 2.3.

2.4.4 Scénario d'émission 2 des travaux : Dragage du poste à quai no 2

La seconde phase des travaux consistera à draguer le secteur où le poste à quai no 2 sera construit. Dans ce cas, les équipements utilisés pour le dragage seront une grue dragueuse montée sur une barge, une drague hydraulique et deux remorqueurs. Toutefois, étant donné qu'une partie des sédiments sera contaminée et qu'il ne sera pas possible de les rejeter au large, on considère également qu'un camion-benne à 12 roues recevra ces sédiments pour les acheminer vers un site de traitement situé dans le secteur de Rimouski. Un total de 236 voyages de camions sera requis pour évacuer ces sédiments contaminés. Le modèle tient compte du fait qu'un camion par heure sera utilisé pour évacuer ces sédiments.

Les sources considérées pour l'opération du port sont les mêmes que pour la première phase des travaux.

La position des équipements considérés dans le cadre de la modélisation est montrée à la carte 2.4.

2.4.5 Scénario d'émission 3 des travaux : Construction du quai no 2

Dans le cadre de ce scénario, les opérations de dragage se poursuivent cette fois en façade du quai actuel. La construction du quai no 2, qui sera érigé perpendiculairement au quai actuel, se déroulera en installant des palplanches qui seront mises en place en utilisant 2 grues et une chargeuse sur roues. Une fois les palplanches mises en place, du matériel de remplissage sera déversé à l'intérieur de l'enceinte ainsi créée. Ce matériel est transporté par des camions-bennes à 12 roues et déplacé à son lieu de destination finale à l'aide d'une pelle mécanique, d'une chargeuse sur roues et d'un bouteur. Un compacteur sera ensuite utilisé pour assurer la stabilité du matériel installé. Des camionnettes seront également employées par les ouvriers et contremaîtres pendant toute la durée des travaux.

La position des équipements considérés dans le cadre de la modélisation est montrée à la carte 2.5.

2.4.6 Scénario d'émission 4 des travaux : Exploitation du poste à quai no 2 et démolition/reconstruction du poste à quai no 1

La quatrième phase des travaux débutera une fois que la construction du poste à quai no 2 sera terminée et lorsque son exploitation aura débuté. La démolition du quai actuel débutera ensuite et sera suivie de sa reconstruction. Les équipements requis pour réaliser ces travaux sont les mêmes que ceux qui seront utilisés pour la construction du poste à quai no 2. On retrouvera donc 2 grues et une chargeuse sur roues pour mettre en place les palplanches servant de structure pour le nouveau quai. Une fois les palplanches mises en place, du matériel de remplissage sera déversé à l'intérieur de l'enceinte ainsi créée. Ce matériel est transporté par des camions-bennes à 12 roues et déplacé à son lieu de destination finale à l'aide de deux pelles mécaniques, d'une chargeuse sur roues et d'un bouteur. Un compacteur sera ensuite utilisé pour assurer la stabilité du matériel installé. Des camionnettes seront également employées par les ouvriers et contremaîtres pendant toute la durée des travaux.

L'exploitation du quai no 2 aura alors débuté et nécessitera l'utilisation d'une chargeuse sur roues, d'une pelle mécanique et d'un chariot élévateur. De plus, des camionnettes et un camion-remorque de 53 pieds sont inclus dans le modèle pour représenter la circulation induite par l'exploitation du quai.

La position des équipements considérés dans le cadre de la modélisation est montrée à la carte 2.6.

2.4.7 Scénario d'émission 5 des travaux : Exploitation des 2 postes à quai et reconstruction du réseau d'aqueduc

Dans cette phase des travaux, la construction des deux postes à quai est terminée et ceux-ci sont en exploitation. Les seuls travaux restant pour compléter le projet consistent en la réfection du brise-lames ouest avec de l'enrochement, la reconstruction du réseau d'aqueduc et en la réfection des accès aux quais, ces travaux se déroulant près de la rive. On doit prévoir une intensification de la fréquentation des véhicules vers les nouveaux quais pour les fins de l'opération du port, mais le nombre d'équipements requis pour les travaux de construction est toutefois moindre que dans le cas des phases précédentes.

La position des équipements considérés dans le cadre de la modélisation est montrée à la carte 2.7.



Emplacement: P:\121119.001\200-CONTENU\26-Geomatique\TRAVAIL\Qualite_Air\121119-001_QualiteAir_20250306\121119-001_QualiteAir_20250306.aprx

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie

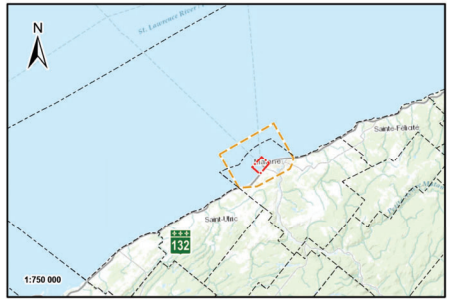
Limite municipale
Zone d'étude locale
Zone d'étude élargie

Équipement
- Navire au poste à quai
- Machinerie

Réseau routier
- Route nationale
- Réseau local
- Liaison maritime

Réseau ferroviaire
- Voie ferrée
- Transbordeur

Bathymétrie *(Englobe, 2023)*
- Zéro des cartes (ZC) : -1,981 m
- Isobathes (1 m)



Réaménagement des installations portuaires de Matane

Position des équipements
Scénario 1

CONSORTIUM NORDA STELO/ENGLOBE

MARS, 2025
121119-001_C2-3_Equipements_20250311.pagx
Base carto : Maxar, 2022

Carte 2.3

Préparé : AB Dessiné : MPRO Vérifié : AB



Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie

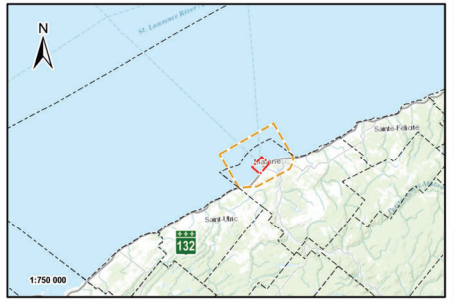
Limite municipale
Zone d'étude locale
Zone d'étude élargie

Équipement
Navire au poste à quai
Machinerie

Réseau routier
Route nationale
Réseau local
Liaison maritime

Réseau ferroviaire
Voie ferrée
Transbordeur

Bathymétrie *(Englobe, 2023)*
Zéro des cartes (ZC) : -1,981 m
Isobathes (1 m)



Réaménagement des installations portuaires de Matane

Position des équipements
Scénario 2

CONSORTIUM NORDA STELO/ENGLOBE

MARS, 2025
121119-001_C2-4_Equipements_20250311.pagx
Base carto : Maxar, 2022

Carte 2.4

Préparé : AB Dessiné : MPRO Vérifié : AB



Emplacement: P:\121119.001\200-CONTENU\26-Geomatique\TRAVAIL\Qualite_Air\121119-001_QualiteAir_20250306\121119-001_QualiteAir_20250306.aprx

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie

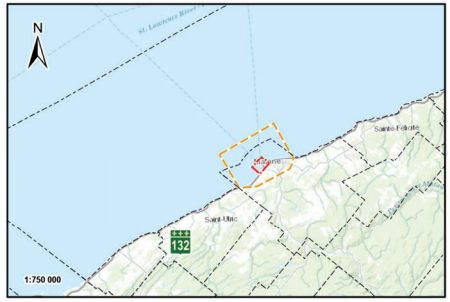
Limite municipale
Zone d'étude locale
Zone d'étude élargie

Équipement
- Navire au poste à quai
- Machinerie

Réseau routier
- Route nationale
- Réseau local
- Liaison maritime

Réseau ferroviaire
- Voie ferrée
- Transbordeur

Bathymétrie *(Englobe, 2023)*
- Zéro des cartes (ZC) : -1,981 m
- Isobathes (1 m)



Réaménagement des installations portuaires de Matane

Position des équipements
Scénario 3

CONSORTIUM NORDA STELO/ENGLOBE

MARS, 2025
121119-001_C2-5_Equipements_20250311.pagx
Base carto : Maxar, 2022

Carte 2.5

Préparé : AR Dessiné : MPRO Vérifié : AT



Emplacement: P:\121119.001\200-CONTENU\26-Geomatique\TRAVAIL\Qualite_Air\121119-001_QualiteAir_20250306\121119-001_QualiteAir_20250306.aprx

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie

Québec

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie

- Limite municipale
- Zone d'étude locale
- Zone d'étude élargie

Équipement

- Navire au poste à quai
- Machinerie

Réseau routier

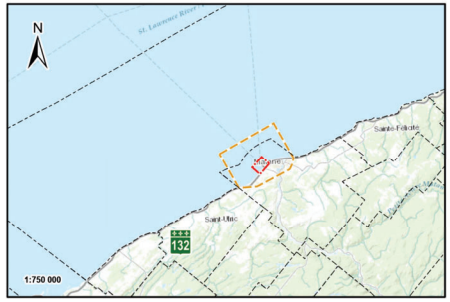
- Route nationale
- Réseau local
- Liaison maritime

Réseau ferroviaire

- Voie ferrée
- Transbordeur

Bathymétrie *(Englobe, 2023)*

- Zéro des cartes (ZC) : -1,981 m
- Isobathes (1 m)



Réaménagement des installations portuaires de Matane

Position des équipements
Scénario 4

NORDA STELO ENGLOBE
CONSORTIUM NORDA STELO/ENGLOBE

MARS, 2025
121119-001_C2-6_Equipements_20250311.pagx
Base carto : Maxar, 2022

Carte 2.6

Préparé : AB Dessiné : MPRO Vérifié : AB



Emplacement: P:\121119.001\200-CONTENU\26-Geomatique\TRAVAIL\Qualite_Air\121119-001_QualiteAir_20250306\121119-001_QualiteAir_20250306.aprx

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie

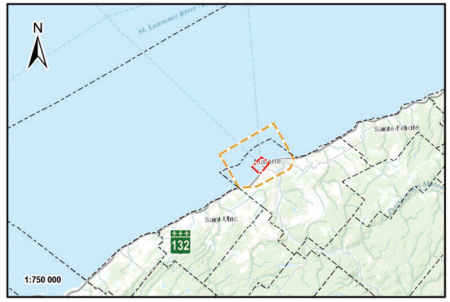
Limite municipale
Zone d'étude locale
Zone d'étude élargie

Équipement
Navire au poste à quai
Machinerie

Réseau routier
Route nationale
Réseau local
Liaison maritime

Réseau ferroviaire
Voie ferrée
Transbordeur

Bathymétrie *(Englobe, 2023)*
Zéro des cartes (ZC) : -1,981 m
Isobathes (1 m)



Réaménagement des installations portuaires de Matane

Position des équipements
Scénario 5

CONSORTIUM NORDA STELO/ENGLOBE

AVRIL, 2025
121119-001_C2-7_Equipements_20250311.pagx
Base carto : Maxar, 2022

Carte 2.7

Préparé : AB Dessiné : MPRO Vérifié : AB

2.4.8 Période d'exploitation des deux postes à quai

Les derniers calculs effectués portent sur la période d'exploitation des deux postes à quai une fois les travaux terminés. Ces résultats permettront de comparer la situation qui prévaudra une fois les travaux réalisés avec la situation actuelle. Ils permettront également de mettre en perspective l'impact des travaux de construction par rapport à la période d'exploitation des nouvelles infrastructures.

La position des équipements considérés dans le cadre de la modélisation est montrée à la carte 2.8.

2.5 Données concernant les bâtiments

La présence d'un bâtiment peut affecter l'écoulement de l'air autour de celui-ci et influencer la configuration du panache provenant d'une source. Il est donc nécessaire de tenir compte de la configuration de tous les bâtiments situés à proximité des sources lors de la réalisation des calculs. Il y a présentement un entrepôt sur le quai actuel, et aucune source d'émission n'y est présente.

Dans le cas de ces calculs de modélisation, les sources d'émission qui seront présentes ont des hauteurs de sortie relativement basses par rapport au niveau du sol, car il s'agit principalement des sorties des échappements des véhicules qui seront utilisés dans le cadre des travaux de démolition et de reconstruction des infrastructures.

L'entrepôt, le quai actuel, le brise-lames et les installations de la Société des traversiers du Québec constituent des barrières à l'écoulement des vents dont nous avons tenu compte dans le cadre des calculs de modélisation. Les scénarios des travaux impliquant la démolition et la reconstruction du quai actuel ont également tenu compte de la présence du nouveau quai et de son influence sur l'écoulement des vents.

Les relevés des coordonnées des bâtiments et des infrastructures portuaires ont été réalisés à partir des informations disponibles sur Google Earth[4]. Les positions des sources existantes et de celles qui seront utilisées lors des travaux ont été choisies de manière à maximiser l'impact sur les récepteurs les plus rapprochés, ce qui constitue le pire cas. Les données concernant les dimensions physiques de ces bâtiments, ainsi que le positionnement et l'élévation des sources par rapport à celui-ci, ont été introduits dans le logiciel BPIP-PRIME[5], développé par l'Agence américaine de protection de l'environnement.

2.6 Normes d'air ambiant et concentrations initiales

Les calculs de modélisation ont été effectués pour les contaminants suivants :

- Monoxyde de carbone (CO)
- Dioxyde d'azote (NO_2)
- Dioxyde de soufre (SO_2)
- Particules totales
- Particules fines ou particules de moins de 2,5 microns ($PM_{2.5}$)

[4] Données géographiques ©2025 Google et Airbus

[5] US EPA. - Air Quality Dispersion Modeling - Related Model Support Programs (https://www.epa.gov/scram/air-quality-dispersion-modeling-related-model-support-programs)

Dans le cadre de cette étude, les concentrations initiales suggérées par le MELCCFP à l'annexe K du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère (Q-2, r.4.1)* pour les contaminants seront ajoutées aux résultats des calculs de modélisation.

Pour fins d'information, le tableau 2.8 présente les normes présentement en vigueur au Québec (en date du 1er novembre 2024) dans le *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère (RAA),* ainsi que les concentrations initiales suggérées. Ces normes s'appliquent à l'extérieur des limites de propriété ainsi qu'à l'extérieur des territoires zonés à des fins industrielles.

Tableau 2.8 : Normes d'air ambiant et concentrations initiales utilisées dans le cadre de ce rapport

Contaminant	Concentrations (µg/m³) [6]									
	4 minutes		1 h		8 h		24 h		Annuelle	
	Norme	C.I.	Norme	C.I.	Norme	C.I.	Norme	C.I.	Norme	C.I.
Monoxyde de carbone	N/A	N/A	34 000	2 650	12 700	1 750	N/A	N/A	N/A	N/A
Dioxyde d'azote (NO_2)	N/A	N/A	414	150	N/A	N/A	207	100	103	30
Dioxyde de soufre (SO_2)	1 050	150	N/A	N/A	N/A	N/A	288	50	52	20
Matières particulaires totales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	120	90	N/A	N/A
Matières particulaires de moins de 2.5 microns ($PM_{2.5}$)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	30	20	N/A	N/A

C.I. : Concentration initiale (µg/m³)
N/A : Non applicable

[6] Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère (Q-2, r. 4.1)



Emplacement: P:\121119.001\200-CONTENU\26-Geomatique\TRAVAIL\Qualite_Air\121119-001_QualiteAir_20250306\121119-001_QualiteAir_20250306.aprx

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie

Légende

- Limite municipale
- Zone d'étude locale
- Zone d'étude élargie

Équipement

- Navire au poste à quai
- Machinerie

Réseau routier

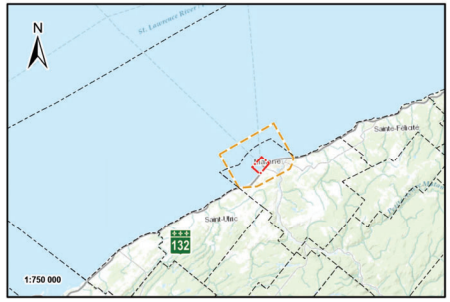
- Route nationale
- Réseau local
- Liaison maritime

Réseau ferroviaire

- Voie ferrée
- Transbordeur

Bathymétrie *(Englobe, 2023)*

- Zéro des cartes (ZC) : -1,981 m
- Isobathes (1 m)



Réaménagement des installations portuaires de Matane

Position des équipements
Scénario 6

CONSORTIUM NORDA STELO/ENGLOBE

MARS, 2025

121119-001_C2-8_Equipements_20250311.pagx

Base carto : Maxar, 2022

Carte 2.8

Préparé : AB Dessiné : MPRO Vérifié : AB

2.7 Procédure de modélisation

Les calculs ont été réalisés en considérant que toutes les sources fonctionnent simultanément à leur régime maximal, ce qui est une hypothèse **très** conservatrice. Dans le cas des sources liées aux travaux de dragage, les sources ont été considérées comme uniquement actives durant les mois d'août à novembre afin de tenir compte des restrictions posées par la protection de l'habitat du poisson, le dragage étant interdit avant le 15 août. Les limites du modèle AERMOD ont toutefois forcé l'inclusion des périodes du 1er au 14 août dans les calculs.

Les sources liées aux travaux de construction ont été considérées comme actives entre les mois d'avril et de novembre inclusivement et de 7 heures du matin à 18 h les jours de semaine.

Dans le cas des calculs réalisés pour le dioxyde d'azote, ceux-ci ont été réalisés en suivant les indications du *Guide d'estimation de la concentration de dioxyde d'azote (NO_2) dans l'air ambiant lors de l'application des modèles de dispersion atmosphérique* (2008)[7]. Il fut considéré que les émissions des sources émettant des contaminants lors de la combustion de carburants d'origine fossile étaient constituées à 10 % de dioxyde d'azote et à 90 % de monoxyde d'azote (NO), ce qui est une hypothèse conservatrice. Le monoxyde d'azote réagit avec l'ozone présent dans les couches basses de l'atmosphère selon l'équation suivante :

$$NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$$

Les calculs ont d'abord été réalisés en assumant que la totalité du monoxyde d'azote (NO) émis était convertie en dioxyde d'azote (NO_2), ce qui est une approche très conservatrice. Les résultats obtenus en suivant cette approche ayant montré des dépassements de la norme horaire, la deuxième étape proposée dans le guide a été utilisée. La méthode de limite de la conversion du NO en fonction de la présence d'ozone (OLM ou *Ozone Limiting Method*) a été utilisée dans le cadre des calculs. Pour pouvoir utiliser cette méthode, il était nécessaire d'utiliser les données de concentration d'ozone mesurées à la station la plus rapprochée de Matane, soit la station située à Auclair, à environ 150 km du site des travaux. Puisque des dépassements étaient toujours obtenus avec la méthode OLM, la troisième méthode proposée dans le guide du ministère, soit la méthode de Hanrahan (PVMRM ou *Plume Volume Molar Ratio Method*) a été utilisée. C'est cette version des calculs qui est présentée dans ce rapport.

Un grand nombre de récepteurs sont localisés dans le fleuve Saint-Laurent. Étant donné qu'il est peu probable qu'une personne y soit exposée aux concentrations provenant des sources du port ou des équipements de construction, les résultats à ces récepteurs n'ont pas été intégrés au rapport.

Afin d'alléger la présentation du rapport, des cartes montrant les résultats des calculs ne seront produites que s'il y a dépassement de la norme s'appliquant dans ce cas.

Les options sélectionnées lors de l'exécution du modèle sont les suivantes :

Options du modèle sélectionnées lors de l'exécution

- L'élévation de chaque récepteur a été introduite dans le modèle.
- Les options par défaut ont été utilisées
- Calcul des concentrations moyennes sur 1 heure pour le monoxyde de carbone (CO), le dioxyde d'azote (NO_2) et le dioxyde de soufre (SO_2)
- Calcul des concentrations moyennes sur 8 heures pour le monoxyde de carbone (CO)

[7] COUTURE, Y., 2008. Guide d'estimation de la concentration de dioxyde d'azote (NO_2) dans l'air ambiant lors de l'application des modèles de dispersion atmosphérique, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-53731-1 (PDF), 7 pages.

- Calcul des concentrations moyennes sur 24 heures pour le dioxyde d'azote (NO_2) et le dioxyde de soufre (SO_2), les particules totales et les particules fines ($PM_{2.5}$).
- Calcul des concentrations moyennes sur une base annuelle pour le dioxyde d'azote (NO_2) et le dioxyde de soufre (SO_2).
- Dans le cas des calculs impliquant le dioxyde d'azote (NO_2), la méthode PVMRM a été utilisée.
- La déposition des particules en suspension et des gaz n'a pas été considérée dans les calculs
- Le modèle n'utilise pas de déposition sèche ni de déposition humide.
- La dispersion est faite en mode rural.
- Les options suivantes ont été sélectionnées :
  - Affaissement du panache à la sortie de la cheminée (*Stack tip downwash*);
  - Le modèle tient compte des effets de terrain élevés (*Model Accounts for ELEVated Terrain Effects*);
  - Les données de vents calmes sont traitées (*Use Calms Processing Routine*);
  - Le modèle tient compte des données manquantes (*Use Missing Data Processing Routine*);
  - Aucune demi-vie (No Exponential Decay).
- Les calculs sont faits au niveau du sol, soit l'option par défaut du modèle.
- Options de sortie des résultats :
  - Le modèle produit des tableaux des valeurs moyennes annuelles par récepteur;
  - Le modèle produit des tableaux des valeurs les plus élevées à court terme par récepteur (*RECTABLE keyword*);
  - Le modèle produit des tableaux des valeurs maximales à court terme (*MAXTABLE keyword*);
  - Le modèle produit des fichiers des événements dépassant une certaine limite (*MAXIFILE keyword*);
  - Le modèle produit un fichier des valeurs maximales les plus élevées à court terme pour des fins d'affichage (*PLOTFILE Keyword*).
- Les données d'émission sont en grammes/seconde dans le cas des sources ponctuelles et en grammes/m^2/seconde dans le cas des sources étendues.
- Facteur de conversion : 1 000 000.
- Les concentrations calculées sont en µg/m^3.
- Hauteur de l'anémomètre : 10 mètres.



3 Résultats des calculs avant la réalisation du projet

3.1 Concentrations quotidiennes de particules totales

Dans la situation actuelle, la contribution des sources d'émission de particules totales du Port de Matane est relativement faible. Sur une période de 24 heures, la concentration maximale obtenue à l'aide du modèle AERMOD s'élève à 4,86 µg/m^3, ce qui représente 4,05 % de la norme applicable de 120 µg/m^3. Cette valeur est obtenue en bordure de la rue du Port, entre la rue de Matane-sur-Mer et l'avenue du Phare Ouest, à proximité de l'entrée du port. Si on ajoute la concentration initiale de 90 µg/m^3 prévue à l'annexe K du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (RAA), on obtient une valeur maximale de 94,86 µg/m^3, ce qui représente 79,05 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 2,91 µg/m^3, ce qui représente 2,43 % de la norme applicable de 120 µg/m^3. Cette valeur est obtenue à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale de 90 µg/m^3 prévue à l'annexe K du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (RAA), on obtient une valeur maximale de 92,91 µg/m^3, ce qui représente 77,43 % de la norme.

Le tableau 3.1 présente les résultats maximaux obtenus pour les années 2008 à 2012.

Tableau 3.1 : Résumé des concentrations maximales quotidiennes obtenues pour les particules en suspension pour l'ensemble des sources d'émissions du port avant la réalisation du projet

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	3,91	3,26 %	93,91	78,26 %
2009	4,41	3,68 %	94,41	78,68 %
2010	**4,86**	**4,05 %**	**94,86**	**79,05 %**
2011	3,87	3,22 %	93,87	78,22 %
2012	3,45	2,87 %	93,45	77,87 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	2,14	1,78 %	92,14	76,78 %
2009	**2,91**	**2,42 %**	**92,91**	**77,42 %**
2010	2,56	2,14 %	92,56	77,14 %
2011	2,89	2,41 %	92,89	77,41 %
2012	2,78	2,31 %	92,78	77,31 %

3.2 Concentrations quotidiennes de particules fines ($PM_{2.5}$)

La contribution des sources d'émission de particules fines ($PM_{2.5}$) du Port de Matane est relativement faible. Sur une période de 24 heures, la concentration maximale obtenue à l'aide du modèle AERMOD s'élève à 2,90 µg/m³, ce qui représente 9,66 % de la norme applicable de 30 µg/m³. On doit noter que cette concentration est obtenue à l'un des récepteurs sensibles identifiés, soit à l'une des résidences situées le long de la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale de 20 µg/m³ prévue à l'annexe K du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (RAA), on obtient une valeur maximale de 22,90 µg/m³, ce qui représente 76,33 % de la norme. Les résultats maximaux sont présentés au tableau 3.2.

Tableau 3.2 : Résumé des concentrations maximales quotidiennes obtenues pour les particules fines ($PM_{2.5}$) pour l'ensemble des sources d'émissions du port avant la réalisation du projet

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	2,46	8,19 %	22,46	74,86 %
2009	**2,90**	**9,66 %**	**22,90**	**76,33 %**
2010	2,60	8,67 %	22,60	75,34 %
2011	2,90	9,66 %	22,90	76,32 %
2012	2,77	9,23 %	22,77	75,89 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	2,07	6,91 %	22,07	73,58 %
2009	**2,90**	**9,66 %**	**22,90**	**76,33 %**
2010	2,53	8,42 %	22,53	75,09 %
2011	2,83	9,42 %	22,83	76,08 %
2012	2,75	9,17 %	22,75	75,84 %

3.3 Concentrations de monoxyde de carbone (CO)

Deux normes de concentration maximale s'appliquent dans le cas du monoxyde de carbone (CO), soit une norme horaire et une norme sur 8 heures.

3.3.1 Concentrations horaires

La contribution des sources d'émission actuelles d'émission de monoxyde de carbone (CO) au Port de Matane est relativement faible. La concentration maximale obtenue sur une heure à l'aide du modèle AERMOD s'élève à 403 µg/m^3, ce qui représente 1,18 % de la norme applicable de 34 000 µg/m^3. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la limite de propriété du port, le long de la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale de 2 650 µg/m^3 prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 3 053 µg/m^3, ce qui représente 8,98 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 366 µg/m^3, ce qui représente 1,08 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 3 016 µg/m^3, ce qui représente 8,87 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 3.3.

Tableau 3.3 : Résumé des concentrations maximales sur une heure obtenues pour le monoxyde de carbone (CO) pour l'ensemble des sources d'émissions du port avant la réalisation du projet

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	372,56	1,10 %	3 022,56	8,89 %
2009	346,70	1,02 %	2 996,70	8,81 %
2010	401,37	1,18 %	3 051,37	8,97 %
2011	**402,82**	**1,18 %**	**3 052,82**	**8,98 %**
2012	358,46	1,05 %	3 008,46	8,85 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	363,81	1,07 %	3 013,81	8,86 %
2009	310,22	0,91 %	2 960,22	8,71 %
2010	**366,06**	**1,08 %**	**3 016,06**	**8,87 %**
2011	362,36	1,07 %	3 012,36	8,86 %
2012	325,84	0,96 %	2 975,84	8,75 %

3.3.2 Concentrations sur 8 heures

La situation est similaire en ce qui concerne la concentration maximale obtenue sur 8 heures pour le monoxyde de carbone (CO). La concentration maximale obtenue sur 8 heures s'élève à 178 µg/m^3, ce qui représente 1,40 % de la norme applicable de 12 700 µg/m^3. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la limite de propriété du port, le long de la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale de 1 750 µg/m^3 prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 1 928 µg/m^3, ce qui représente 15,18 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 166 µg/m^3, ce qui représente 1,31 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 1 916 µg/m^3, ce qui représente 15,09 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 3.4.

Tableau 3.4 : Résumé des concentrations maximales sur 8 heures obtenues pour le monoxyde de carbone (CO) pour l'ensemble des sources d'émissions du port avant la réalisation du projet

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	147,65	1,16 %	1 897,65	14,94 %
2009	161,05	1,27 %	1 911,05	15,05 %
2010	**177,92**	**1,40 %**	**1 927,92**	**15,18 %**
2011	172,97	1,36 %	1 922,97	15,14 %
2012	161,01	1,27 %	1 911,01	15,05 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	131,55	1,04 %	1 881,55	14,82 %
2009	145,83	1,15 %	1 895,83	14,93 %
2010	147,25	1,16 %	1 897,25	14,94 %
2011	**166,30**	**1,31 %**	**1 916,30**	**15,09 %**
2012	147,59	1,16 %	1 897,59	14,94 %

3.4 Concentrations de dioxyde d'azote (NO_2)

Dans le cas du dioxyde d'azote, 3 normes de concentration dans l'air ambiant s'appliquent, soit une norme sur la concentration maximale horaire, une norme sur la concentration maximale sur 24 heures et une norme annuelle. On doit rappeler que les calculs de modélisation effectués à l'aide du modèle AERMOD ont été réalisés en optant pour la troisième méthode proposée dans le guide du ministère, soit la méthode de Hanrahan (PVMRM ou Plume Volume Molar Ratio Method). Les données de concentration d'ozone utilisées proviennent de la station située à Auclair.

3.4.1 Concentrations horaires

La concentration maximale obtenue sur une heure pour le NO_2 à l'aide du modèle AERMOD s'élève à 76,79 µg/m³, ce qui représente 18,55 % de la norme applicable de 414 µg/m³. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la limite de propriété du port, près du quai d'embarquement de la Société des traversiers du Québec. Si on ajoute la concentration initiale de 150 µg/m³ prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 226,79 µg/m³, ce qui représente 54,78 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 75,90 µg/m³, ce qui représente 18,33 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 225,90 µg/m³, ce qui représente 54,57 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 3.5.

Tableau 3.5 : Résumé des concentrations maximales sur une heure obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) pour l'ensemble des sources d'émissions du port avant la réalisation du projet

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	75,90	18,33 %	225,90	54,57 %
2009	71,06	17,16 %	221,06	53,40 %
2010	65,70	15,87 %	215,70	52,10 %
2011	**76,79**	**18,55 %**	**226,79**	**54,78 %**
2012	70,44	17,01 %	220,44	53,25 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	**75,90**	**18,33 %**	**225,90**	**54,57 %**
2009	63,20	15,26 %	213,20	51,50 %
2010	61,05	14,75 %	211,05	50,98 %
2011	69,32	16,74 %	219,32	52,98 %
2012	70,44	17,01 %	220,44	53,25 %

3.4.2 Concentrations quotidiennes

Sur une base quotidienne, la concentration maximale obtenue pour le NO_2 à l'aide du modèle AERMOD s'élève à 30,72 µg/m³, ce qui représente 14,84 % de la norme applicable de 207 µg/m³. On doit noter que cette concentration est obtenue près de l'intersection de la rue de Matane-sur-Mer et de la rue du Parc Industriel allant vers le quai d'embarquement de la Société des traversiers du Québec. Si on ajoute la concentration initiale de 100 µg/m³ prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 130,72 µg/m³, ce qui représente 63,15 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 25,43 µg/m³, ce qui représente 12,28 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 125,43 µg/m³, ce qui représente 60,59 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 3.6.

Tableau 3.6 : Résumé des concentrations maximales sur 24 heures obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) pour l'ensemble des sources d'émissions du port avant la réalisation du projet

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	22,77	11,00 %	122,77	59,31 %
2009	28,74	13,89 %	128,74	62,20 %
2010	23,88	11,54 %	123,88	59,85 %
2011	**30,72**	**14,84 %**	**130,72**	**63,15 %**
2012	26,88	12,98 %	126,88	61,29 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	18,58	8,97 %	118,58	57,28 %
2009	24,01	11,60 %	124,01	59,91 %
2010	23,58	11,39 %	123,58	59,70 %
2011	**25,43**	**12,28 %**	**125,43**	**60,59 %**
2012	23,23	11,22 %	123,23	59,53 %

3.4.3 Concentrations annuelles

Sur une base annuelle, la concentration maximale obtenue pour le NO_2 à l'aide du modèle AERMOD avant la réalisation du projet pour les sources du port s'élève à 1,93 µg/m^3, ce qui représente 1,88 % de la norme applicable de 103 µg/m^3. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la limite de propriété du port, près du quai d'embarquement de la Société des traversiers du Québec. Si on ajoute la concentration initiale de 30 µg/m^3 prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 31,93 µg/m^3, ce qui représente 31,00 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 1,70 µg/m^3, ce qui représente 1,65 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 31,70 µg/m^3, ce qui représente 30,78 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 3.7.

Tableau 3.7 : Résumé des concentrations maximales sur une base annuelle obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) pour l'ensemble des sources d'émissions du port avant la réalisation du projet

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	1,73	1,67 %	31,73	30,80 %
2009	1,87	1,82 %	31,87	30,94 %
2010	**1,93**	**1,88 %**	**31,93**	**31,00 %**
2011	1,71	1,66 %	31,71	30,79 %
2012	1,83	1,78 %	31,83	30,90 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	1,21	1,17 %	31,21	30,30 %
2009	1,67	1,63 %	31,67	30,75 %
2010	1,52	1,47 %	31,52	30,60 %
2011	1,39	1,35 %	31,39	30,48 %
2012	**1,70**	**1,65 %**	**31,70**	**30,78 %**

3.5 Concentrations de dioxyde de soufre (SO_2)

Dans le cas du dioxyde de soufre (SO_2), 3 normes de concentration dans l'air ambiant s'appliquent, soit une norme sur la concentration maximale sur 4 minutes, une norme sur la concentration maximale sur 24 heures et une norme annuelle. Les concentrations sur 4 minutes sont obtenues en multipliant les concentrations horaires calculées par AERMOD par le facteur $0,97x(4/60)^{-0,25}$ (environ 1,909), tel qu'indiqué à l'annexe H du RAA. On doit noter qu'en raison de la diminution importante de la teneur en soufre dans les carburants, les taux d'émission de ce contaminant sont maintenant très faibles, ce qui se traduit dans les concentrations calculées.

3.5.1 Concentrations sur 4 minutes

La concentration maximale obtenue sur 4 minutes pour le SO_2 à l'aide du modèle AERMOD s'élève à 3,25 µg/m^3, ce qui représente 0,31 % de la norme applicable de 1 050 µg/m^3. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale de 150 µg/m^3 prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 153,25 µg/m^3, ce qui représente 14,59 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 2,95 µg/m^3, ce qui représente 0,28 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 152,95 µg/m^3, ce qui représente 14,57 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 3.8.

Tableau 3.8 : Résumé des concentrations maximales sur 4 minutes obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) pour l'ensemble des sources d'émissions du port avant la réalisation du projet

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	3,00	0,29 %	153,00	14,57 %
2009	2,79	0,27 %	152,79	14,55 %
2010	3,23	0,31 %	153,23	14,59 %
2011	**3,25**	**0,31 %**	**153,25**	**14,59 %**
2012	2,89	0,27 %	152,89	14,56 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	2,93	0,28 %	152,93	14,56 %
2009	2,49	0,24 %	152,49	14,52 %
2010	**2,95**	**0,28 %**	**152,95**	**14,57 %**
2011	2,92	0,28 %	152,92	14,56 %
2012	2,62	0,25 %	152,62	14,54 %

3.5.2 Concentrations quotidiennes

Sur une base quotidienne, la concentration maximale obtenue pour le SO_2 à l'aide du modèle AERMOD s'élève à 0,44 µg/m^3, ce qui représente 0,15 % de la norme applicable de 288 µg/m^3. On doit noter que cette concentration est obtenue à l'un des récepteurs sensibles, soit l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale de 50 µg/m^3 prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 50,44 µg/m^3, ce qui représente 17,51 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 3.9.

Tableau 3.9 : Résumé des concentrations maximales sur 24 heures obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) pour l'ensemble des sources d'émissions du port avant la réalisation du projet

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	0,37	0,13 %	50,37	17,49 %
2009	**0,44**	**0,15 %**	**50,44**	**17,51 %**
2010	0,39	0,14 %	50,39	17,50 %
2011	0,44	0,15 %	50,44	17,51 %
2012	0,42	0,14 %	50,42	17,51 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	0,31	0,11 %	50,31	17,47 %
2009	**0,44**	**0,15 %**	**50,44**	**17,51 %**
2010	0,38	0,13 %	50,38	17,49 %
2011	0,42	0,15 %	50,42	17,51 %
2012	0,41	0,14 %	50,41	17,51 %

3.5.3 Concentrations annuelles

Sur une base annuelle, la concentration maximale obtenue pour le SO_2 à l'aide du modèle AERMOD avant la réalisation du projet pour les sources du port s'élève à 0,036 µg/m^3, ce qui représente 0,07 % de la norme applicable de 52 µg/m^3. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la limite de propriété du port, près du quai d'embarquement de la Société des traversiers du Québec. Si on ajoute la concentration initiale de 20 µg/m^3 prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 20,036 µg/m^3, ce qui représente 38,53 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 0,031 µg/m^3, ce qui représente 0,06 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 20,031 µg/m^3, ce qui représente 38,52 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 3.10.

Tableau 3.10 : Résumé des concentrations maximales sur une base annuelle obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) pour l'ensemble des sources d'émissions du port avant la réalisation du projet

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	0,030	0,06 %	20,030	38,52 %
2009	0,033	0,06 %	20,033	38,52 %
2010	**0,036**	**0,07 %**	**20,036**	**38,53 %**
2011	0,028	0,05 %	20,028	38,52 %
2012	0,032	0,06 %	20,032	38,52 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	0,021	0,04 %	20,021	38,50 %
2009	**0,031**	**0,06 %**	**20,031**	**38,52 %**
2010	0,029	0,06 %	20,029	38,52 %
2011	0,025	0,05 %	20,025	38,51 %
2012	0,031	0,06 %	20,031	38,52 %



4 Résultats des calculs pour la phase 1 de la construction

Dans la première phase des travaux, le dragage du chenal des pêcheurs sera réalisé. Les sources qui seront utilisées dans le cadre de ce scénario, soit 2 dragues mécaniques et 4 remorqueurs, ont été placées dans la zone des travaux la plus rapprochée de la rive du fleuve, ce qui est la situation la plus susceptible de provoquer les concentrations les plus élevées au niveau des résidences situées dans ce secteur. Les opérations régulières du port, présentées dans la section 3 de ce rapport, ont été maintenues dans le cadre de ce scénario. Les taux d'émission des contaminants ont été évalués en supposant que les moteurs des équipements fonctionneraient en tout temps à plein régime, ce qui est une hypothèse hautement conservatrice. Les taux d'émission moyens sont difficiles à déterminer, car ils dépendront des méthodes de travail choisies par l'entrepreneur qui sera chargé des travaux.

4.1 Concentrations quotidiennes de particules totales

L'ajout des sources liées au dragage du chenal des pêcheurs augmente légèrement les concentrations de particules totales, surtout dans la zone située au sud du port. Sur une période de 24 heures, la concentration maximale obtenue à l'aide du modèle AERMOD s'élève à 7,35 µg/m^3, ce qui représente 6,13 % de la norme applicable de 120 µg/m^3. Cette valeur est obtenue en bordure de la rue de Matane-sur-Mer, en face d'une des résidences situées sur cette rue. Si on ajoute la concentration initiale de 90 µg/m^3 prévue à l'annexe K du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (RAA), on obtient une valeur maximale de 97,35 µg/m^3, ce qui représente 81,13 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 7,14 µg/m^3, ce qui représente 5,95 % de la norme applicable de 120 µg/m^3. Cette valeur est obtenue à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale de 90 µg/m^3 prévue à l'annexe K du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (RAA), on obtient une valeur maximale de 97,14 µg/m^3, ce qui représente 80,95 % de la norme.

Le tableau 4.1 présente les résultats maximaux obtenus pour les années 2008 à 2012.

Tableau 4.1 : Résumé des concentrations maximales quotidiennes obtenues pour les particules en suspension lors du dragage du chenal des pêcheurs

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	6,48	5,40 %	96,48	80,40 %
2009	5,99	4,99 %	95,99	79,99 %
2010	6,72	5,60 %	96,72	80,60 %
2011	5,64	4,70 %	95,64	79,70 %
2012	**7,35**	**6,13 %**	**97,35**	**81,13 %**
Aux récepteurs sensibles				
2008	5,10	4,25 %	95,10	79,25 %
2009	4,59	3,83 %	94,59	78,83 %
2010	6,14	5,12 %	96,14	80,12 %
2011	4,61	3,84 %	94,61	78,84 %
2012	**7,14**	**5,95 %**	**97,14**	**80,95 %**

4.2 Concentrations quotidiennes de particules fines ($PM_{2.5}$)

Puisque les sources impliquées dans le dragage du chenal des pêcheurs sont essentiellement des sources d'émission de gaz d'échappement, le taux d'émission de ces sources est donc le même que celui qui fut utilisé pour les particules totales, les particules émises par les échappements appartenant à la catégorie des particules fines. Sur une période de 24 heures, la concentration maximale obtenue à l'aide du modèle AERMOD s'élève à 7,32 µg/m³, ce qui représente 24,39 % de la norme applicable de 30 µg/m³. Cette valeur est obtenue en bordure de la rue de Matane-sur-Mer, en face d'une des résidences situées sur cette rue.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 7,12 µg/m³, ce qui représente 23,72 % de la norme applicable de 30 µg/m³. Cette valeur est obtenue à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale de 20 µg/m³ prévue à l'annexe K du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (RAA), on obtient une valeur maximale de 27,12 µg/m³, ce qui représente 90,39 % de la norme.

Les résultats maximaux sont présentés au tableau 4.2.

Tableau 4.2 : Résumé des concentrations maximales quotidiennes obtenues pour les particules fines ($PM_{2.5}$) lors du dragage du chenal des pêcheurs

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	6,44	21,48 %	26,44	88,15 %
2009	5,39	17,98 %	25,39	84,65 %
2010	6,43	21,43 %	26,43	88,09 %
2011	5,46	18,21 %	25,46	84,88 %
2012	**7,32**	**24,39 %**	**27,32**	**91,06 %**
Aux récepteurs sensibles				
2008	4,95	16,50 %	24,95	83,16 %
2009	4,54	15,13 %	24,54	81,79 %
2010	5,93	19,76 %	25,93	86,43 %
2011	4,16	13,86 %	24,16	80,53 %
2012	**7,12**	**23,72 %**	**27,12**	**90,39 %**

4.3 Concentrations de monoxyde de carbone (CO)

Deux normes de concentration maximale s'appliquent dans le cas du monoxyde de carbone (CO), soit une norme horaire et une norme sur 8 heures.

4.3.1 Concentrations horaires

L'ajout des sources liées au dragage du chenal des pêcheurs cause une hausse des concentrations de monoxyde de carbone (CO) dans le voisinage du port. La concentration maximale obtenue sur une heure à l'aide du modèle AERMOD s'élève à 978 µg/m³, ce qui représente 2,88 % de la norme applicable de 34 000 µg/m³. On doit noter que cette concentration est obtenue sur le terrain d'une des résidences de la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale de 2 650 µg/m³ prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 3 628 µg/m³, ce qui représente 10,67 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 966 µg/m³, ce qui représente 2,84 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 3 616 µg/m³, ce qui représente 10,63 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 4.3.

Tableau 4.3 : Résumé des concentrations maximales sur une heure obtenues pour le monoxyde de carbone (CO) lors du dragage du chenal des pêcheurs

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	916,73	2,70 %	3 566,73	10,49 %
2009	959,98	2,82 %	3 609,98	10,62 %
2010	**977,55**	**2,88 %**	**3 627,55**	**10,67 %**
2011	949,99	2,79 %	3 599,99	10,59 %
2012	953,12	2,80 %	3 603,12	10,60 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	916,73	2,70 %	3 566,73	10,49 %
2009	942,14	2,77 %	3 592,14	10,57 %
2010	**965,78**	**2,84 %**	**3 615,78**	**10,63 %**
2011	949,99	2,79 %	3 599,99	10,59 %
2012	953,12	2,80 %	3 603,12	10,60 %

4.3.2 Concentrations sur 8 heures

La situation est similaire en ce qui concerne la concentration maximale obtenue sur 8 heures pour le monoxyde de carbone (CO). La concentration maximale obtenue sur 8 heures s'élève à 521 µg/m³, ce qui représente 4,10 % de la norme applicable de 12 700 µg/m³. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la limite de propriété du port, près de l'intersection entre la rue de Matane-sur-Mer et la route donnant accès du terminal de la Société des traversiers du Québec. Si on ajoute la concentration initiale de 1 750 µg/m³ prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 2 271 µg/m³, ce qui représente 17,88 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 441 µg/m³, ce qui représente 3,47 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 2 191 µg/m³, ce qui représente 17,25 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 4.4.

Tableau 4.4 : Résumé des concentrations maximales sur 8 heures obtenues pour le monoxyde de carbone (CO) lors du dragage du chenal des pêcheurs

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	383,18	3,02 %	2 133,18	16,80 %
2009	**521,15**	**4,10 %**	**2 271,15**	**17,88 %**
2010	450,82	3,55 %	2 200,82	17,33 %
2011	441,04	3,47 %	2 191,04	17,25 %
2012	360,95	2,84 %	2 110,95	16,62 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	381,12	3,00 %	2 131,12	16,78 %
2009	383,07	3,02 %	2 133,07	16,80 %
2010	396,44	3,12 %	2 146,44	16,90 %
2011	**441,04**	**3,47 %**	**2 191,04**	**17,25 %**
2012	350,38	2,76 %	2 100,38	16,54 %

4.4 Concentrations de dioxyde d'azote (NO_2)

4.4.1 Concentrations horaires

La concentration maximale obtenue sur une heure pour le NO_2 à l'aide du modèle AERMOD lors du dragage du chenal des pêcheurs s'élève à 338,79 µg/m^3, ce qui représente 81,83 % de la norme applicable de 414 µg/m^3. On doit noter que cette concentration est obtenue à la limite de propriété du port, à proximité du concessionnaire Hyundai et de l'hôtel Quality Inn. Si on ajoute la concentration initiale de 150 µg/m^3 prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 488,79 µg/m^3, ce qui représente 118,06 % de la norme. Un examen plus approfondi des résultats pour les récepteurs pour lesquels des dépassements ont été obtenus montre que ceux-ci ne se produiraient que sur 3 heures seulement au cours des 5 années retenues pour la modélisation, et que sur cette période de 5 ans, il y aurait au maximum une heure de dépassement de la norme à chacun des récepteurs. Puisque la grille des récepteurs est serrée à proximité de la limite de propriété du port, la zone où des dépassements seraient obtenus est très restreinte.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 274,77 µg/m^3, ce qui représente 66,37 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 424,77 µg/m^3, ce qui représente 102,60 % de la norme, mais ne se produirait que pour une heure sur les 5 ans de données météorologiques utilisées. Il s'agirait du seul dépassement de la norme observé à l'un des récepteurs sensibles sur 5 ans.

Puisque les taux d'émission utilisés pour les sources considèrent que les moteurs des équipements fonctionnent à leur régime maximal, il est donc peu probable que des dépassements soient observés en réalité.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 4.5, et ils sont illustrés par la carte 4.1.

Tableau 4.5 : Résumé des concentrations maximales sur une heure obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors du dragage du chenal des pêcheurs

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	**338,79**	**81,83 %**	**488,79**	**118,06 %**
2009	274,77	66,37 %	424,77	102,60 %
2010	244,18	58,98 %	394,18	95,21 %
2011	265,73	64,18 %	415,73	100,42 %
2012	261,68	63,21 %	411,68	99,44 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	208,26	50,30 %	358,26	86,54 %
2009	**274,77**	**66,37 %**	**424,77**	**102,60 %**
2010	235,53	56,89 %	385,53	93,12 %
2011	247,93	59,89 %	397,93	96,12 %
2012	210,01	50,73 %	360,01	86,96 %

4.4.2 Concentrations quotidiennes

Sur une base quotidienne, la concentration maximale obtenue pour le NO_2 à l'aide du modèle AERMOD lors du dragage du chenal des pêcheurs s'élève à 122,13 µg/m^3, ce qui représente 59,0 % de la norme applicable de 207 µg/m^3. On doit noter que cette concentration est obtenue sur la propriété de l'hôtel Quality Inn. Si on ajoute la concentration initiale de 100 µg/m^3 prévue à l'annexe K

du RAA, on obtient une valeur maximale de 222,13 µg/m^3, ce qui représente 107,31 % de la norme. On doit toutefois noter que des dépassements de la norme se produiraient sur une seule journée par année dans le cas des années 2008 et 2012, et qu'aucun récepteur ne serait affecté par un dépassement plus d'une fois sur les 5 années de données météorologiques utilisées.

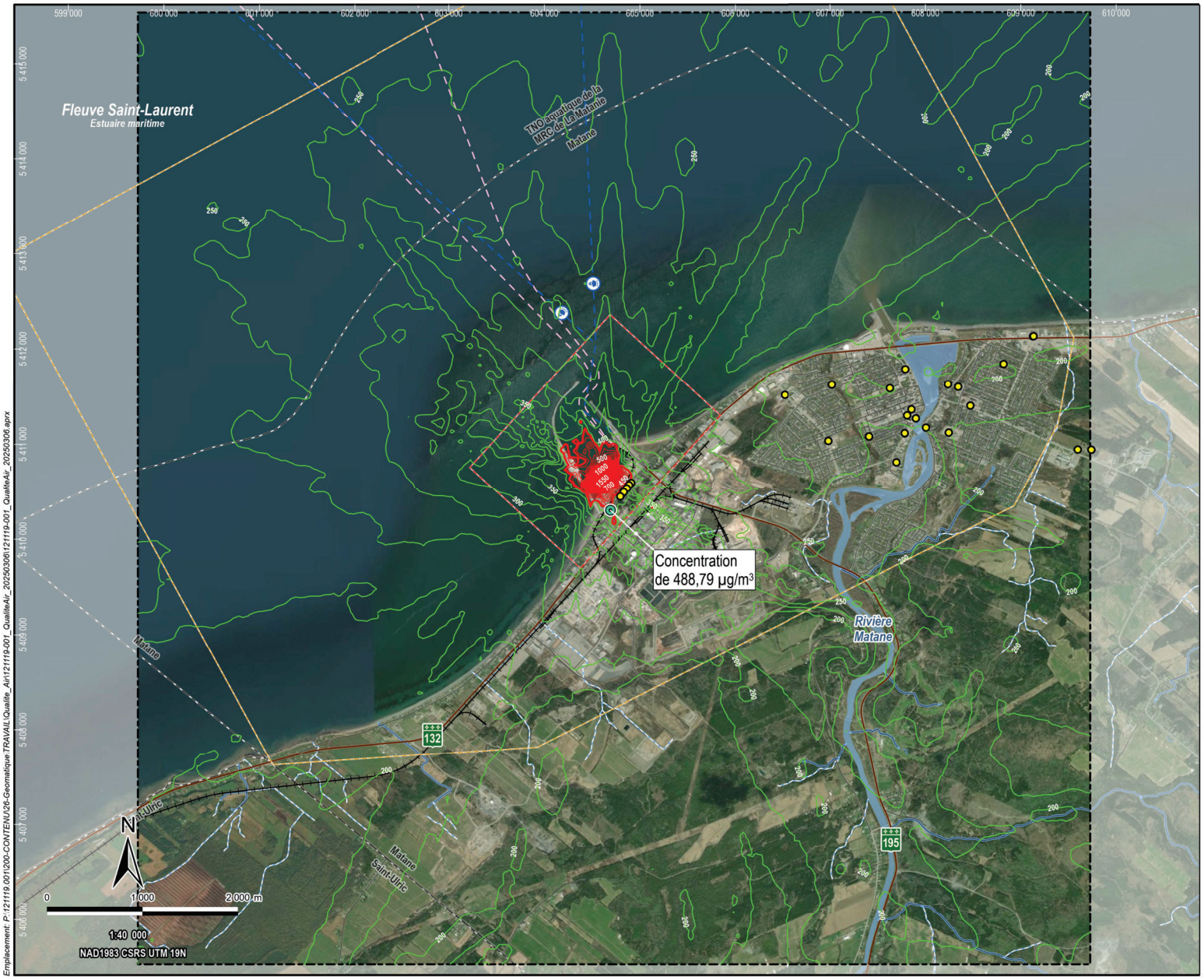
Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 99,14 µg/m^3, ce qui représente 47,89 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 199,14 µg/m^3, ce qui représente 96,20 % de la norme. Aucun récepteur sensible ne sera donc touché par des dépassements de la norme quotidienne, malgré le conservatisme utilisé pour la détermination des taux d'émission.

Il est donc fort peu probable que ces dépassements de la norme se produisent en réalité.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 4.6. La carte 4.2 montre les résultats obtenus.

Tableau 4.6 : Résumé des concentrations maximales sur 24 heures obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors du dragage du chenal des pêcheurs

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	**122,13**	**59,00 %**	**222,13**	**107,31 %**
2009	62,58	30,23 %	162,58	78,54 %
2010	79,43	38,37 %	179,43	86,68 %
2011	78,71	38,02 %	178,71	86,33 %
2012	109,90	53,09 %	209,90	101,40 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	71,55	34,56 %	171,55	82,87 %
2009	57,19	27,63 %	157,19	75,94 %
2010	79,43	38,37 %	179,43	86,68 %
2011	60,12	29,04 %	160,12	77,35 %
2012	**99,14**	**47,89 %**	**199,14**	**96,20 %**



Emplacement: P:\121119.001\200-CONTENU\26-Geomatique\TRAVAIL\Qualite_Air\121119-001_QualiteAir_20250306\121119-001_QualiteAir_20250306.aprx

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie

Québec

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie

- Zone d'étude élargie
- Zone d'étude locale
- Limite municipale
- Limite de la modélisation
- Récepteur sensible
- Récepteur où la concentration la plus élevée est obtenue

Courbes d'isoconcentrations

Indiquer Norme applicable (RAA) : 414 µg/m³

- < 414 µg/m³
- 414 µg/m³
- > 414 µg/m³

Réseau ferroviaire

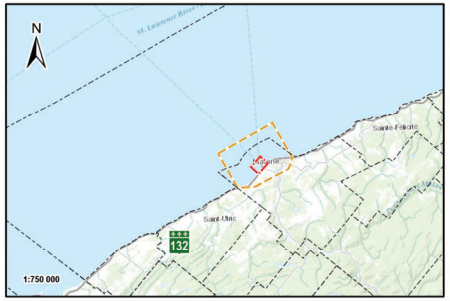
- Voie ferrée
- Transbordeur

Réseau routier

- Route nationale
- Réseau local
- Liaison maritime

Hydrographie *(GRHQ, 2019)*

- Permanent
- Intermittent



Réaménagement des installations portuaires de Matane

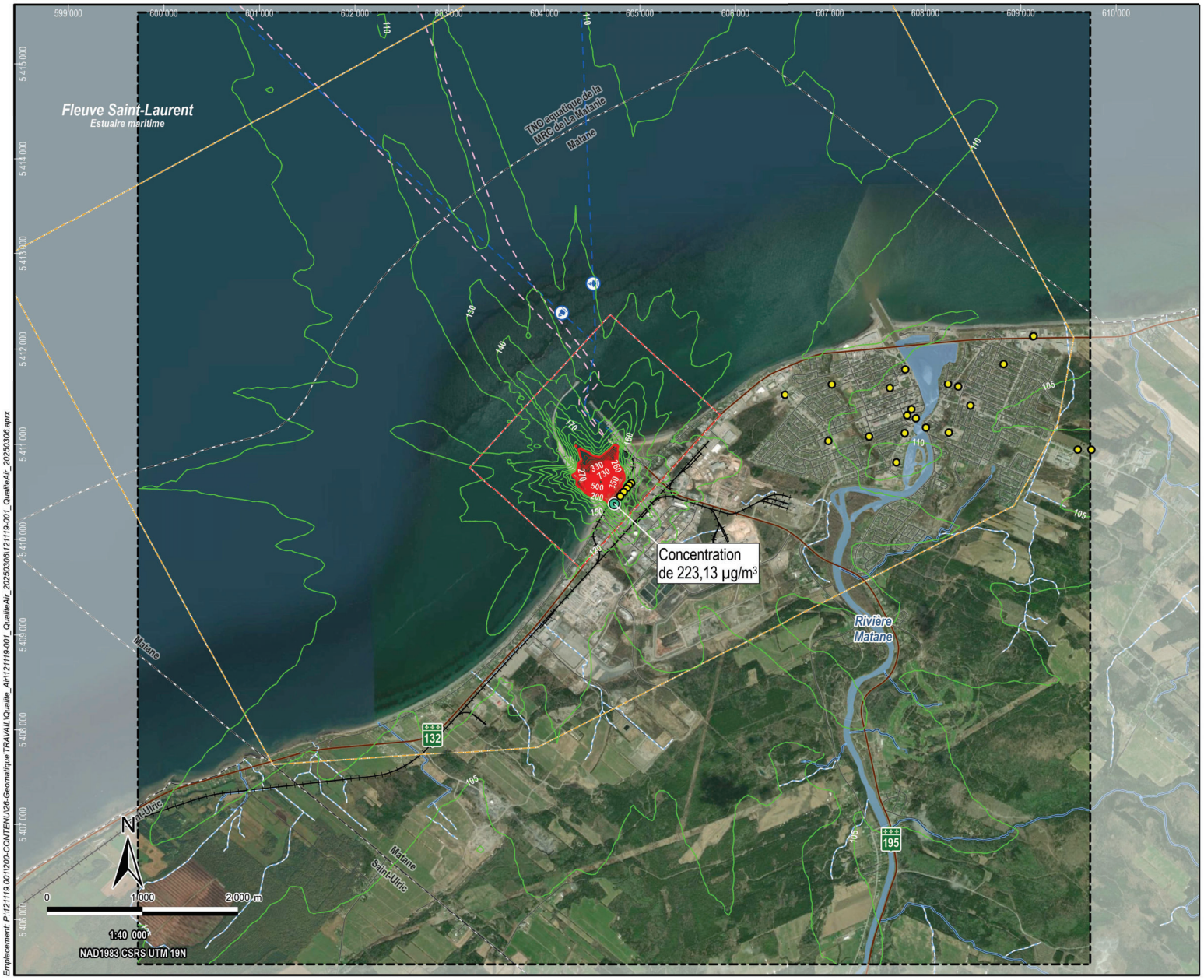
Concentrations maximales horaires de dioxyde d'azote (NO2) pour la phase 1 de la construction

NORDA STELO ENGLOBE
CONSORTIUM NORDA STELO/ENGLOBE

MARS, 2025
121119-001_C4-1_Phase1_NO2-1h_20250311.pagx
Base carto : Maxar, 2022

Carte 4.1

Préparé : AB Dessiné : MPRO Vérifié : AB



Emplacement: P:\121119.001\200-CONTENU\26-Geomatique\TRAVAIL\Qualite_Air\121119-001_QualiteAir_20250306\121119-001_QualiteAir_20250306.aprx

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie

Québec

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie

- Zone d'étude élargie
- Zone d'étude locale
- Limite municipale
- Limite de la modélisation
- Récepteur sensible
- Récepteur où la concentration la plus élevée est obtenue

Courbes d'isoconcentrations

Indiquer Norme applicable (RAA) : 207 µg/m³

- < 207 µg/m³
- 207 µg/m³
- > 207 µg/m³

Réseau ferroviaire

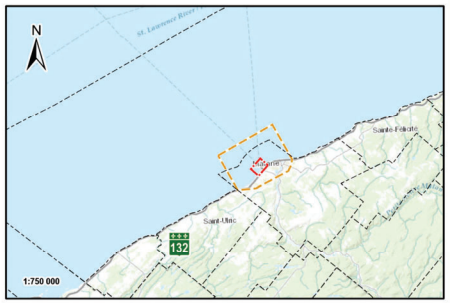
- Voie ferrée
- Transbordeur

Réseau routier

- Route nationale
- Réseau local
- Liaison maritime

Hydrographie *(GRHQ, 2019)*

- Permanent
- Intermittent



Réaménagement des installations portuaires de Matane

Concentrations maximales quotidiennes de dioxyde d'azote (NO2) pour la phase 1 de la construction

NORDA STELO ENGLOBE
CONSORTIUM NORDA STELO/ENGLOBE

MARS, 2025
121119-001_C4-2_Phase1_NO2-24h_20250311.pagx
Base carto : Maxar, 2022

Carte 4.2

Préparé : AB Dessiné : MPRO Vérifié : AB

4.4.3 Concentrations annuelles

Sur une base annuelle, la concentration maximale obtenue pour le NO_2 à l'aide du modèle AERMOD lors du dragage du chenal des pêcheurs s'élève à 4,88 µg/m^3, ce qui représente 4,74 % de la norme applicable de 103 µg/m^3. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la limite de propriété du port, près du quai d'embarquement de la Société des traversiers du Québec. Si on ajoute la concentration initiale de 30 µg/m^3 prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 34,88 µg/m^3, ce qui représente 33,86 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 3,91 µg/m^3, ce qui représente 3,79 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 33,91 µg/m^3, ce qui représente 32,92 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 4.7.

Tableau 4.7 : Résumé des concentrations maximales sur une base annuelle obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors du dragage du chenal des pêcheurs

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	4,58	4,45 %	34,58	33,57 %
2009	4,68	4,55 %	34,68	33,67 %
2010	**4,88**	**4,74 %**	**34,88**	**33,86 %**
2011	4,31	4,19 %	34,31	33,31 %
2012	4,34	4,22 %	34,34	33,34 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	3,14	3,04 %	33,14	32,17 %
2009	3,48	3,38 %	33,48	32,50 %
2010	3,66	3,55 %	33,66	32,68 %
2011	3,14	3,04 %	33,14	32,17 %
2012	**3,91**	**3,79 %**	**33,91**	**32,92 %**

4.5 Concentrations de dioxyde de soufre (SO_2)

4.5.1 Concentrations sur 4 minutes

La concentration maximale obtenue sur 4 minutes pour le SO_2 à l'aide du modèle AERMOD lors du dragage du chenal des pêcheurs s'élève à 3,77 µg/m^3, ce qui représente 0,36 % de la norme applicable de 1 050 µg/m^3. On doit noter que cette concentration est obtenue à l'un des récepteurs sensibles, soit à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale de 150 µg/m^3 prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 153,77 µg/m^3, ce qui représente 14,65 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 4.8.

Tableau 4.8 : Résumé des concentrations maximales sur 4 minutes obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors du dragage du chenal des pêcheurs

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	3,07	0,29 %	153,07	14,58 %
2009	3,24	0,31 %	153,24	14,59 %
2010	**3,77**	**0,36 %**	**153,77**	**14,65 %**
2011	3,53	0,34 %	153,53	14,62 %
2012	3,50	0,33 %	153,50	14,62 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	3,07	0,29 %	153,07	14,58 %
2009	3,24	0,31 %	153,24	14,59 %
2010	**3,77**	**0,36 %**	**153,77**	**14,65 %**
2011	3,19	0,30 %	153,19	14,59 %
2012	3,50	0,33 %	153,50	14,62 %

4.5.2 Concentrations quotidiennes

Sur une base quotidienne, la concentration maximale obtenue pour le SO_2 à l'aide du modèle AERMOD lors du dragage du chenal des pêcheurs s'élève à 0,55 µg/m³, ce qui représente 0,19 % de la norme applicable de 288 µg/m³. On doit noter que cette concentration est obtenue à l'un des récepteurs sensibles, soit l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale de 50 µg/m³ prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 50,55 µg/m³, ce qui représente 17,55 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 4.9.

Tableau 4.9 : Résumé des concentrations maximales sur 24 heures obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors du dragage du chenal des pêcheurs

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	0,37	0,13 %	50,37	17,49 %
2009	0,44	0,15 %	50,44	17,51 %
2010	0,43	0,15 %	50,43	17,51 %
2011	0,44	0,15 %	50,44	17,51 %
2012	**0,55**	**0,19 %**	**50,55**	**17,55 %**
Aux récepteurs sensibles				
2008	0,32	0,11 %	50,32	17,47 %
2009	0,44	0,15 %	50,44	17,51 %
2010	0,41	0,14 %	50,41	17,51 %
2011	0,42	0,15 %	50,42	17,51 %
2012	**0,55**	**0,19 %**	**50,55**	**17,55 %**

4.5.3 Concentrations annuelles

Sur une base annuelle, la concentration maximale obtenue pour le SO_2 à l'aide du modèle AERMOD lors du dragage du chenal des pêcheurs s'élève à 0,044 µg/m³, ce qui représente 0,08 % de la norme applicable de 52 µg/m³. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la limite de

propriété du port, près du quai d'embarquement de la Société des traversiers du Québec. Si on ajoute la concentration initiale de 20 µg/m^3 prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 20,044 µg/m^3, ce qui représente 38,55 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 0,036 µg/m^3, ce qui représente 0,07 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 20,036 µg/m^3, ce qui représente 38,53 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 4.10.

Tableau 4.10 : Résumé des concentrations maximales sur une base annuelle obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors du dragage du chenal des pêcheurs

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	0,038	0,07 %	20,038	38,54 %
2009	0,040	0,08 %	20,040	38,54 %
2010	**0,044**	**0,08 %**	**20,044**	**38,55 %**
2011	0,034	0,07 %	20,034	38,53 %
2012	0,038	0,07 %	20,038	38,53 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	0,026	0,05 %	20,026	38,51 %
2009	0,036	0,07 %	20,036	38,53 %
2010	0,032	0,06 %	20,032	38,52 %
2011	0,030	0,06 %	20,030	38,52 %
2012	**0,036**	**0,07 %**	**20,036**	**38,53 %**

4.6 Discussion

Les résultats obtenus lors de la modélisation des sources qui seront présentes lors du dragage du chenal des pêcheurs montrent une augmentation notable des concentrations pour la plupart des contaminants, à l'exception du dioxyde de soufre (SO_2). Bien que le modèle de dispersion montre des dépassements des normes horaire et quotidienne pour le dioxyde d'azote (NO_2), ces dépassements se limitent à une seule occasion sur 5 ans pour un récepteur donné. Le fait d'avoir utilisé des taux d'émission très conservateurs pour les sources liées au dragage rend ces dépassements peu probables. Le niveau des concentrations pour les autres contaminants demeure pour sa part en deçà des normes applicables dans tous les cas.



5 Résultats des calculs pour la phase 2 de la construction

Dans cette phase des travaux, des opérations de dragage se poursuivent, mais celles-ci sont réalisées dans le secteur où le poste à quai no 2 sera construit. Les sources qui seront utilisées dans le cadre de ce scénario, soit 1 drague mécanique, 1 drague hydraulique et 2 remorqueurs, ont été placées dans la zone des travaux la plus rapprochée de la rive du fleuve. Puisqu'il y a des résidences à proximité du fleuve dans ce secteur, il s'agit de la pire situation possible. On doit noter que la drague hydraulique ne sera présente que pour une période de 10 jours seulement, mais puisqu'il est impossible de déterminer à quel moment elle sera présente, on a considéré qu'elle était présente pendant toute la durée de la saison de dragage, ce qui est susceptible de mener aux pires concentrations possibles pour les concentrations de moins de 24 heures. Toutefois, les résultats sur une base annuelle seront forcément surestimés.

Le modèle utilisé prend également en considération le fait que 236 voyages de camions seront requis pour évacuer des sédiments contaminés retirés lors de la phase précédente des travaux, soit pendant le dragage du chenal des pêcheurs. Dans le modèle, on a utilisé une fréquence d'évacuation d'un camion par heure, ce qui est une hypothèse très pessimiste.

Les opérations régulières du port, présentées dans la section 3 de ce rapport, ont été maintenues dans le cadre de ce scénario.

5.1 Concentrations quotidiennes de particules totales

L'ajout des sources liées au dragage de la zone où sera construit le poste à quai no 2 augmente légèrement les concentrations de particules totales par rapport à la situation qui prévalait avant les travaux, surtout dans la zone située au sud du port. Sur une période de 24 heures, la concentration maximale obtenue à l'aide du modèle AERMOD s'élève à 9,37 µg/m^3, ce qui représente 7,81 % de la norme applicable de 120 µg/m^3. Cette valeur est obtenue sur la propriété du concessionnaire Hyundai situé à proximité du port. Si on ajoute la concentration initiale de 90 µg/m^3 prévue à l'annexe K du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (RAA), on obtient une valeur maximale de 99,37 µg/m^3, ce qui représente 82,81 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 6,50 µg/m^3, ce qui représente 5,42 % de la norme applicable de 120 µg/m^3. Cette valeur est obtenue à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale de 90 µg/m^3 prévue à l'annexe K du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (RAA), on obtient une valeur maximale de 96,50 µg/m^3, ce qui représente 80,42 % de la norme.

Puisqu'il s'agit d'une norme sur 24 heures, ces résultats incluent la contribution de la drague hydraulique. Le tableau 5.1 présente les résultats maximaux obtenus pour les années 2008 à 2012.

Tableau 5.1 : Résumé des concentrations maximales quotidiennes obtenues pour les particules en suspension lors du dragage du poste à quai no 2

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	8,75	7,29 %	98,75	82,29 %
2009	8,59	7,16 %	98,59	82,16 %
2010	**9,37**	**7,81 %**	**99,37**	**82,81 %**
2011	7,42	6,18 %	97,42	81,18 %
2012	6,70	5,58 %	96,70	80,58 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	4,28	3,57 %	94,28	78,57 %
2009	**6,50**	**5,42 %**	**96,50**	**80,42 %**
2010	5,58	4,65 %	95,58	79,65 %
2011	5,65	4,71 %	95,65	79,71 %
2012	6,34	5,28 %	96,34	80,28 %

5.2 Concentrations quotidiennes de particules fines ($PM_{2.5}$)

Puisque les sources impliquées dans le dragage de la zone où sera construit le poste à quai no 2 sont essentiellement des sources d'émission de gaz d'échappement, le taux d'émission de ces sources est donc le même que celui qui fut utilisé pour les particules totales, les particules émises par les échappements appartenant à la catégorie des particules fines. Sur une période de 24 heures, la concentration maximale obtenue à l'aide du modèle AERMOD s'élève à 6,29 µg/m^3, ce qui représente 20,98 % de la norme applicable de 30 µg/m^3. Cette valeur est obtenue à l'un des récepteurs sensibles, soit l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale de 20 µg/m^3 prévue à l'annexe K du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (RAA), on obtient une valeur maximale de 26,29 µg/m^3, ce qui représente 87,65 % de la norme.

Ces résultats incluent également la contribution de la drague hydraulique, puisque la norme applicable s'applique sur 24 heures. Les résultats maximaux sont présentés au tableau 5.2.

Tableau 5.2 : Résumé des concentrations maximales quotidiennes obtenues pour les particules fines ($PM_{2.5}$) lors du dragage du poste à quai no 2

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	5,24	17,47 %	25,24	84,13 %
2009	6,02	20,08 %	26,02	86,74 %
2010	5,95	19,83 %	25,95	86,50 %
2011	4,78	15,92 %	24,78	82,59 %
2012	**6,29**	**20,98 %**	**26,29**	**87,65 %**
Aux récepteurs sensibles				
2008	4,16	13,85 %	24,16	80,52 %
2009	5,86	19,54 %	25,86	86,20 %
2010	5,41	18,03 %	25,41	84,70 %
2011	4,78	15,92 %	24,78	82,59 %
2012	**6,29**	**20,98 %**	**26,29**	**87,65 %**

5.3 Concentrations de monoxyde de carbone (CO)

5.3.1 Concentrations horaires

L'ajout des sources liées au dragage de la zone où sera construit le poste à quai no 2 cause une hausse des concentrations de monoxyde de carbone (CO) dans le voisinage du port. La concentration maximale obtenue sur une heure à l'aide du modèle AERMOD s'élève à 2 352 µg/m³, ce qui représente 6,92 % de la norme applicable de 34 000 µg/m³. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale de 2 650 µg/m³ prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 5 002 µg/m³, ce qui représente 14,71 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 2 344 µg/m³, ce qui représente 6,90 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 4 994 µg/m³, ce qui représente 14,69 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 5.3.

Tableau 5.3 : Résumé des concentrations maximales sur une heure obtenues pour le monoxyde de carbone (CO) lors du dragage du poste à quai no 2

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	1 920,81	5,65 %	4 570,81	13,44 %
2009	2 344,45	6,90 %	4 994,45	14,69 %
2010	2 164,60	6,37 %	4 814,60	14,16 %
2011	**2 352,39**	**6,92 %**	**5 002,39**	**14,71 %**
2012	2 335,23	6,87 %	4 985,23	14,66 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	1 697,87	4,99 %	4 347,87	12,79 %
2009	**2 344,45**	**6,90 %**	**4 994,45**	**14,69 %**
2010	2 019,06	5,94 %	4 669,06	13,73 %
2011	2 164,67	6,37 %	4 814,67	14,16 %
2012	2 335,23	6,87 %	4 985,23	14,66 %

5.3.2 Concentrations sur 8 heures

La situation est similaire en ce qui concerne la concentration maximale obtenue sur 8 heures pour le monoxyde de carbone (CO). La concentration maximale obtenue sur 8 heures s'élève à 725 µg/m^3, ce qui représente 5,71 % de la norme applicable de 12 700 µg/m^3. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la limite de propriété du port, à l'est de la route donnant accès du terminal de la Société des traversiers du Québec. Si on ajoute la concentration initiale de 1 750 µg/m^3 prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 2 475 µg/m^3, ce qui représente 19,49 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 568 µg/m^3, ce qui représente 4,47 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 2 318 µg/m^3, ce qui représente 18,25 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 5.4.

Tableau 5.4 : Résumé des concentrations maximales sur 8 heures obtenues pour le monoxyde de carbone (CO) lors du dragage du poste à quai no 2

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	539,32	4,25 %	2 289,32	18,03 %
2009	**724,84**	**5,71 %**	**2 474,84**	**19,49 %**
2010	672,47	5,30 %	2 422,47	19,07 %
2011	567,57	4,47 %	2 317,57	18,25 %
2012	502,81	3,96 %	2 252,81	17,74 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	396,50	3,12 %	2 146,50	16,90 %
2009	406,73	3,20 %	2 156,73	16,98 %
2010	434,90	3,42 %	2 184,90	17,20 %
2011	**567,57**	**4,47 %**	**2 317,57**	**18,25 %**
2012	390,08	3,07 %	2 140,08	16,85 %

5.4 Concentrations de dioxyde d'azote (NO_2)

5.4.1 Concentrations horaires

La concentration maximale obtenue sur une heure pour le NO_2 lors du dragage requis avant la construction du poste à quai no 2 lorsque la drague hydraulique est en fonction s'élève à 609,20 µg/m^3, ce qui représente 147,15 % de la norme applicable de 414 µg/m^3. Cette situation peut se produire pendant une période maximale de 10 jours, mais puisqu'il est impossible de prévoir quand cet équipement sera en fonction lors de la période où le dragage est permis, on a considéré qu'il était en opération pendant toute cette période, soit d'août à novembre inclusivement. Cette approche a été rendue nécessaire par le fait qu'il s'agit d'une norme s'appliquant sur une base horaire, mais il s'agit d'une approche très conservatrice. Si on ajoute la concentration initiale de 150 µg/m^3 prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 759,20 µg/m^3, ce qui représente 183,38 % de la norme. On doit noter que la concentration maximale est obtenue sur le terrain d'une des résidences se trouvant sur la rue de Matane-sur-Mer. Un total de 112 récepteurs, concentrés dans une zone située à moins de 700 mètres du centre de la zone d'étude, pourraient être touchés par des dépassements de la norme horaire. La zone couverte par les concentrations en dépassement

représente une superficie d'environ 155 000 m^2 et s'étend sur une distance de 250 à 350 mètres de la rive de part et d'autre de la rue du Port. Cette zone est illustrée à la carte 5.1.

Le nombre maximal de dépassements de la norme horaire pour un récepteur donné s'élève à 10 heures par an, pour un seul des 112 récepteurs. Au total, sur les cinq années de données météorologiques utilisées, des dépassements se produiraient pendant 141 heures, soit pendant 15 heures avec les données de 2008, 35 heures avec les données de 2009, 30 heures avec les données de 2010, 35 heures avec les données de 2011 et 26 heures avec les données de 2012. En moyenne, l'un de ces 112 récepteurs pourrait être touché par un dépassement pendant moins de 2 heures par an.

Ces résultats ont été obtenus en considérant la pire situation possible, soit celle où la drague hydraulique œuvre dans le même secteur que la drague mécanique. En réalité, cette situation est peu probable. La drague hydraulique devrait plutôt être employée dans le secteur nord du havre, à proximité du brise-lames.

Si on exclut la présence de la drague hydraulique et qu'on maintient le pire scénario, soit la présence de la drague mécanique dans la zone des travaux la plus rapprochée de la rive, des dépassements de la norme horaire pourraient se produire, mais sur une plus faible superficie et avec une fréquence moindre. La concentration maximale obtenue sur une heure pour le NO_2 lors du dragage requis avant la construction du poste à quai no 2 en l'absence de la drague hydraulique est en fonction s'élève à 445,20 µg/m^3, ce qui représente 107,54 % de la norme applicable de 414 µg/m^3. Si on ajoute la concentration initiale de 150 µg/m^3 prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 595,20 µg/m^3, ce qui représente 143,77 % de la norme. Les dépassements touchent un total de 26 récepteurs, concentrés dans une zone d'une superficie d'environ 50 000 m^2 située à l'ouest de la rue du Port et s'étendant sur une distance de 250 à 350 mètres de la rive. Cette zone est illustrée à la carte 5.2. On doit noter que la concentration maximale est obtenue sur la rue de Matane-sur-Mer, à l'ouest de la rue du Port. Dans le cas des récepteurs sensibles, aucun dépassement de la norme horaire n'est obtenu, la concentration la plus élevée étant de 166,34 µg/m^3, soit 40,18 % de la norme. L'ajout de la concentration initiale de 150 µg/m^3 prévue à l'annexe K du RAA porterait ce résultat à 316,34 µg/m^3, ce qui représente 76,41 % de la norme. Ce résultat a été obtenu à l'une des résidences de la rue de Matane-sur-Mer.

On constate donc que la drague hydraulique influence fortement les résultats obtenus. Lors de la planification des travaux de dragage, il serait préférable d'éviter que les deux dragues œuvrent dans le même secteur pour minimiser l'impact sur la qualité de l'air. Idéalement, l'utilisation de la drague hydraulique devrait être limitée aux secteurs les plus éloignés de la rive.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 5.5 lorsque la drague hydraulique pourrait être utilisée et au tableau 5.6 lorsqu'elle n'est pas présente. Le carte 5.1 montre les résultats obtenus lorsque la drague hydraulique sera en fonction, alors que la carte 5.2 illustre les résultats si celle-ci n'est pas présente.

Tableau 5.5 : Résumé des concentrations maximales sur une heure obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors du dragage du poste à quai no 2 avec la drague hydraulique

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	457,48	110,50 %	607,48	146,73 %
2009	477,20	115,26 %	627,20	151,50 %
2010	494,63	119,48 %	644,63	155,71 %
2011	480,58	116,08 %	630,58	152,31 %
2012	**609,20**	**147,15 %**	**759,20**	**183,38 %**
Aux récepteurs sensibles				
2008	434,40	104,93 %	584,40	141,16 %
2009	434,02	104,84 %	584,02	141,07 %
2010	437,82	105,75 %	587,82	141,99 %
2011	431,31	104,18 %	581,31	140,41 %
2012	**547,04**	**132,14 %**	**697,04**	**168,37 %**

Tableau 5.6 : Résumé des concentrations maximales sur une heure obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors du dragage du poste à quai no 2 sans la drague hydraulique

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	176,53	42,64 %	326,53	78,87 %
2009	**445,20**	**107,54 %**	**595,20**	**143,77 %**
2010	349,39	84,39 %	499,39	120,63 %
2011	304,37	73,52 %	454,37	109,75 %
2012	414,48	100,11 %	564,48	136,35 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	141,09	34,08 %	291,09	70,31 %
2009	135,59	32,75 %	285,59	68,98 %
2010	157,67	38,09 %	307,67	74,32 %
2011	135,76	32,79 %	285,76	69,02 %
2012	**166,34**	**40,18 %**	**316,34**	**76,41 %**



Emplacement: P:\121119.001\200-CONTENU\26-Geomatique\TRAVAIL\Qualite_Air\121119-001_QualiteAir_20250306\121119-001_QualiteAir_20250306.aprx

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie

Québec

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie

- Zone d'étude élargie
- Zone d'étude locale
- Limite municipale
- Limite de la modélisation
- Récepteur sensible
- Récepteur où la concentration la plus élevée est obtenue

Courbes d'isoconcentrations

Indiquer Norme applicable (RAA) : 414 µg/m³

- < 414 µg/m³
- 414 µg/m³
- > 414 µg/m³

Réseau ferroviaire

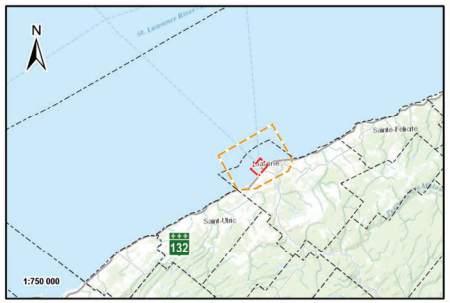
- Voie ferrée
- Transbordeur

Réseau routier

- Route nationale
- Réseau local
- Liaison maritime

Hydrographie *(GRHQ, 2019)*

- Permanent
- Intermittent



Réaménagement des installations portuaires de Matane

Concentrations maximales horaires de dioxyde d'azote (NO2) pour la phase 2 de la construction en présence de la drague hydraulique

NORDA STELO ENGLOBE

CONSORTIUM NORDA STELO/ENGLOBE

MARS, 2025

121119-001_C5-1_Phase2_NO2-1h_20250311.pagx

Base carto : Maxar, 2022

Carte 5.1

Préparé : AB Dessiné : MPRO Vérifié : AB



Emplacement: P:\121119.001\200-CONTENU\26-Geomatique\TRAVAIL\Qualite_Air\121119-001_QualiteAir_20250306\121119-001_QualiteAir_20250306.aprx

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie

Zone d'étude élargie
Zone d'étude locale
Limite municipale
Limite de la modélisation
Récepteur sensible
Récepteur où la concentration la plus élevée est obtenue

Courbes d'isoconcentrations

Indiquer Norme applicable (RAA) : 414 µg/m³

< 414 µg/m³
414 µg/m³
> 414 µg/m³

Réseau ferroviaire

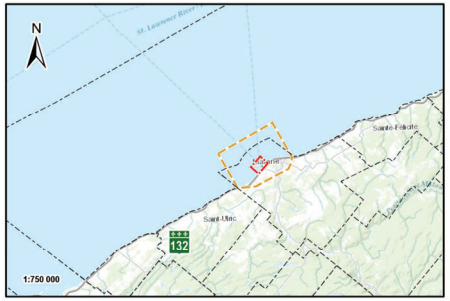
Voie ferrée
Transbordeur

Réseau routier

Route nationale
Réseau local
Liaison maritime

Hydrographie *(GRHQ, 2019)*

Permanent
Intermittent



Réaménagement des installations portuaires de Matane

Concentrations maximales horaires de dioxyde d'azote (NO2) pour la phase 2 de la construction en l'absence de la drague hydraulique

CONSORTIUM NORDA STELO/ENGLOBE

MARS, 2025
121119-001_C5-2_Phase2_NO2-1h_20250311.pagx
Base carto : Maxar, 2022

Carte 5.2

Préparé : AB Dessiné : MPRO Vérifié : AB

5.4.2 Concentrations quotidiennes

Sur une base quotidienne, la concentration maximale obtenue pour le NO_2 à l'aide du modèle AERMOD lors du dragage du poste à quai no 2 et l'utilisation de la drague hydraulique s'élèvent à 68,12 µg/m^3, ce qui représente 32,91 % de la norme applicable de 207 µg/m^3. On doit noter que cette concentration est obtenue à l'un des récepteurs sensibles, soit l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 168,12 µg/m^3, ce qui représente 81,22 % de la norme.

Si la drague hydraulique n'est pas en fonction, les résultats diminuent. La concentration maximale s'élève alors à 43,21 µg/m^3, ce qui représente 20,87 % de la norme applicable de 207 µg/m^3. Si on ajoute la concentration initiale de 100 µg/m^3 prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 143,21 µg/m^3, ce qui représente 69,18 % de la norme. On doit noter que la concentration maximale est obtenue sur la rue de Matane-sur-Mer, à l'ouest de la rue du Port. Dans le cas des récepteurs sensibles, la concentration la plus élevée est de 35,62 µg/m^3, soit 17,21 % de la norme. L'ajout de la concentration initiale de 100 µg/m^3 porterait ce résultat à 135,62 µg/m^3, ce qui représente 65,52 % de la norme. Ce résultat a été obtenu à l'une des résidences de la rue de Matane-sur-Mer.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 5.7 dans le cas de la présence de la drague hydraulique et au tableau 5.8 en son absence.

Tableau 5.7 : Résumé des concentrations maximales sur 24 heures obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors du dragage du quai no 2 avec présence de la drague hydraulique

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	56,78	27,43 %	156,78	75,74 %
2009	42,70	20,63 %	142,70	68,94 %
2010	**68,12**	**32,91 %**	**168,12**	**81,22 %**
2011	62,48	30,19 %	162,48	78,49 %
2012	61,37	29,65 %	161,37	77,96 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	44,95	21,72 %	144,95	70,02 %
2009	34,80	16,81 %	134,80	65,12 %
2010	**68,12**	**32,91 %**	**168,12**	**81,22 %**
2011	43,62	21,07 %	143,62	69,38 %
2012	56,40	27,24 %	156,40	75,55 %

Tableau 5.8 : Résumé des concentrations maximales sur 24 heures obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors du dragage du quai no 2 en l'absence de la drague hydraulique

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	**43,21**	**20,87 %**	**143,21**	**69,18 %**
2009	29,81	14,40 %	129,81	62,71 %
2010	35,13	16,97 %	135,13	65,28 %
2011	30,72	14,84 %	130,72	63,15 %
2012	41,06	19,84 %	141,06	68,14 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	26,72	12,91 %	126,72	61,22 %
2009	24,01	11,60 %	124,01	59,91 %
2010	34,38	16,61 %	134,38	64,92 %
2011	25,43	12,28 %	125,43	60,59 %
2012	**35,62**	**17,21 %**	**135,62**	**65,52 %**

5.4.3 Concentrations annuelles

Sur une base annuelle, la concentration maximale obtenue pour le NO_2 à l'aide du modèle AERMOD lors du dragage du poste à quai no 2 s'élève à 4,52 µg/m³, ce qui représente 4,38 % de la norme applicable de 103 µg/m³. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la limite de propriété du port, près du quai d'embarquement de la Société des traversiers du Québec. Si on ajoute la concentration initiale de 30 µg/m³ prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 34,52 µg/m³, ce qui représente 33,51 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 2,97 µg/m³, ce qui représente 2,89 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 32,97 µg/m³, ce qui représente 32,97 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 5.9.

Tableau 5.9 : Résumé des concentrations maximales sur une base annuelle obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors du dragage du quai no 2

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	4,21	4,09 %	34,21	33,21 %
2009	4,19	4,07 %	34,19	33,20 %
2010	**4,52**	**4,38 %**	**34,52**	**33,51 %**
2011	3,73	3,62 %	33,73	32,74 %
2012	4,04	3,92 %	34,04	33,05 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	2,26	2,20 %	32,26	31,32 %
2009	2,88	2,79 %	32,88	31,92 %
2010	2,91	2,83 %	32,91	31,95 %
2011	2,59	2,51 %	32,59	31,64 %
2012	**2,97**	**2,89 %**	**32,97**	**32,01 %**

5.5 Concentrations de dioxyde de soufre (SO_2)

5.5.1 Concentrations sur 4 minutes

La concentration maximale obtenue sur 4 minutes pour le SO_2 à l'aide du modèle AERMOD lors du dragage de la zone où sera construit le poste à quai no 2 s'élève à 4,88 µg/m^3, ce qui représente 0,46 % de la norme applicable de 1 050 µg/m^3. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale de 150 µg/m^3 prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 153,77 µg/m^3, ce qui représente 14,65 % de la norme.

La concentration la plus élevée obtenue à l'un des récepteurs sensibles est observée à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. La concentration maximale obtenue est de 4,61 µg/m^3, ce qui représente 0,44 % de la norme applicable. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 154,61 µg/m^3, ce qui représente 14,73 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 5.10.

Tableau 5.10 : Résumé des concentrations maximales sur 4 minutes obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors du dragage du poste à quai no 2

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	4,34	0,41 %	154,34	14,70 %
2009	4,69	0,45 %	154,69	14,73 %
2010	**4,88**	**0,46 %**	**154,88**	**14,75 %**
2011	4,42	0,42 %	154,42	14,71 %
2012	4,35	0,41 %	154,35	14,70 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	3,95	0,38 %	153,95	14,66 %
2009	4,31	0,41 %	154,31	14,70 %
2010	**4,61**	**0,44 %**	**154,61**	**14,73 %**
2011	4,42	0,42 %	154,42	14,71 %
2012	4,35	0,41 %	154,35	14,70 %

5.5.2 Concentrations quotidiennes

Sur une base quotidienne, la concentration maximale obtenue pour le SO_2 à l'aide du modèle AERMOD lors du dragage du poste à quai no 2 s'élève à 0,52 µg/m^3, ce qui représente 0,18 % de la norme applicable de 288 µg/m^3. On doit noter que cette concentration est obtenue à l'un des récepteurs sensibles, soit l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale de 50 µg/m^3 prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 50,52 µg/m^3, ce qui représente 17,54 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 5.11.

Tableau 5.11 : Résumé des concentrations maximales sur 24 heures obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors du dragage du poste à quai no 2

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	0,37	0,13 %	50,37	17,49 %
2009	0,44	0,15 %	50,44	17,51 %
2010	0,42	0,15 %	50,42	17,51 %
2011	0,44	0,15 %	50,44	17,51 %
2012	**0,52**	**0,18 %**	**50,52**	**17,54 %**
Aux récepteurs sensibles				
2008	0,31	0,11 %	50,31	17,47 %
2009	0,44	0,15 %	50,44	17,51 %
2010	0,40	0,14 %	50,40	17,50 %
2011	0,42	0,15 %	50,42	17,51 %
2012	**0,52**	**0,18 %**	**50,52**	**17,54 %**

5.5.3 Concentrations annuelles

Sur une base annuelle, la concentration maximale obtenue pour le SO_2 à l'aide du modèle AERMOD lors du dragage du poste à quai no 2 s'élève à 0,041 µg/m³, ce qui représente 0,08 % de la norme applicable de 52 µg/m³. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la limite de propriété du port, près du quai d'embarquement de la Société des traversiers du Québec. Si on ajoute la concentration initiale de 20 µg/m³ prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 20,041 µg/m³, ce qui représente 38,54 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 0,035 µg/m³, ce qui représente 0,07 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 20,035 µg/m³, ce qui représente 38,53 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 5.12.

Tableau 5.12 : Résumé des concentrations maximales sur une base annuelle obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors du dragage du poste à quai no 2

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	0,036	0,07 %	20,036	38,53 %
2009	0,038	0,07 %	20,038	38,53 %
2010	**0,041**	**0,08 %**	**20,041**	**38,54 %**
2011	0,032	0,06 %	20,032	38,52 %
2012	0,036	0,07 %	20,036	38,53 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	0,024	0,05 %	20,024	38,51 %
2009	**0,035**	**0,07 %**	**20,035**	**38,53 %**
2010	0,031	0,06 %	20,031	38,52 %
2011	0,029	0,05 %	20,029	38,52 %
2012	0,035	0,07 %	20,035	38,53 %

5.6 Discussion

Les résultats obtenus lors de la modélisation des sources qui seront présentes lors du dragage du poste à quai no 2 montrent une augmentation notable des concentrations pour les contaminants qui ont des normes de moins de 24 heures par rapport à la situation prévalant avant la réalisation des travaux; c'est le cas du monoxyde de carbone (CO), du dioxyde d'azote (NO_2) sur une base horaire et du dioxyde de soufre (SO_2) sur 4 minutes. Cependant, bien que les concentrations de particules totales augmentent légèrement, celles des particules fines ($PM_{2.5}$) diminuent légèrement. Dans le cas des particules totales, cela peut être attribuable à l'augmentation de la circulation due au transport des sédiments contaminés, qui a pour conséquence une augmentation de la remise en suspension de particules de plus de 2,5 microns. Les concentrations de particules fines diminuent, car les sources d'émission sont plus éloignées de la rive.

Des dépassements de la norme horaire sont observés pour le dioxyde d'azote (NO_2), mais ces résultats sont probablement surestimés, car ils tiennent compte de la présence de la drague hydraulique, qui ne sera en opération que pendant une période de 10 jours; or, cette source est présente dans le modèle pendant toute la saison de dragage. De plus, la drague hydraulique a été placée près de la zone où sera dragué le littoral pour la construction du poste à quai no 2, dans le même secteur que la drague mécanique qui effectuera la majorité des travaux, ce qui est peu probable en réalité. Le niveau des concentrations des autres contaminants demeure néanmoins en deçà des normes applicables dans tous les cas.



6 Résultats des calculs pour la phase 3 de la construction

La troisième phase des travaux implique la présence d'un grand nombre d'équipements de construction. C'est au cours de cette phase qu'on effectuera la poursuite du dragage de cette zone à l'aide d'une drague mécanique et de 2 remorqueurs, l'installation des palplanches servant de structure pour la construction du poste à quai no 2, et le remblayage de la zone ainsi délimitée avec des matériaux livrés par camion. Les opérations régulières du port, présentées dans la section 3 de ce rapport, ont également été maintenues dans le cadre de ce scénario.

6.1 Concentrations quotidiennes de particules totales

L'ajout des sources liées aux travaux de construction du poste à quai no 2 augmente de manière importante les concentrations de particules totales, surtout en raison du camionnage induit par ces travaux. Sur une période de 24 heures, la concentration maximale obtenue à l'aide du modèle AERMOD s'élève à 26,92 µg/m^3, ce qui représente 22,44 % de la norme applicable de 120 µg/m^3. Cette valeur est obtenue le long de la rue du Port, en proximité de la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale de 90 µg/m^3 prévue à l'annexe K du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (RAA), on obtient une valeur maximale de 116,92 µg/m^3, ce qui représente 97,44 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 9,74 µg/m^3, ce qui représente 8,12 % de la norme applicable. Cette valeur est obtenue en bordure de la route 132, par où transiteront les matériaux requis pour la construction des installations. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 99,74 µg/m^3, ce qui représente 83,12 % de la norme.

Le tableau 6.1 présente les résultats maximaux obtenus pour les années 2008 à 2012.

Tableau 6.1 : Résumé des concentrations maximales quotidiennes obtenues pour les particules en suspension lors de la construction du poste à quai no 2

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	22,04	18,37 %	112,04	93,37 %
2009	24,75	20,62 %	114,75	95,62 %
2010	**26,92**	**22,44 %**	**116,92**	**97,44 %**
2011	21,64	18,04 %	111,64	93,04 %
2012	19,36	16,13 %	109,36	91,13 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	7,47	6,23 %	97,47	81,23 %
2009	7,93	6,60 %	97,93	81,60 %
2010	**9,74**	**8,12 %**	**99,74**	**83,12 %**
2011	7,05	5,88 %	97,05	80,88 %
2012	6,93	5,77 %	96,93	80,77 %

6.2 Concentrations quotidiennes de particules fines ($PM_{2.5}$)

Sur une période de 24 heures, la concentration maximale obtenue à l'aide du modèle AERMOD pour les $PM_{2.5}$ s'élève à 4,41 µg/m³, ce qui représente 14,71 % de la norme applicable de 30 µg/m³. Cette valeur est obtenue en bordure de la rue de Matane-sur-Mer, en face d'une des résidences situées sur cette rue.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 4,08 µg/m³, ce qui représente 13,60 % de la norme applicable de 30 µg/m³. Cette valeur est obtenue à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale de 20 µg/m³ prévue à l'annexe K du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (RAA), on obtient une valeur maximale de 24,08 µg/m³, ce qui représente 80,27 % de la norme.

Les résultats maximaux sont présentés au tableau 6.2.

Tableau 6.2 : Résumé des concentrations maximales quotidiennes obtenues pour les particules fines ($PM_{2.5}$) lors de la construction du poste à quai no 2

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	3,62	12,06 %	23,62	78,73 %
2009	2,90	9,67 %	22,90	76,34 %
2010	3,24	10,80 %	23,24	77,47 %
2011	3,04	10,13 %	23,04	76,80 %
2012	**4,41**	**14,71 %**	**24,41**	**81,38 %**
Aux récepteurs sensibles				
2008	2,44	8,15 %	22,44	74,81 %
2009	2,90	9,67 %	22,90	76,34 %
2010	3,04	10,12 %	23,04	76,78 %
2011	2,83	9,44 %	22,83	76,11 %
2012	**4,08**	**13,60 %**	**24,08**	**80,27 %**

6.3 Concentrations de monoxyde de carbone (CO)

6.3.1 Concentrations horaires

La présence de nombreux équipements de construction et la circulation accrue requise pour le transport des matériaux de construction causent une augmentation importante des concentrations de monoxyde de carbone (CO) dans le voisinage du port. La concentration maximale obtenue sur une heure à l'aide du modèle AERMOD s'élève à 6 861 µg/m^3, ce qui représente 20,18 % de la norme applicable de 34 000 µg/m^3. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la rue de Matane-sur-Mer, près de l'hôtel Quality Inn. Si on ajoute la concentration initiale de 2 650 µg/m^3 prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 9 511 µg/m^3, ce qui représente 27,97 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 5 819 µg/m^3, ce qui représente 17,11 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 8 469 µg/m^3, ce qui représente 24,91 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 6.3.

Tableau 6.3 : Résumé des concentrations maximales sur une heure obtenues pour le monoxyde de carbone (CO) lors de la construction du poste à quai no 2

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	**6 860,95**	**20,18 %**	**9 510,95**	**27,97 %**
2009	6 523,07	19,19 %	9 173,07	26,98 %
2010	6 261,68	18,42 %	8 911,68	26,21 %
2011	6 518,41	19,17 %	9 168,41	26,97 %
2012	6 553,75	19,28 %	9 203,75	27,07 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	3 806,03	11,19 %	6 456,03	18,99 %
2009	**5 818,69**	**17,11 %**	**8 468,69**	**24,91 %**
2010	5 237,24	15,40 %	7 887,24	23,20 %
2011	5 556,42	16,34 %	8 206,42	24,14 %
2012	5 423,46	15,95 %	8 073,46	23,75 %

6.3.2 Concentrations sur 8 heures

La situation est similaire en ce qui concerne la concentration maximale obtenue sur 8 heures pour le monoxyde de carbone (CO). La concentration maximale obtenue sur 8 heures s'élève à 1 736 µg/m^3, ce qui représente 13,67 % de la norme applicable de 12 700 µg/m^3. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la limite de propriété du port, près de l'intersection entre la rue de Matane-sur-Mer et la route donnant accès du terminal de la Société des traversiers du Québec. Si on ajoute la concentration initiale de 1 750 µg/m^3 prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 2 271,15 µg/m^3, ce qui représente 17,88 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 1 084 µg/m^3, ce qui représente 8,54 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 2 834 µg/m^3, ce qui représente 22,32 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 6.4.

Tableau 6.4 : Résumé des concentrations maximales sur 8 heures obtenues pour le monoxyde de carbone (CO) lors du construction du poste à quai no 2

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	1 196,69	9,42 %	2 946,69	23,20 %
2009	**1 736,35**	**13,67 %**	**3 486,35**	**27,45 %**
2010	1 578,74	12,43 %	3 328,74	26,21 %
2011	1 133,60	8,93 %	2 883,60	22,71 %
2012	1 509,15	11,88 %	3 259,15	25,66 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	965,31	7,60 %	2 715,31	21,38 %
2009	968,69	7,63 %	2 718,69	21,41 %
2010	**1 084,30**	**8,54 %**	**2 834,30**	**22,32 %**
2011	912,33	7,18 %	2 662,33	20,96 %
2012	733,13	5,77 %	2 483,13	19,55 %

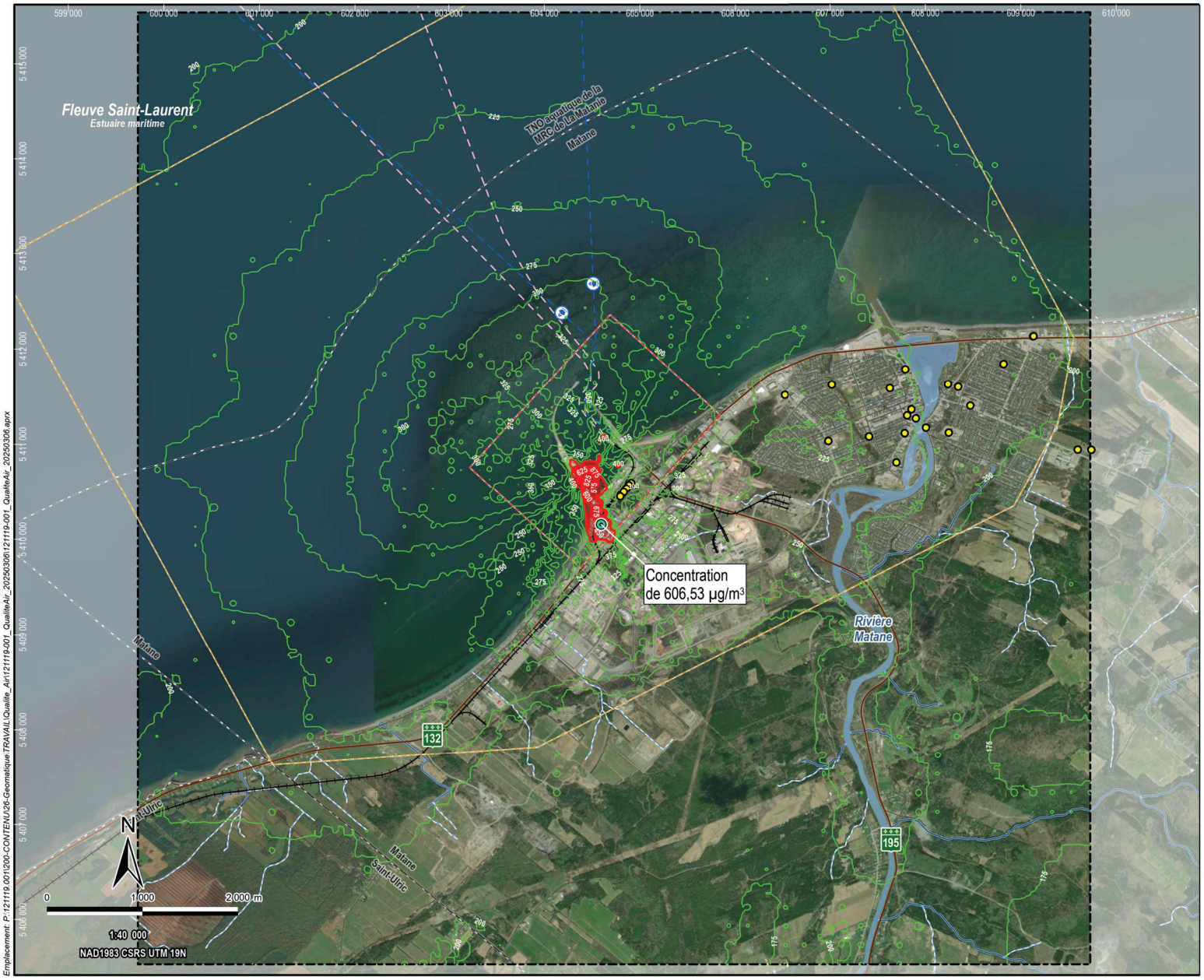
6.4 Concentrations de dioxyde d'azote (NO_2)

6.4.1 Concentrations horaires

La concentration maximale obtenue sur une heure pour le NO_2 lors de la construction du poste à quai no 2 s'élève à 456,53 µg/m³, ce qui représente 110,27 % de la norme applicable de 414 µg/m³. La norme serait dépassée pendant une période maximale de 4 heures par année et un maximum de 6 heures sur les 5 années utilisées pour les calculs de modélisation. Si on ajoute la concentration initiale de 150 µg/m³ prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 606,53 µg/m³, ce qui représente 146,51 % de la norme. On doit noter que la concentration maximale est tout près de l'intersection entre la rue du Port et la rue de Matane-sur-Mer. Un total de 33 récepteurs, concentrés dans une zone située à moins de 600 mètres du centre de la zone d'étude, pourraient être touchés par des dépassements de la norme horaire. La zone couverte par les concentrations en dépassement représente une superficie d'environ 65 000 m² et s'étend sur une distance de 250 à 350 mètres de la rive à l'ouest de la rue du Port. Cette zone est illustrée à la carte 6.1.

Le nombre maximal de dépassements de la norme horaire pour un récepteur donné s'élève à 4 heures par an, pour un seul des 33 récepteurs. Au total, sur les cinq années de données météorologiques utilisées, des dépassements se produiraient pendant 70 heures, soit pendant 44 heures avec les données de 2009, 8 heures avec les données de 2010, 3 heures avec les données de 2011 et 15 heures avec les données de 2012. Les dépassements ne se produisent pas uniformément aux récepteurs touchés et dépendent de la vitesse et de la direction des vents. Par exemple, avec les données de 2009, les conditions propices aux dépassements se produisent pendant 44 heures, mais les récepteurs qui sont touchés par des dépassements n'en subissent pas forcément tous en même temps. Sur ces 44 heures, un seul des récepteurs a subi des dépassements pendant un maximum de 10 heures. Il faut mentionner qu'aucun dépassement de la norme horaire ne serait observé avec les données de 2008. En moyenne, l'un de ces 112 récepteurs pourrait être touché par un dépassement pendant moins de 0,5 heure par an.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 6.5.



Emplacement: P:\121119.001\200-CONTENU\26-Geomatique\TRAVAUX\Qualite_Air\121119-001_QualiteAir_20250306\121119-001_QualiteAir_20250306.aprx

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie

Zone d'étude élargie
Zone d'étude locale
Limite municipale
Limite de la modélisation
Récepteur sensible
Récepteur où la concentration la plus élevée est obtenue

Courbes d'isoconcentrations

Indiquer Norme applicable (RAA) : 414 µg/m³

< 414 µg/m³
414 µg/m³
> 414 µg/m³

Réseau ferroviaire

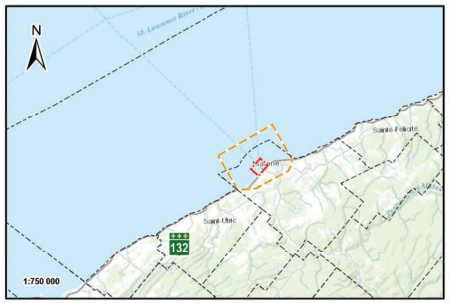
Voie ferrée
Transbordeur

Réseau routier

Route nationale
Réseau local
Liaison maritime

Hydrographie *(GRHQ, 2019)*

Permanent
Intermittent



Réaménagement des installations portuaires de Matane

Concentrations maximales horaires de dioxyde d'azote (NO2) pour la phase 3 de la construction

CONSORTIUM NORDA STELO/ENGLOBE

MARS, 2025
121119-001_C6-1_Phase3_NO2-1h_20250311.pagx
Base carto : Maxar, 2022

Carte 6.1

Préparé : AB Dessiné : MPRO Vérifié : AB

Tableau 6.5 : Résumé des concentrations maximales sur une heure obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors de la construction du poste à quai no 2

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	185,36	44,77 %	335,36	81,00 %
2009	**456,53**	**110,27 %**	**606,53**	**146,51 %**
2010	**363,03**	**87,69 %**	**513,03**	**123,92 %**
2011	315,28	76,15 %	465,28	112,39 %
2012	424,65	102,57 %	574,65	138,80 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	147,21	35,56 %	297,21	71,79 %
2009	144,43	34,89 %	294,43	71,12 %
2010	169,40	40,92 %	319,40	77,15 %
2011	142,84	34,50 %	292,84	70,73 %
2012	**173,37**	**41,88 %**	**323,37**	**78,11 %**

6.4.2 Concentrations quotidiennes

Sur une base quotidienne, la concentration maximale obtenue pour le NO_2 à l'aide du modèle AERMOD lors de la construction du poste à quai no 2 s'élève à 44,32 µg/m³, ce qui représente 21,41 % de la norme applicable de 207 µg/m³. Cette concentration est obtenue en bordure de la rue de Matane-sur-Mer, à l'est de l'entrée du port. Si on ajoute la concentration initiale de 100 µg/m³ prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 144,32 µg/m³, ce qui représente 69,72 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 36,16 µg/m³, ce qui représente 17,47 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 136,16 µg/m³, ce qui représente 65,78 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 6.6.

Tableau 6.6 : Résumé des concentrations maximales sur 24 heures obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors de la construction du poste à quai no 2

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	**44,32**	**21,41 %**	**144,32**	**69,72 %**
2009	30,76	14,86 %	130,76	63,17 %
2010	36,01	17,40 %	136,01	65,71 %
2011	31,27	15,11 %	131,27	63,42 %
2012	41,95	20,26 %	141,95	68,57 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	27,32	13,20 %	127,32	61,51 %
2009	24,01	11,60 %	124,01	59,91 %
2010	35,21	17,01 %	135,21	65,32 %
2011	26,09	12,60 %	126,09	60,91 %
2012	**36,16**	**17,47 %**	**136,16**	**65,78 %**

6.4.3 Concentrations annuelles

Sur une base annuelle, la concentration maximale obtenue pour le NO_2 à l'aide du modèle AERMOD lors de la construction du poste à quai no 2 s'élève à 3,15 µg/m^3, ce qui représente 3,06 % de la norme applicable de 103 µg/m^3. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la limite de propriété du port, près du quai d'embarquement de la Société des traversiers du Québec. Si on ajoute la concentration initiale de 30 µg/m^3 prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 33,15 µg/m^3, ce qui représente 32,18 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 2,34 µg/m^3, ce qui représente 2,27 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 32,34 µg/m^3, ce qui représente 31,40 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 6.7.

Tableau 6.7 : Résumé des concentrations maximales sur une base annuelle obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors de la construction du poste à quai no 2

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	2,84	2,76 %	32,84	31,88 %
2009	2,86	2,78 %	32,86	31,91 %
2010	**3,15**	**3,06 %**	**33,15**	**32,18 %**
2011	2,52	2,45 %	32,52	31,58 %
2012	2,71	2,63 %	32,71	31,75 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	1,83	1,78 %	31,83	30,91 %
2009	2,24	2,18 %	32,24	31,30 %
2010	2,09	2,03 %	32,09	31,15 %
2011	1,97	1,91 %	31,97	31,03 %
2012	**2,34**	**2,27 %**	**32,34**	**31,40 %**

6.5 Concentrations de dioxyde de soufre (SO_2)

6.5.1 Concentrations sur 4 minutes

La concentration maximale obtenue sur 4 minutes pour le SO_2 à l'aide du modèle AERMOD pendant la construction du poste à quai no 2 s'élève à 3,87 µg/m^3, ce qui représente 0,37 % de la norme applicable de 1 050 µg/m^3. On doit noter que cette concentration est obtenue en face d'une résidence située sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale de 150 µg/m^3 prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 153,87 µg/m^3, ce qui représente 14,65 % de la norme.

La concentration la plus élevée obtenue à l'un des récepteurs sensibles est observée à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. La concentration maximale obtenue est de 3,73 µg/m^3, ce qui représente 0,35 % de la norme applicable. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 153,73 µg/m^3, ce qui représente 14,64 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 6.8.

Tableau 6.8 : Résumé des concentrations maximales sur 4 minutes obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors de la construction du poste à quai no 2

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	3,84	0,37 %	153,84	14,65 %
2009	3,59	0,34 %	153,59	14,63 %
2010	3,74	0,36 %	153,74	14,64 %
2011	3,84	0,37 %	153,84	14,65 %
2012	**3,87**	**0,37 %**	**153,87**	**14,65 %**
Aux récepteurs sensibles				
2008	2,95	0,28 %	152,95	14,57 %
2009	3,14	0,30 %	153,14	14,58 %
2010	3,70	0,35 %	153,70	14,64 %
2011	**3,73**	**0,35 %**	**153,73**	**14,64 %**
2012	3,40	0,32 %	153,40	14,61 %

6.5.2 Concentrations quotidiennes

Sur une base quotidienne, la concentration maximale obtenue pour le SO_2 à l'aide du modèle AERMOD lors de ce scénario s'élève à 0,51 µg/m³, ce qui représente 0,18 % de la norme applicable de 288 µg/m³. La concentration la plus élevée obtenue à l'un des récepteurs sensibles est observée en bordure de la rue de Matane-sur-Mer, près de l'hôtel Quality Inn. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 50,51 µg/m³, ce qui représente 17,54 % de la norme.

La concentration la plus élevée obtenue à l'un des récepteurs sensibles est observée à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. La concentration maximale obtenue est de 0,49 µg/m³, ce qui représente 0,17 % de la norme applicable. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 50,49 µg/m³, ce qui représente 17,53 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 6.9.

Tableau 6.9 : Résumé des concentrations maximales sur 24 heures obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors de la construction du poste à quai no 2

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	0,37	0,13 %	50,37	17,49 %
2009	0,44	0,15 %	50,44	17,51 %
2010	0,39	0,14 %	50,39	17,50 %
2011	0,44	0,15 %	50,44	17,51 %
2012	**0,51**	**0,18 %**	**50,51**	**17,54 %**
Aux récepteurs sensibles				
2008	0,31	0,11 %	50,31	17,47 %
2009	0,44	0,15 %	50,44	17,51 %
2010	0,38	0,13 %	50,38	17,49 %
2011	0,42	0,15 %	50,42	17,51 %
2012	**0,49**	**0,17 %**	**50,49**	**17,53 %**

6.5.3 Concentrations annuelles

Sur une base annuelle, la concentration maximale obtenue pour le SO_2 à l'aide du modèle AERMOD lors de la construction du poste à quai no 2 s'élève à 0,041 µg/m³, ce qui représente 0,08 % de la

norme applicable de 52 µg/m^3. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la limite de propriété du port, près du quai d'embarquement de la Société des traversiers du Québec. Si on ajoute la concentration initiale de 20 µg/m^3 prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 20,041 µg/m^3, ce qui représente 38,54 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 0,035 µg/m^3, ce qui représente 0,07 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 20,035 µg/m^3, ce qui représente 38,53 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 6.10.

Tableau 6.10 : Résumé des concentrations maximales sur une base annuelle obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors de la construction du poste à quai no 2

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	0,036	0,07 %	20,036	38,53 %
2009	0,037	0,07 %	20,037	38,53 %
2010	**0,041**	**0,08 %**	**20,041**	**38,54 %**
2011	0,031	0,06 %	20,031	38,52 %
2012	0,035	0,07 %	20,035	38,53 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	0,024	0,05 %	20,024	38,51 %
2009	**0,035**	**0,07 %**	**20,035**	**38,53 %**
2010	0,032	0,06 %	20,032	38,52 %
2011	0,028	0,05 %	20,028	38,52 %
2012	0,034	0,07 %	20,034	38,53 %

6.6 Discussion

Les résultats obtenus lors de la modélisation des sources qui seront présentes lors de la construction du poste à quai no 2 montrent une augmentation notable des concentrations de monoxyde de carbone (CO) en raison de la circulation accrue sur la rue du Port et sur la route 132. Les concentrations de dioxyde d'azote (NO_2) sont un peu plus élevées que celles qui prévalaient dans le cas du dragage préalable à la construction du poste à quai no 2. Cependant, on assiste à une forte augmentation de la concentration de particules totales près de l'entrée du port en raison de la circulation accrue induite par les travaux, mais la concentration des particules fines ($PM_{2.5}$) diminue légèrement. La zone des travaux étant relativement éloignée de la rive, les particules fines qui y sont émises ont davantage de temps pour se diluer dans l'atmosphère. La proportion de particules fines émises par la circulation routière accrue est relativement faible par rapport aux émissions de particules totales.

Des dépassements de la norme horaire sont observés pour le dioxyde d'azote (NO_2), mais ces résultats sont probablement surestimés, car on tient pour acquis que tous les équipements fonctionnent à leur régime maximal, ce qui ne sera pas le cas en réalité. Malgré cela, on n'observerait au total que 4 heures de dépassements par année pour le récepteur le plus affecté, ce qui représente moins de 0,05 % du temps. Dans la moitié des cas, soit 17 récepteurs sur 33, on n'obtient qu'un dépassement au total sur les 5 années utilisées pour les calculs. Aucun récepteur n'est affecté par des dépassements à chacune des années, et seulement 1 récepteur sur les 33 est touché par un dépassement de la norme pendant 3 des 5 années utilisées. Il est donc vraisemblable que les concentrations obtenues soient supérieures à ce qui sera observé en réalité et qu'il n'y ait pas en réalité de dépassements pendant ces travaux.

Le niveau des concentrations des autres contaminants demeure néanmoins en deçà des normes applicables dans tous les cas.



7 Résultats des calculs pour la phase 4 de la construction

Lors de la quatrième phase des travaux, les travaux de construction du poste à quai no 2 sont terminés et le poste est en opération. Les travaux se déplacent au quai actuel, qui est démoli et reconstruit. Les opérations de dragage sont également terminées. La zone des travaux est plus éloignée de la rive que dans le cas des scénarios précédents, mais les travaux entraînent un volume de circulation important pour transporter les matériaux retirés ou requis pour la construction. Les opérations régulières du port, présentées dans la section 3 de ce rapport, ont été déplacées au quai no 2 dans le cadre de ce scénario.

7.1 Concentrations quotidiennes de particules totales

Le déplacement des travaux de construction vers la zone du quai actuel amène une réduction des concentrations maximales de particules totales. Sur une période de 24 heures, la concentration maximale obtenue à l'aide du modèle AERMOD s'élève à 14,20 µg/m^3, ce qui représente 11,83 % de la norme applicable de 120 µg/m^3. Cette valeur est dans le stationnement du concessionnaire Hyundai près de la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale de 90 µg/m^3 prévue à l'annexe K du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (RAA), on obtient une valeur maximale de 104,20 µg/m^3, ce qui représente 86,83 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 5,14 µg/m^3, ce qui représente 4,28 % de la norme applicable de 120 µg/m^3. Cette valeur est obtenue en bordure de la route 132, par où transiteront les matériaux requis pour la construction des installations. Si on ajoute la concentration initiale de 90 µg/m^3 prévue à l'annexe K du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (RAA), on obtient une valeur maximale de 95,14 µg/m^3, ce qui représente 79,28 % de la norme.

Le tableau 7.1 présente les résultats maximaux obtenus pour les années 2008 à 2012.

Tableau 7.1 : Résumé des concentrations maximales quotidiennes obtenues pour les particules en suspension lors de la reconstruction du quai actuel

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	11,60	9,66 %	101,60	84,66 %
2009	13,05	10,88 %	103,05	85,88 %
2010	**14,20**	**11,83 %**	**104,20**	**86,83 %**
2011	11,42	9,51 %	101,42	84,51 %
2012	10,21	8,51 %	100,21	83,51 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	3,94	3,28 %	93,94	78,28 %
2009	4,18	3,49 %	94,18	78,49 %
2010	**5,14**	**4,28 %**	**95,14**	**79,28 %**
2011	3,72	3,10 %	93,72	78,10 %
2012	3,50	2,92 %	93,50	77,92 %

7.2 Concentrations quotidiennes de particules fines ($PM_{2.5}$)

Sur une période de 24 heures, la concentration maximale obtenue à l'aide du modèle AERMOD diminue à 3,06 µg/m³, ce qui représente 10,19 % de la norme applicable de 30 µg/m³. Cette valeur est inférieure à celle obtenue au scénario précédent et est obtenue en bordure de la rue de Matane-sur-Mer, en face d'une des résidences situées sur cette rue. Si on ajoute la concentration initiale de 20 µg/m³ prévue à l'annexe K du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (RAA), on obtient une valeur maximale de 23,06 µg/m³, ce qui représente 76,86 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 2,93 µg/m³, ce qui représente 9,75 % de la norme applicable. Cette valeur est obtenue à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 22,93 µg/m³, ce qui représente 76,42 % de la norme.

Les résultats maximaux sont présentés au tableau 7.2.

Tableau 7.2 : Résumé des concentrations maximales quotidiennes obtenues pour les particules fines ($PM_{2.5}$) lors de la reconstruction du quai actuel

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	2,55	8,49 %	22,55	75,15 %
2009	**3,06**	**10,19 %**	**23,06**	**76,86 %**
2010	2,64	8,80 %	22,64	75,46 %
2011	2,90	9,65 %	22,90	76,32 %
2012	2,82	9,41 %	22,82	76,08 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	2,12	7,06 %	22,12	73,72 %
2009	**2,93**	**9,75 %**	**22,93**	**76,42 %**
2010	2,54	8,47 %	22,54	75,13 %
2011	2,80	9,33 %	22,80	75,99 %
2012	2,78	9,28 %	22,78	75,94 %

7.3 Concentrations de monoxyde de carbone (CO)

7.3.1 Concentrations horaires

Le déplacement des activités d'exploitation du port au quai no 2 rapproche de la rive certaines sources d'émission de monoxyde de carbone (CO), soit le navire à quai qui était autrefois amarré au quai actuel, ainsi que les équipements de manutention. La concentration maximale obtenue sur une heure à l'aide du modèle AERMOD s'élève dans ce cas à 8 272 µg/m^3, ce qui représente 24,33 % de la norme applicable de 34 000 µg/m^3. On doit noter que cette concentration est obtenue près de l'hôtel Quality Inn. Si on ajoute la concentration initiale de 2 650 µg/m^3 prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 10 922 µg/m^3, ce qui représente 32,12 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 6 896 µg/m^3, ce qui représente 20,28 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 9 546 µg/m^3, ce qui représente 28,08 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 7.3.

Tableau 7.3 : Résumé des concentrations maximales sur une heure obtenues pour le monoxyde de carbone (CO) lors de la reconstruction du quai actuel

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	**8 272,29**	**24,33 %**	**10 922,29**	**32,12 %**
2009	7 223,95	21,25 %	9 873,95	29,04 %
2010	6 924,05	20,36 %	9 574,05	28,16 %
2011	7 645,97	22,49 %	10 295,97	30,28 %
2012	7 570,06	22,26 %	10 220,06	30,06 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	5 177,53	15,23 %	7 827,53	23,02 %
2009	6 029,00	17,73 %	8 679,00	25,53 %
2010	4 826,12	14,19 %	7 476,12	21,99 %
2011	4 909,48	14,44 %	7 559,48	22,23 %
2012	**6 895,61**	**20,28 %**	**9 545,61**	**28,08 %**

7.3.2 Concentrations sur 8 heures

La situation est similaire en ce qui concerne la concentration maximale obtenue sur 8 heures pour le monoxyde de carbone (CO). La concentration maximale obtenue sur 8 heures s'élève à 1 925 µg/m^3, ce qui représente 15,16 % de la norme applicable de 12 700 µg/m^3. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la rue de Matane-sur-Mer, un peu à l'est de la rue du Port. Si on ajoute la concentration initiale de 1 750 µg/m^3 prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 3 675 µg/m^3, ce qui représente 28,94 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 1 557 µg/m^3, ce qui représente 12,26 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 3 307 µg/m^3, ce qui représente 26,04 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 7.4.

Tableau 7.4 : Résumé des concentrations maximales sur 8 heures obtenues pour le monoxyde de carbone (CO) lors de la reconstruction du quai actuel

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	1 390,17	10,95 %	3 140,17	24,73 %
2009	**1 924,96**	**15,16 %**	**3 674,96**	**28,94 %**
2010	1 540,96	12,13 %	3 290,96	25,91 %
2011	1 120,68	8,82 %	2 870,68	22,60 %
2012	1 580,64	12,45 %	3 330,64	26,23 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	942,74	7,42 %	2 692,74	21,20 %
2009	977,64	7,70 %	2 727,64	21,48 %
2010	833,19	6,56 %	2 583,19	20,34 %
2011	1 072,18	8,44 %	2 822,18	22,22 %
2012	**1 557,43**	**12,26 %**	**3 307,43**	**26,04 %**

7.4 Concentrations de dioxyde d'azote (NO_2)

7.4.1 Concentrations horaires

La concentration maximale obtenue sur une heure pour le NO_2 à l'aide du modèle AERMOD lors de la reconstruction du quai actuel s'élève à 80,91 µg/m³, ce qui représente 19,54 % de la norme applicable de 414 µg/m³. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la rue de Matane-sur-Mer, près de l'hôtel Quality Inn. Si on ajoute la concentration initiale de 150 µg/m³ prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 230,91 µg/m³, ce qui représente 55,77 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 73,00 µg/m³, ce qui représente 17,63 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 223,00 µg/m³, ce qui représente 53,86 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 7.5.

Tableau 7.5 : Résumé des concentrations maximales sur une heure obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors de la reconstruction du quai actuel

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	76,50	18,48 %	226,50	54,71 %
2009	**80,91**	**19,54 %**	**230,91**	**55,77 %**
2010	67,86	16,39 %	217,86	52,62 %
2011	68,60	16,57 %	218,60	52,80 %
2012	70,56	17,04 %	220,56	53,27 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	**73,00**	**17,63 %**	**223,00**	**53,86 %**
2009	61,36	14,82 %	211,36	51,05 %
2010	61,90	14,95 %	211,90	51,18 %
2011	68,60	16,57 %	218,60	52,80 %
2012	69,85	16,87 %	219,85	53,10 %

7.4.2 Concentrations quotidiennes

Sur une base quotidienne, la concentration maximale obtenue pour le NO_2 à l'aide du modèle AERMOD lors de ces travaux s'élève à 32,71 µg/m^3, ce qui représente 15,80 % de la norme applicable de 207 µg/m^3. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la rue de Matane-sur-Mer, près de la route d'accès au terminal de la Société des traversiers du Québec. Si on ajoute la concentration initiale de 100 µg/m^3 prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 132,71 µg/m^3, ce qui représente 64,11 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 24,18 µg/m^3, ce qui représente 11,68 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 124,18 µg/m^3, ce qui représente 59,99 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 7.6.

Tableau 7.6 : Résumé des concentrations maximales sur 24 heures obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors de la reconstruction du quai actuel

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	23,13	11,17 %	123,13	59,48 %
2009	28,89	13,96 %	128,89	62,26 %
2010	23,29	11,25 %	123,29	59,56 %
2011	**32,71**	**15,80 %**	**132,71**	**64,11 %**
2012	26,47	12,79 %	126,47	61,10 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	15,80	7,63 %	115,80	55,94 %
2009	23,16	11,19 %	123,16	59,50 %
2010	22,65	10,94 %	122,65	59,25 %
2011	**24,18**	**11,68 %**	**124,18**	**59,99 %**
2012	22,22	10,73 %	122,22	59,04 %

7.4.3 Concentrations annuelles

Sur une base annuelle, la concentration maximale obtenue pour le NO_2 à l'aide du modèle AERMOD lors de la reconstruction du quai actuel s'élève à 3,71 µg/m^3, ce qui représente 3,60 % de la norme applicable de 103 µg/m^3. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la limite de propriété du port, près du quai d'embarquement de la Société des traversiers du Québec. Si on ajoute la concentration initiale de 30 µg/m^3 prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 33,71 µg/m^3, ce qui représente 32,73 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 2,93 µg/m^3, ce qui représente 2,84 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 32,93 µg/m^3, ce qui représente 31,97 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 7.7.

Tableau 7.7 : Résumé des concentrations maximales sur une base annuelle obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors de la reconstruction du quai actuel

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	1,64	1,59 %	31,64	30,72 %
2009	1,99	1,93 %	31,99	31,05 %
2010	**2,04**	**1,98 %**	**32,04**	**31,11 %**
2011	1,63	1,59 %	31,63	30,71 %
2012	1,75	1,70 %	31,75	30,83 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	1,15	1,12 %	31,15	30,25 %
2009	1,64	1,59 %	31,64	30,72 %
2010	1,48	1,43 %	31,48	30,56 %
2011	1,34	1,30 %	31,34	30,42 %
2012	**1,67**	**1,62 %**	**31,67**	**30,74 %**

7.5 Concentrations de dioxyde de soufre (SO_2)

7.5.1 Concentrations sur 4 minutes

La concentration maximale obtenue sur 4 minutes pour le SO_2 à l'aide du modèle AERMOD lors de la reconstruction du quai actuel s'élève à 3,83 µg/m³, ce qui représente 0,36 % de la norme applicable de 1 050 µg/m³. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la rue de Matane-sur-Mer, face à l'une des résidences qui y sont érigées. Si on ajoute la concentration initiale de 150 µg/m³ prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 153,83 µg/m³, ce qui représente 14,65 % de la norme.

La concentration maximale obtenue à l'un des récepteurs sensibles, soit à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer, se situe à 3,73 µg/m³, ce qui représente 0,35 % de la norme applicable. Si on ajoute la concentration initiale de 150 µg/m³ prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 153,73 µg/m³, ce qui représente 14,64 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 7.8.

Tableau 7.8 : Résumé des concentrations maximales sur 4 minutes obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors de la reconstruction du quai actuel

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	3,42	0,33 %	153,42	14,61 %
2009	3,35	0,32 %	153,35	14,60 %
2010	3,41	0,32 %	153,41	14,61 %
2011	3,48	0,33 %	153,48	14,62 %
2012	**3,83**	**0,36 %**	**153,83**	**14,65 %**
Aux récepteurs sensibles				
2008	3,19	0,30 %	153,19	14,59 %
2009	3,00	0,29 %	153,00	14,57 %
2010	3,41	0,32 %	153,41	14,61 %
2011	3,48	0,33 %	153,48	14,62 %
2012	**3,73**	**0,35 %**	**153,73**	**14,64 %**

7.5.2 Concentrations quotidiennes

Sur une base quotidienne, la concentration maximale obtenue pour le SO_2 à l'aide du modèle AERMOD lors de ces travaux s'élève à 0,47 µg/m^3, ce qui représente 0,16 % de la norme applicable de 288 µg/m^3. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la rue de Matane-sur-Mer, face à l'une des résidences qui y sont érigées. Si on ajoute la concentration initiale de 50 µg/m^3 prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 50,47 µg/m^3, ce qui représente 17,52 % de la norme.

La concentration la plus élevée obtenue à l'un des récepteurs sensibles est observée à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. La concentration maximale obtenue est de 0,44 µg/m^3, ce qui représente 0,15 % de la norme applicable. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 50,44 µg/m^3, ce qui représente 17,52 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 7.9.

Tableau 7.9 : Résumé des concentrations maximales sur 24 heures obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors de la reconstruction du quai actuel

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	0,39	0,13 %	50,39	17,50 %
2009	**0,47**	**0,16 %**	**50,47**	**17,52 %**
2010	0,40	0,14 %	50,40	17,50 %
2011	0,44	0,15 %	50,44	17,51 %
2012	0,45	0,16 %	50,45	17,52 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	0,32	0,11 %	50,32	17,47 %
2009	**0,44**	**0,15 %**	**50,44**	**17,52 %**
2010	0,39	0,13 %	50,39	17,50 %
2011	0,43	0,15 %	50,43	17,51 %
2012	0,44	0,15 %	50,44	17,51 %

7.5.3 Concentrations annuelles

Sur une base annuelle, la concentration maximale obtenue pour le SO_2 à l'aide du modèle AERMOD lors du dragage du chenal des pêcheurs s'élève à 0,043 µg/m^3, ce qui représente 0,08 % de la norme applicable de 52 µg/m^3. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la limite de propriété du port, près du quai d'embarquement de la Société des traversiers du Québec. Si on ajoute la concentration initiale de 20 µg/m^3 prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 20,043 µg/m^3, ce qui représente 38,54 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 0,033 µg/m^3, ce qui représente 0,06 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 20,033 µg/m^3, ce qui représente 38,52 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 7.10.

Tableau 7.10 : Résumé des concentrations maximales sur une base annuelle obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors de la reconstruction du quai actuel

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	0,035	0,07 %	20,035	38,53 %
2009	0,040	0,08 %	20,040	38,54 %
2010	**0,043**	**0,08 %**	**20,043**	**38,54 %**
2011	0,032	0,06 %	20,032	38,52 %
2012	0,035	0,07 %	20,035	38,53 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	0,022	0,04 %	20,022	38,50 %
2009	**0,033**	**0,06 %**	**20,033**	**38,52 %**
2010	0,030	0,06 %	20,030	38,52 %
2011	0,026	0,05 %	20,026	38,51 %
2012	0,032	0,06 %	20,032	38,52 %

7.6 Discussion

Les résultats obtenus lors de la modélisation des sources qui seront présentes lors de la reconstruction du quai actuel montrent une diminution notable des concentrations pour la plupart des contaminants par rapport à la phase de construction du quai no 2, car les travaux de construction se déroulent dans un secteur plus éloigné de la rive. L'exception à cette règle est le monoxyde de carbone (CO), ce qui s'explique par le fait que le navire qui sera accosté au quai no 2 ainsi que les opérations du port seront plus rapprochées de la rive que dans la situation actuelle. Le niveau des concentrations de tous les contaminants demeure néanmoins en deçà des normes applicables dans tous les cas.



8 Résultats des calculs pour la phase 5 de la construction

À ce stade, la majeure partie des travaux de construction sont exécutés, les deux quais sont en opération et les seuls travaux restant à compléter sont ceux qui touchent la réfection des réseaux de voirie ainsi que des accès au port. Ces travaux se déroulent tout près de la rue de Matane-sur-Mer.

Le volume d'opération du port a doublé en raison de la présence du deuxième quai, ce qui entraîne la présence de nouveaux équipements requis pour l'exploitation des quais, ainsi qu'un volume de circulation accru pour transporter des marchandises au port et pour en prendre livraison.

8.1 Concentrations quotidiennes de particules totales

La diminution de l'intensité des travaux de construction résulte en une réduction de la concentration maximale de la concentration de particules totales, et ce, malgré une augmentation de la circulation induite par la présence d'un quai additionnel. Sur une période de 24 heures, la concentration maximale obtenue à l'aide du modèle AERMOD s'élève à 12,03 µg/m^3, ce qui représente 10,02 % de la norme applicable de 120 µg/m^3. Cette valeur est obtenue dans le stationnement du concessionnaire Hyundai, près de l'intersection de la rue du Port et de la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale de 90 µg/m^3 prévue à l'annexe K du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (RAA), on obtient une valeur maximale de 102,03 µg/m^3, ce qui représente 85,02 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 8,09 µg/m^3, ce qui représente 6,74 % de la norme applicable de 120 µg/m^3. Cette valeur est obtenue à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale de 90 µg/m^3 prévue à l'annexe K du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (RAA), on obtient une valeur maximale de 98,09 µg/m^3, ce qui représente 81,74 % de la norme.

Le tableau 8.1 présente les résultats maximaux obtenus pour les années 2008 à 2012.

Tableau 8.1 : Résumé des concentrations maximales quotidiennes obtenues pour les particules en suspension lors de la réalisation des travaux de voirie

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	9,81	8,17 %	99,81	83,17 %
2009	10,97	9,14 %	100,97	84,14 %
2010	**12,03**	**10,02 %**	**102,03**	**85,02 %**
2011	10,64	8,87 %	100,64	83,87 %
2012	9,03	7,53 %	99,03	82,53 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	5,54	4,61 %	95,54	79,61 %
2009	**8,09**	**6,74 %**	**98,09**	**81,74 %**
2010	6,71	5,59 %	96,71	80,59 %
2011	5,45	4,54 %	95,45	79,54 %
2012	5,03	4,19 %	95,03	79,19 %

8.2 Concentrations quotidiennes de particules fines ($PM_{2.5}$)

Sur une période de 24 heures, la concentration maximale obtenue à l'aide du modèle AERMOD pendant les travaux faisant l'objet de cette section s'élève à 5,17 µg/m³, ce qui représente 17,24 % de la norme applicable de 30 µg/m³. Cette valeur est obtenue à la limite de propriété du port, près de la rampe d'embarquement de la Société des traversiers du Québec.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 4,11 µg/m³, ce qui représente 13,70 % de la norme applicable. Cette valeur est obtenue à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale de 20 µg/m³ prévue à l'annexe K du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (RAA), on obtient une valeur maximale de 24,11 µg/m³, ce qui représente 80,37 % de la norme.

Les résultats maximaux sont présentés au tableau 8.2.

Tableau 8.2 : Résumé des concentrations maximales quotidiennes obtenues pour les particules fines ($PM_{2.5}$) lors de la réalisation des travaux de voirie

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	3,78	12,61 %	23,78	79,27 %
2009	**5,17**	**17,24 %**	**25,17**	**83,91 %**
2010	4,67	15,56 %	24,67	82,23 %
2011	5,15	17,17 %	25,15	83,83 %
2012	4,93	16,45 %	24,93	83,11 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	3,14	10,48 %	23,14	77,14 %
2009	**4,11**	**13,70 %**	**24,11**	**80,37 %**
2010	3,68	12,27 %	23,68	78,93 %
2011	4,06	13,54 %	24,06	80,21 %
2012	3,59	11,97 %	23,59	78,64 %

8.3 Concentrations de monoxyde de carbone (CO)

8.3.1 Concentrations horaires

La proximité des équipements de construction lors des travaux de réfection de la voirie, ainsi que la présence à quai d'un second navire occasionnent une hausse des concentrations de monoxyde de carbone (CO) dans le voisinage du port. La concentration maximale obtenue sur une heure à l'aide du modèle AERMOD s'élève à 10 574 µg/m^3, ce qui représente 31,10 % de la norme applicable de 34 000 µg/m^3. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la rue de Matane-sur-Mer, près de l'hôtel Quality Inn. Si on ajoute la concentration initiale de 2 650 µg/m^3 prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 13 224 µg/m^3, ce qui représente 38,89 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 7 479 µg/m^3, ce qui représente 22,00 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 10 129 µg/m^3, ce qui représente 29,79 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 8.3.

Tableau 8.3 : Résumé des concentrations maximales sur une heure obtenues pour le monoxyde de carbone (CO) lors de la réalisation des travaux de voirie

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	**10 574,10**	**31,10 %**	**13 224,10**	**38,89 %**
2009	9 491,01	27,91 %	12 141,01	35,71 %
2010	8 092,81	23,80 %	10 742,81	31,60 %
2011	9 374,97	27,57 %	12 024,97	35,37 %
2012	10 002,60	29,42 %	12 652,60	37,21 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	7 070,82	20,80 %	9 720,82	28,59 %
2009	6 638,08	19,52 %	9 288,08	27,32 %
2010	7 310,69	21,50 %	9 960,69	29,30 %
2011	7 233,68	21,28 %	9 883,68	29,07 %
2012	**7 479,36**	**22,00 %**	**10 129,36**	**29,79 %**

8.3.2 Concentrations sur 8 heures

La concentration maximale obtenue sur 8 heures lors de la réalisation de ces travaux s'élève à 3 541 µg/m^3, ce qui représente 27,89 % de la norme applicable de 12 700 µg/m^3. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la rue de Matane-sur-Mer, face à l'une des résidences qui s'y trouvent. Si on ajoute la concentration initiale de 1 750 µg/m^3 prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 5 291 µg/m^3, ce qui représente 41,67 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 3 351 µg/m^3, soit 26,39 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 5 101 µg/m^3, ce qui représente 40,17 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 8.4.

Tableau 8.4 : Résumé des concentrations maximales sur 8 heures obtenues pour le monoxyde de carbone (CO) lors de la réalisation des travaux de voirie

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	2 747,75	21,64 %	4 497,75	35,42 %
2009	3 038,64	23,93 %	4 788,64	37,71 %
2010	**3 541,48**	**27,89 %**	**5 291,48**	**41,67 %**
2011	2 398,05	18,88 %	4 148,05	32,66 %
2012	2 819,22	22,20 %	4 569,22	35,98 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	1 916,77	15,09 %	3 666,77	28,87 %
2009	2 642,30	20,81 %	4 392,30	34,59 %
2010	**3 351,25**	**26,39 %**	**5 101,25**	**40,17 %**
2011	1 286,91	10,13 %	3 036,91	23,91 %
2012	1 274,36	10,03 %	3 024,36	23,81 %

8.4 Concentrations de dioxyde d'azote (NO_2)

8.4.1 Concentrations horaires

La concentration maximale obtenue sur une heure pour le NO_2 à l'aide du modèle AERMOD lors des travaux de reconstruction de la voirie et des accès au port s'élève à 156,39 µg/m³, ce qui représente 51,68 % de la norme applicable de 414 µg/m³. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la rue de Matane-sur-Mer, au sud de la limite de propriété du port et près de l'hôtel Quality Inn. Si on ajoute la concentration initiale de 150 µg/m³ prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 306,39 µg/m³, ce qui représente 74,01 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 102,26 µg/m³, ce qui représente 24,70 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 252,26 µg/m³, ce qui représente 60,93 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 8.5.

Tableau 8.5 : Résumé des concentrations maximales sur une heure obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors de la réalisation des travaux de voirie

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	**156,39**	**37,77 %**	**306,39**	**74,01 %**
2009	120,50	29,11 %	270,50	65,34 %
2010	111,09	26,83 %	261,09	63,06 %
2011	107,13	25,88 %	257,13	62,11 %
2012	136,65	33,01 %	286,65	69,24 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	**102,26**	**24,70 %**	**252,26**	**60,93 %**
2009	91,78	22,17 %	241,78	58,40 %
2010	94,93	22,93 %	244,93	59,16 %
2011	101,03	24,40 %	251,03	60,64 %
2012	98,54	23,80 %	248,54	60,03 %

8.4.2 Concentrations quotidiennes

Sur une base quotidienne, la concentration maximale obtenue pour le NO_2 à l'aide du modèle AERMOD lors de ces travaux s'élève à 52,85 µg/m³, ce qui représente 25,53 % de la norme applicable de 207 µg/m³. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la rue de Matane-sur-Mer, près de l'entrée de l'accès aux installations de la Société des traversiers du Québec. Si on ajoute la concentration initiale de 100 µg/m³ prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 152,85 µg/m³, ce qui représente 73,84 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 34,65 µg/m³, ce qui représente 16,74 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 134,65 µg/m³, ce qui représente 65,05 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 8.6.

Tableau 8.6 : Résumé des concentrations maximales sur 24 heures obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors de la réalisation des travaux de voirie

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	38,15	18,43 %	138,15	66,74 %
2009	49,50	23,91 %	149,50	72,22 %
2010	36,67	17,71 %	136,67	66,02 %
2011	**52,85**	**25,53 %**	**152,85**	**73,84 %**
2012	44,56	21,53 %	144,56	69,83 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	21,89	10,58 %	121,89	58,88 %
2009	32,91	15,90 %	132,91	64,21 %
2010	30,66	14,81 %	130,66	63,12 %
2011	**34,65**	**16,74 %**	**134,65**	**65,05 %**
2012	33,84	16,35 %	133,84	64,66 %

8.4.3 Concentrations annuelles

Sur une base annuelle, la concentration maximale obtenue pour le NO_2 à l'aide du modèle AERMOD lors de la réalisation des travaux de voirie s'élève à 4,27 µg/m^3, ce qui représente 4,15 % de la norme applicable de 103 µg/m^3. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la limite de propriété du port, près du quai d'embarquement de la Société des traversiers du Québec. Si on ajoute la concentration initiale de 30 µg/m^3 prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 34,27 µg/m^3, ce qui représente 33,28 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 2,51 µg/m^3, ce qui représente 2,43 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 32,51 µg/m^3, ce qui représente 31,56 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 8.7.

Tableau 8.7 : Résumé des concentrations maximales sur une base annuelle obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors de la réalisation des travaux de voirie

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	3,33	3,23 %	33,33	32,36 %
2009	3,98	3,86 %	33,98	32,99 %
2010	**4,27**	**4,15 %**	**34,27**	**33,28 %**
2011	3,19	3,10 %	33,19	32,23 %
2012	3,37	3,27 %	33,37	32,40 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	1,84	1,79 %	31,84	30,91 %
2009	2,48	2,41 %	32,48	31,54 %
2010	2,38	2,31 %	32,38	31,44 %
2011	2,03	1,97 %	32,03	31,09 %
2012	**2,51**	**2,43 %**	**32,51**	**31,56 %**

8.5 Concentrations de dioxyde de soufre (SO_2)

8.5.1 Concentrations sur 4 minutes

La concentration maximale obtenue sur 4 minutes pour le SO_2 à l'aide du modèle AERMOD lors de la finalisation des travaux de construction s'élève à 5,81 µg/m^3, ce qui représente 0,55 % de la norme applicable de 1 050 µg/m^3. On doit noter que cette concentration est obtenue à l'ouest de la rue du Port, en bordure du fleuve. Si on ajoute la concentration initiale de 150 µg/m^3 prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 155,81 µg/m^3, ce qui représente 14,84 % de la norme.

La concentration la plus élevée obtenue à l'un des récepteurs sensibles est observée à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. La concentration maximale obtenue est de 3,65 µg/m^3, ce qui représente 0,35 % de la norme applicable. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 153,65 µg/m^3, ce qui représente 14,63 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 8.8.

Tableau 8.8 : Résumé des concentrations maximales sur 4 minutes obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors de la réalisation des travaux de voirie

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	**5,81**	**0,55 %**	**155,81**	**14,84 %**
2009	5,43	0,52 %	155,43	14,80 %
2010	4,80	0,46 %	154,80	14,74 %
2011	5,26	0,50 %	155,26	14,79 %
2012	4,88	0,46 %	154,88	14,75 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	3,55	0,34 %	153,55	14,62 %
2009	3,19	0,30 %	153,19	14,59 %
2010	**3,65**	**0,35 %**	**153,65**	**14,63 %**
2011	3,40	0,32 %	153,40	14,61 %
2012	3,27	0,31 %	153,27	14,60 %

8.5.2 Concentrations quotidiennes

Sur une base quotidienne, la concentration maximale obtenue pour le SO_2 à l'aide du modèle AERMOD lors de ces travaux s'élève à 0,71 µg/m³, ce qui représente 0,25 % de la norme applicable de 288 µg/m³. On doit noter que cette concentration est obtenue à l'ouest de la rue du Port, en bordure du fleuve. Si on ajoute la concentration initiale de 50 µg/m³ prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 50,71 µg/m³, ce qui représente 17,61 % de la norme.

La concentration la plus élevée obtenue à l'un des récepteurs sensibles est observée à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. La concentration maximale obtenue est de 0,63 µg/m³, ce qui représente 0,22 % de la norme applicable. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 50,63 µg/m³, ce qui représente 17,58 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 8.9.

Tableau 8.9 : Résumé des concentrations maximales sur 24 heures obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors de la réalisation des travaux de voirie

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	0,49	0,17 %	50,49	17,53 %
2009	0,63	0,22 %	50,63	17,58 %
2010	**0,71**	**0,25 %**	**50,71**	**17,61 %**
2011	0,63	0,22 %	50,63	17,58 %
2012	0,66	0,23 %	50,66	17,59 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	0,44	0,15 %	50,44	17,51 %
2009	**0,63**	**0,22 %**	**50,63**	**17,58 %**
2010	0,56	0,19 %	50,56	17,56 %
2011	0,60	0,21 %	50,60	17,57 %
2012	0,53	0,18 %	50,53	17,55 %

8.5.3 Concentrations annuelles

Sur une base annuelle, la concentration maximale obtenue pour le SO_2 à l'aide du modèle AERMOD lors de ces travaux s'élève à 0,088 µg/m^3, ce qui représente 0,17 % de la norme applicable de 52 µg/m^3. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la limite de propriété du port, près du quai d'embarquement de la Société des traversiers du Québec. Si on ajoute la concentration initiale de 20 µg/m^3 prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 20,088 µg/m^3, ce qui représente 38,63 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 0,048 µg/m^3, ce qui représente 0,09 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 20,048 µg/m^3, ce qui représente 38,55 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 8.10.

Tableau 8.10 : Résumé des concentrations maximales sur une base annuelle obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors des travaux de voirie

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	0,069	0,13 %	20,069	38,59 %
2009	0,080	0,15 %	20,080	38,61 %
2010	**0,088**	**0,17 %**	**20,088**	**38,63 %**
2011	0,064	0,12 %	20,064	38,58 %
2012	0,071	0,14 %	20,071	38,60 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	0,035	0,07 %	20,035	38,53 %
2009	**0,048**	**0,09 %**	**20,048**	**38,55 %**
2010	0,047	0,09 %	20,047	38,55 %
2011	0,039	0,07 %	20,039	38,54 %
2012	0,048	0,09 %	20,048	38,55 %

8.6 Discussion

Les résultats obtenus lors de la modélisation des sources qui seront présentes lors de la réalisation des travaux de reconstruction de la voirie et des accès au port montrent une augmentation notable des concentrations pour le monoxyde de carbone (CO) en raison de la proximité des travaux par rapport aux résidences les plus rapprochées par rapport aux travaux réalisés pour reconstruire le quai actuel et le poste à quai no 2, mais sans toutefois dépasser les normes applicables. Le niveau des concentrations des autres contaminants est largement en deçà des normes applicables.



9 Résultats des calculs pour la phase exploitation

Une fois tous les travaux terminés, le port de Matane entrera en phase d'exploitation complète des deux quais. Dans le cadre de ce scénario, le volume de circulation entrant et sortant du port est considéré comme doublé par rapport à la situation actuelle. Dans le cadre des opérations normales du port, 2 chargeuses sur roues, 2 pelles mécaniques et 2 camions de 53 pieds sont utilisés et ont été positionnés de manière à maximiser les concentrations au niveau de la rive afin de valider si les normes d'air ambiant étaient respectées lors de la pire situation possible. De plus, on considère la présence de 2 navires aux 2 quais du port et que leurs moteurs demeurent en fonction.

9.1 Concentrations quotidiennes de particules totales

L'ajout des sources liées à l'exploitation d'un second quai augmente légèrement les concentrations de particules totales par rapport à la situation actuelle, mais sans atteindre les niveaux de concentration obtenus lors de la réalisation des travaux de construction. Sur une période de 24 heures, la concentration maximale obtenue à l'aide du modèle AERMOD s'élève à 10,61 µg/m^3, ce qui représente 8,84 % de la norme applicable de 120 µg/m^3. Cette valeur est obtenue à l'intersection de la rue de Matane-sur-Mer et de la route d'accès aux installations de la Société des traversiers du Québec. Si on ajoute la concentration initiale de 90 µg/m^3 prévue à l'annexe K du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (RAA), on obtient une valeur maximale de 100,61 µg/m^3, ce qui représente 83,84 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 7,98 µg/m^3, ce qui représente 6,65 % de la norme applicable de 120 µg/m^3. Cette valeur est obtenue à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale de 90 µg/m^3 prévue à l'annexe K du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (RAA), on obtient une valeur maximale de 97,98 µg/m^3, ce qui représente 81,65 % de la norme.

La contribution des sources du port sont donc un peu plus que 2 fois celle qui prévalait avant la réalisation des travaux, ce qui s'explique par le fait que les nouvelles sources sont plus rapprochées de la rive que les sources présentes dans la situation actuelle, et que le volume de circulation accru sur la rue du Port génère des émissions de particules totales plus élevées.

Le tableau 9.1 présente les résultats maximaux obtenus pour les années 2008 à 2012.

Tableau 9.1 : Résumé des concentrations maximales quotidiennes obtenues pour les particules en suspension en période d'exploitation des deux quais

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	7,84	6,53 %	97,84	81,53 %
2009	10,16	8,47 %	100,16	83,47 %
2010	9,71	8,09 %	99,71	83,09 %
2011	**10,61**	**8,84 %**	**100,61**	**83,84 %**
2012	9,00	7,50 %	99,00	82,50 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	5,51	4,59 %	95,51	79,59 %
2009	**7,98**	**6,65 %**	**97,98**	**81,65 %**
2010	6,68	5,57 %	96,68	80,57 %
2011	5,43	4,53 %	95,43	79,53 %
2012	5,01	4,18 %	95,01	79,18 %

9.2 Concentrations quotidiennes de particules fines ($PM_{2.5}$)

La situation est similaire dans le cas des particules fines ($PM_{2.5}$). Sur une période de 24 heures, la concentration maximale obtenue à l'aide du modèle AERMOD s'élève à 5,14 µg/m³, ce qui représente 17,14 % de la norme applicable de 30 µg/m³. Cette valeur est obtenue à la limite de propriété du port, près de la rampe d'embarquement de la Société des traversiers du Québec. Si on ajoute la concentration initiale de 20 µg/m³ prévue à l'annexe K du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (RAA), on obtient une valeur maximale de 25,14 µg/m³, ce qui représente 83,80 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 4,13 µg/m³, ce qui représente 13,76 % de la norme applicable. Cette valeur est obtenue à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 24,13 µg/m³, ce qui représente 80,43 % de la norme.

Les résultats maximaux sont présentés au tableau 9.2.

Tableau 9.2 : Résumé des concentrations maximales quotidiennes obtenues pour les particules fines ($PM_{2.5}$) lors de la période d'exploitation des deux quais

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	3,76	12,53 %	23,76	79,20 %
2009	**5,14**	**17,14 %**	**25,14**	**83,80 %**
2010	4,65	15,51 %	24,65	82,17 %
2011	5,12	17,08 %	25,12	83,74 %
2012	4,91	16,35 %	24,91	83,02 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	3,13	10,43 %	23,13	77,09 %
2009	**4,13**	**13,76 %**	**24,13**	**80,43 %**
2010	3,68	12,28 %	23,68	78,95 %
2011	4,06	13,52 %	24,06	80,19 %
2012	3,58	11,93 %	23,58	78,59 %

9.3 Concentrations de monoxyde de carbone (CO)

9.3.1 Concentrations horaires

La hausse des activités portuaires après la fin des travaux de réfection du quai de Matane devrait causer une hausse des concentrations de monoxyde de carbone (CO) dans le voisinage du port. La concentration maximale obtenue sur une heure à l'aide du modèle AERMOD s'élève à 2 544 µg/m³, ce qui représente 7,48 % de la norme applicable de 34 000 µg/m³. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la rue de Matane-sur-Mer, près du concessionnaire Hyundai et de la rue du Port. Si on ajoute la concentration initiale de 2 650 µg/m³ prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 5 196 µg/m³, ce qui représente 15,28 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 1 784 µg/m³, ce qui représente 5,25 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 4 434 µg/m³, ce qui représente 13,04 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 9.3.

Tableau 9.3 : Résumé des concentrations maximales sur une heure obtenues pour le monoxyde de carbone (CO) lors de l'exploitation des deux quais

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	2 299,17	6,76 %	4 949,17	14,56 %
2009	**2 543,55**	**7,48 %**	**5 193,55**	**15,28 %**
2010	2 169,94	6,38 %	4 819,94	14,18 %
2011	2 358,75	6,94 %	5 008,75	14,73 %
2012	2 121,98	6,24 %	4 771,98	14,04 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	1 772,72	5,21 %	4 422,72	13,01 %
2009	1 583,74	4,66 %	4 233,74	12,45 %
2010	1 680,28	4,94 %	4 330,28	12,74 %
2011	1 755,38	5,16 %	4 405,38	12,96 %
2012	**1 784,00**	**5,25 %**	**4 434,00**	**13,04 %**

9.3.2 Concentrations sur 8 heures

La situation est similaire en ce qui concerne la concentration maximale obtenue sur 8 heures pour le monoxyde de carbone (CO). La concentration maximale obtenue sur 8 heures s'élève à 708 µg/m³, ce qui représente 5,57 % de la norme applicable de 12 700 µg/m³. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la rue de Matane-sur-Mer, face à l'une des propriétés qui s'y trouvent. Si on ajoute la concentration initiale de 1 750 µg/m³ prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 2 458 µg/m³, ce qui représente 19,35 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 542 µg/m³, ce qui représente 4,27 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 2 292 µg/m³, ce qui représente 18,05 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 9.4.

Tableau 9.4 : Résumé des concentrations maximales sur 8 heures obtenues pour le monoxyde de carbone (CO) lors de l'exploitation des deux quais

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	565,28	4,45 %	2 315,28	18,23 %
2009	**707,67**	**5,57 %**	**2 457,67**	**19,35 %**
2010	616,26	4,85 %	2 366,26	18,63 %
2011	467,23	3,68 %	2 217,23	17,46 %
2012	444,92	3,50 %	2 194,92	17,28 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	377,13	2,97 %	2 127,13	16,75 %
2009	**541,74**	**4,27 %**	**2 291,74**	**18,05 %**
2010	534,95	4,21 %	2 284,95	17,99 %
2011	460,80	3,63 %	2 210,80	17,41 %
2012	351,44	2,77 %	2 101,44	16,55 %

9.4 Concentrations de dioxyde d'azote (NO_2)

9.4.1 Concentrations horaires

La concentration maximale obtenue sur une heure pour le NO_2 à l'aide du modèle AERMOD, une fois les travaux de reconstruction complétés et les deux quais en exploitation, s'élève à 120,13 µg/m³, ce qui représente 29,02 % de la norme applicable de 414 µg/m³. On doit noter que cette concentration est obtenue presque à la limite sud de la zone d'étude. Il s'agit sans doute d'une condition météorologique particulière qui a mené à une concentration maximale aussi élevée à près de 5 km du port. Si on ajoute la concentration initiale de 150 µg/m³ prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 270,13 µg/m³, ce qui représente 65,25 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 99,79 µg/m³, ce qui représente 24,10 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 249,79 µg/m³, ce qui représente 60,34 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 9.5.

Tableau 9.5 : Résumé des concentrations maximales sur une heure obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors de l'exploitation des deux quais

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	114,10	27,56 %	264,10	63,79 %
2009	**120,13**	**29,02 %**	**270,13**	**65,25 %**
2010	108,79	26,28 %	258,79	62,51 %
2011	106,75	25,79 %	256,75	62,02 %
2012	119,93	28,97 %	269,93	65,20 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	**99,79**	**24,10 %**	**249,79**	**60,34 %**
2009	90,61	21,89 %	240,61	58,12 %
2010	93,85	22,67 %	243,85	58,90 %
2011	99,32	23,99 %	249,32	60,22 %
2012	97,00	23,43 %	247,00	59,66 %

9.4.2 Concentrations quotidiennes

Sur une base quotidienne, la concentration maximale obtenue pour le NO_2 à l'aide du modèle AERMOD une fois les travaux terminés s'élève à 51,89 µg/m³, ce qui représente 25,07 % de la norme applicable de 207 µg/m³. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la rue de Matane-sur-Mer, près de la rampe d'accès de la Société des traversiers du Québec. Si on ajoute la concentration initiale de 100 µg/m³ prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 151,89 µg/m³, ce qui représente 73,37 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 34,40 µg/m³, ce qui représente 16,62 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 134,40 µg/m³, ce qui représente 64,93 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 9.6.

Tableau 9.6 : Résumé des concentrations maximales sur 24 heures obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors de l'exploitation des deux quais

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	37,35	18,04 %	137,35	66,35 %
2009	48,51	23,43 %	148,51	71,74 %
2010	36,50	17,63 %	136,50	65,94 %
2011	**51,89**	**25,07 %**	**151,89**	**73,37 %**
2012	43,78	21,15 %	143,78	69,46 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	21,70	10,48 %	121,70	58,79 %
2009	32,79	15,84 %	132,79	64,15 %
2010	30,66	14,81 %	130,66	63,12 %
2011	**34,40**	**16,62 %**	**134,40**	**64,93 %**
2012	33,47	16,17 %	133,47	64,48 %

9.4.3 Concentrations annuelles

Sur une base annuelle, la concentration maximale obtenue pour le NO_2 à l'aide du modèle AERMOD lors de l'exploitation des deux quais s'élève à 4,16 µg/m³, ce qui représente 4,04 % de la norme applicable de 103 µg/m³. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la limite de propriété du port, près du quai d'embarquement de la Société des traversiers du Québec. Si on ajoute la concentration initiale de 30 µg/m³ prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 34,16 µg/m³, ce qui représente 33,16 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 2,31 µg/m³, ce qui représente 2,24 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 32,31 µg/m³, ce qui représente 31,37 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 9.7.

Tableau 9.7 : Résumé des concentrations maximales sur une base annuelle obtenues pour le dioxyde d'azote (NO_2) lors de l'exploitation des deux quais

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	3,21	3,12 %	33,21	32,25 %
2009	3,85	3,73 %	33,85	32,86 %
2010	**4,16**	**4,04 %**	**34,16**	**33,16 %**
2011	3,07	2,98 %	33,07	32,11 %
2012	3,27	3,17 %	33,27	32,30 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	1,59	1,55 %	31,59	30,67 %
2009	2,26	2,19 %	32,26	31,32 %
2010	1,94	1,88 %	31,94	31,01 %
2011	1,84	1,79 %	31,84	30,92 %
2012	**2,31**	**2,24 %**	**32,31**	**31,37 %**

9.5 Concentrations de dioxyde de soufre (SO_2)

9.5.1 Concentrations sur 4 minutes

La concentration maximale obtenue sur 4 minutes pour le SO_2 à l'aide du modèle AERMOD lors de la période d'exploitation des deux quais s'élève à 5,64 µg/m³, ce qui représente 0,54 % de la norme applicable de 1 050 µg/m³. On doit noter que cette concentration est obtenue à l'ouest de la rue du Port, en bordure du fleuve. Si on ajoute la concentration initiale de 150 µg/m³ prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 155,64 µg/m³, ce qui représente 14,82 % de la norme.

La concentration la plus élevée obtenue à l'un des récepteurs sensibles est observée à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. La concentration maximale obtenue est de 3,70 µg/m³, ce qui représente 0,35 % de la norme applicable. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 153,70 µg/m³, ce qui représente 14,64 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 9.8.

Tableau 9.8 : Résumé des concentrations maximales sur 4 minutes obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors de l'exploitation des deux quais

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	**5,64**	**0,54 %**	**155,64**	**14,82 %**
2009	5,27	0,50 %	155,27	14,79 %
2010	4,64	0,44 %	154,64	14,73 %
2011	5,16	0,49 %	155,16	14,78 %
2012	4,75	0,45 %	154,75	14,74 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	3,61	0,34 %	153,61	14,63 %
2009	3,22	0,31 %	153,22	14,59 %
2010	**3,70**	**0,35 %**	**153,70**	**14,64 %**
2011	3,45	0,33 %	153,45	14,61 %
2012	3,28	0,31 %	153,28	14,60 %

9.5.2 Concentrations quotidiennes

Sur une base quotidienne, la concentration maximale obtenue pour le SO_2 à l'aide du modèle AERMOD une fois les travaux complétés s'élève à 0,70 µg/m³, ce qui représente 0,24 % de la norme applicable de 288 µg/m³. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la limite de propriété du port, près du quai d'embarquement de la Société des traversiers du Québec. Si on ajoute la concentration initiale de 50 µg/m³ prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 50,70 µg/m³, ce qui représente 17,61 % de la norme.

La concentration la plus élevée obtenue à l'un des récepteurs sensibles est observée à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. La concentration maximale obtenue est de 0,63 µg/m³, ce qui représente 0,22 % de la norme applicable. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 50,63 µg/m³, ce qui représente 17,58 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 9.9.

Tableau 9.9 : Résumé des concentrations maximales sur 24 heures obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors de l'exploitation des deux quais

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m³)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	0,48	0,17 %	50,48	17,53 %
2009	0,63	0,22 %	50,63	17,58 %
2010	**0,70**	**0,24 %**	**50,70**	**17,61 %**
2011	0,63	0,22 %	50,63	17,58 %
2012	0,65	0,23 %	50,65	17,59 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	0,44	0,15 %	50,44	17,51 %
2009	**0,63**	**0,22 %**	**50,63**	**17,58 %**
2010	0,56	0,19 %	50,56	17,56 %
2011	0,59	0,21 %	50,59	17,57 %
2012	0,53	0,18 %	50,53	17,55 %

9.5.3 Concentrations annuelles

Sur une base annuelle, la concentration maximale obtenue pour le SO_2 à l'aide du modèle AERMOD lors de l'exploitation des deux quais s'élève à 0,086 µg/m^3, ce qui représente 0,17 % de la norme applicable de 52 µg/m^3. On doit noter que cette concentration est obtenue en bordure de la limite de propriété du port, près du quai d'embarquement de la Société des traversiers du Québec. Si on ajoute la concentration initiale de 20 µg/m^3 prévue à l'annexe K du RAA, on obtient une valeur maximale de 20,086 µg/m^3, ce qui représente 38,63 % de la norme.

Au niveau des récepteurs sensibles, la valeur maximale obtenue est de 0,045 µg/m^3, ce qui représente 0,09 % de la norme applicable. Ce résultat est obtenu à l'une des résidences situées sur la rue de Matane-sur-Mer. Si on ajoute la concentration initiale, on obtient une valeur maximale de 20,045 µg/m^3, ce qui représente 38,55 % de la norme.

Les résultats maximaux obtenus sont présentés au tableau 9.10.

Tableau 9.10 : Résumé des concentrations maximales sur une base annuelle obtenues pour le dioxyde de soufre (SO_2) lors de l'exploitation des deux quais

Année de référence météorologique	Concentration maximale obtenue		Concentration maximale incluant la concentration ambiante du secteur	
	Sources du port (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %	Total incluant la concentration ambiante du secteur (µg/m^3)	Pourcentage de la norme d'air ambiant (RAA) %
Sur l'ensemble des récepteurs hors propriété				
2008	0,067	0,13 %	20,067	38,59 %
2009	0,077	0,15 %	20,077	38,61 %
2010	**0,086**	**0,17 %**	**20,086**	**38,63 %**
2011	0,062	0,12 %	20,062	38,58 %
2012	0,069	0,13 %	20,069	38,59 %
Aux récepteurs sensibles				
2008	0,031	0,06 %	20,031	38,52 %
2009	0,045	0,09 %	20,045	38,55 %
2010	0,040	0,08 %	20,040	38,54 %
2011	0,036	0,07 %	20,036	38,53 %
2012	**0,045**	**0,09 %**	**20,045**	**38,55 %**

9.6 Discussion

Les résultats obtenus lors de la modélisation des sources qui seront présentes lors de l'exploitation des deux quais montrent une augmentation des concentrations de tous les contaminants en raison de l'activité accrue due à la présence d'un deuxième quai. Le niveau des concentrations de tous les contaminants demeure néanmoins en deçà des normes applicables dans tous les cas.



10 Discussion des résultats

Les calculs de modélisation réalisés dans le cadre de cette étude sont basés sur l'expérience du Consortium. Les taux d'émission utilisés, de même que la définition des scénarios, ont été délibérément choisis de manière très conservatrice et pourraient ne pas correspondre aux choix effectués par l'Entrepreneur mandaté pour la réalisation des travaux. C'est l'Entrepreneur qui décidera de la séquence de travaux réalisés et des équipements requis, sous la contrainte que la construction du quai no 2 soit complétée avant la démolition du quai commercial actuel. Les résultats obtenus dans le cadre des calculs de modélisation de la dispersion des contaminants atmosphériques lors de la réalisation des travaux de réfection du port de Matane montrent que les normes de qualité de l'atmosphère devraient être respectées pour la plupart des contaminants susceptibles d'être émis lors de ces travaux.

Les seules occasions où des dépassements des normes d'air ambiant pourraient être obtenus se produisent pendant la réalisation des travaux de dragage, dans le cas du dioxyde d'azote (NO_2) uniquement. Les concentrations initiales utilisées dans le cadre de cette étude pour le NO_2 sont celles qui proviennent de l'annexe K du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (RAA), mais il n'existe pas de mesures du niveau réel de concentration de ce contaminant dans l'air de Matane. Tel qu'indiqué précédemment, les hypothèses utilisées pour la réalisation de la modélisation des opérations de dragage sont **très** conservatrices. Ainsi, dans le cas du dragage du chenal des pêcheurs (phase 1 des travaux), les calculs ont été réalisés en positionnant les grues qui serviront au dragage le plus près possible de la rive, et en considérant que les remorqueurs demeureraient sur place pendant le dragage. Il est plutôt probable que les moteurs des remorqueurs soient arrêtés entre les déplacements des barges, car les barges portant les grues seront immobilisées par des pieux s'ancrant au fond du littoral pendant les opérations de dragage. Il est également probable que les moteurs des grues seront arrêtés, ou du moins placés au ralenti, lors du déplacement de ces barges. Les limites du modèle de dispersion rendent difficile la simulation de telles conditions, soit l'arrêt d'une source pendant le fonctionnement d'une autre; de plus, il est impossible de prévoir à quel moment exactement les opérations de déplacement des barges se produiront. Puisqu'il existe une norme horaire pour la concentration du NO_2, il était requis de tenir compte de la présence de toutes ces sources simultanément, bien qu'il soit peu probable qu'elles soient toutes en opération au même moment.

De la même manière, dans le cas de l'utilisation de la drague hydraulique à la phase 2 des travaux, celle-ci a été placée le plus près possible de la rive, et tout près de la drague mécanique et des deux remorqueurs qui seront utilisés. Il est peu probable que toutes ces sources soient aussi rapprochées l'une de l'autre pendant cette phase des travaux et qu'elles soient simultanément toutes en opération.

Dans les cas où on observe des dépassements des normes d'air ambiant pour le NO_2, il fut également supposé que toutes les sources fonctionneraient simultanément à leur régime maximal, ce qui est également peu probable.

La concentration initiale utilisée dans le cadre de cette étude pour le NO_2 sur une base horaire est de 150 µg/m^3, soit 36,23 % de la norme d'air ambiant. Dans le cas de la norme quotidienne, la concentration initiale utilisée est de 100 µg/m^3, soit 48,3 % de cette norme. Les concentrations initiales utilisées représentent donc une fraction importante de ces normes. Il est possible que les concentrations réellement observées à Matane soient différentes de ces valeurs. Puisque le NO_2 est le seul contaminant pour lequel des dépassements des normes horaires et quotidiennes sont obtenus par l'étude de modélisation, il serait approprié de réaliser des mesures de la concentration du NO_2 à Matane avant la réalisation des travaux, idéalement pendant une période d'un an.

Afin de s'assurer que les concentrations de NO_2 soient respectées à toutes les phases des travaux, il y aurait donc lieu de mettre en place les mesures suivantes :

1) Éteindre ou mettre au ralenti les sources qui n'ont pas à fonctionner lors des opérations de déplacement des barges;
2) Limiter l'utilisation des remorqueurs aux moments où ils seront requis;
3) Éviter que les dragues hydraulique et mécanique soient en opération dans le même secteur.

Dans le cas des autres contaminants ayant fait l'objet de calculs de modélisation, les normes d'air ambiant sont respectées, quelles que soient les phases des travaux, bien que des taux d'émission très conservateurs aient été utilisés.

Les concentrations initiales utilisées pour les autres contaminants étudiés sont celles qui proviennent de l'annexe K du RAA, puisqu'il n'y a pas de station d'échantillonnage de la qualité de l'air à Matane. Il est donc possible que les concentrations ajoutées aux résultats obtenus par le modèle soient différentes de celles qui prévalent à Matane et qu'elles pourraient être inférieures aux concentrations initiales proposées dans le RAA. Ces concentrations semblent relativement élevées, mais en raison de la présence d'autres sources industrielles à proximité du port, il est également possible que celles-ci correspondent à la réalité.



11 Conclusions

Il existe des possibilités minimes de dépassement des normes d'air ambiant horaire et quotidienne pour le dioxyde d'azote (NO_2). Ce sont les opérations de dragage préalables à la réalisation des travaux de construction du poste à quai no 2 qui pourraient mener à ces dépassements. Cependant, les hypothèses **très** conservatrices posées lors de la réalisation des calculs de modélisation rendent ces dépassements peu plausibles. Néanmoins, des mesures d'atténuation telles que l'arrêt des dragues mécaniques pendant leur déplacement et le fait d'éviter de déplacer celles-ci alors que le vent souffle du large vers la rive diminueraient encore davantage les possibilités de dépassement de ces normes.

Les calculs n'ont pas démontré de dépassements des normes pour le monoxyde de carbone (CO), les particules totales et les particules fines ($PM_{2.5}$) et le dioxyde de soufre (SO_2). Les concentrations initiales utilisées dans le cadre de cette étude proviennent de l'annexe K du Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère (Q-2, r.4.1). En raison de la présence d'autres industries à proximité du port, il est probable que ces concentrations initiales soient représentatives du secteur, bien qu'il soit impossible de l'affirmer avec certitude, Matane n'étant pas le site de stations d'échantillonnage de la qualité de l'air ambiant.

À ce stade, les méthodes de travail et les équipements qui seront utilisés par l'entrepreneur qui sera chargé de la réalisation des travaux ne sont pas connus. Les calculs ont donc été basés sur des hypothèses conservatrices au niveau du choix de la machinerie requise pour les travaux. Celles-ci devront être validées lorsque l'entrepreneur sera choisi et qu'il aura déterminé les équipements dont il aura besoin et la séquence de réalisation des travaux.



12 Références

Environnement Canada. *Données historiques* (site internet donnant accès aux données météorologiques passées sur une base horaire, quotidienne ou mensuelle) https://climat.meteo.gc.ca/historical_data/search_historic_data_f.html

Environnement Canada. Méthode EPS 1-AP-73-2 : *Méthode uniforme de référence pour la mesure des particules en suspension dans l'atmosphère (échantillonnage à grand débit*). Ottawa, Direction générale de la lutte contre la pollution atmosphérique, janvier 1973.

MELCCFP. *Climat du Québec - Classification de Köppen-Geiger basée sur les normales 1981-2010*. Consulté en ligne le 2023-12-17 (https://www.environnement.gouv.qc.ca/climat/normales/cartes/Classification-Koppen.pdf)

US National Archives. – Title 40 (Protection of Environment), Appendix L to Part 50 (National Primary and Secondary Ambient Air Quality Standards) : *Reference Method for the Determination of Fine Particulate Matter as $PM_{2.5}$ in the Atmosphere*, november 2024. (https://www.ecfr.gov/current/title-40/chapter-I/subchapter-C/part-50/appendix-Appendix %20L %20to %20Part %2050)



englobecorp.com

Réaménagement des installations portuaires à Matane

Évaluation de la résilience aux changements climatiques

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG)
Version finale

Juin 2025
16-02301790.000-0400-EN-R-0900-00

A-624

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG)

Préparé par :



Myriam Goulet pour
Anne-Sophie Colombani, B. Sc.
Professionnelle en environnement
Études environnementales et changements climatiques

Approuvé par :



Catherine Lalumière, biol., MBA
Directrice de service et chargée de projet
Études environnementales et changements climatiques

Équipe de réalisation

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG)

Chargés de projet	David Parent, ing., directeur des infrastructures portuaires Caroline Ratté, directrice de l'environnement et du développement durable

Consortium Norda Stelo | Englobe

Chargé de projet	Stéphan Ferrero, ing.
Coordonnatrice en environnement	Catherine Lalumière, biol., MBA
Coordonnatrice adjointe en environnement	Annie Taillon, biogéogr. (M. Sc. Eau)
Recherche d'informations, analyse et rédaction	Anne-Sophie Colombani, B. Sc. Myriam Goulet, M. Sc.
Cartographie/SIG	Manuel Pronovost, B. Sc.
Mise en page	Élodie Larochelle, B.A.

Registre des révisions et émissions

Nº DE RÉVISION	DATE	DESCRIPTION
0A	29 mai 2025	Émission de la version préliminaire pour commentaires
00	4 juin 2025	Émission de la version finale

Propriété et confidentialité

« Ce document est destiné exclusivement aux fins qui y sont mentionnées. Toute utilisation du rapport doit prendre en considération l'objet et la portée du mandat en vertu duquel le rapport a été préparé ainsi que les limitations et conditions qui y sont spécifiées et l'état des connaissances scientifiques au moment de l'émission du rapport. Le Consortium Norda Stelo-Englobe ne fournit aucune garantie ni ne fait aucune représentation autre que celles expressément contenues dans le rapport.

Ce document est l'œuvre du Consortium Norda Stelo-Englobe. Toute reproduction, diffusion ou adaptation, partielle ou totale, est strictement prohibée sans avoir préalablement obtenu l'autorisation écrite du Consortium Norda Stelo/Englobe et de son Client. Pour plus de certitude, l'utilisation d'extraits du rapport est strictement interdite sans l'autorisation écrite du Consortium Norda Stelo-Englobe et de son Client, le rapport devant être lu et considéré dans sa forme intégrale.

Aucune information contenue dans ce rapport ne peut être utilisée par un tiers sans l'autorisation écrite du Consortium Norda Stelo-Englobe et de son Client. Le Consortium Norda Stelo-Englobe se dégage de toute responsabilité pour toute reproduction, diffusion, adaptation ou utilisation non autorisée du rapport.

Si des essais ont été effectués, les résultats de ces essais ne sont valides que pour l'échantillon décrit dans le présent rapport.

Les sous-traitants du Consortium Norda Stelo-Englobe qui auraient réalisé des travaux au chantier ou en laboratoire sont dûment évalués selon la procédure relative aux achats de notre système qualité. Pour toute information complémentaire ou de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec votre chargé de projet. »

Table des matières

1 Introduction 1
1.1 Contexte du mandat 1
1.2 Objectifs et portée du mandat 2

2 Éléments méthodologiques 3
2.1 Conceptualisation du risque climatique 3
2.2 Structure de l'étude 4
2.3 Paramètres généraux pour l'évaluation 5

3 Exposition aux aléas 7
3.1 Description de l'infrastructure et du site 7
3.1.1 Site 7
3.1.2 Bathymétrie 11
3.1.3 Hydrologie et hydrodynamique 12
3.2 Conditions climatiques 15
3.2.1 Climat actuel et passé 15
3.2.2 Tempêtes historiques 16
3.2.3 Changement climatique 18
3.3 Sélection des interactions climat-infrastructure 19
3.3.1 Composantes 20
3.3.2 Liste des interactions 21
3.3.3 Justification de la liste des interactions et chaînes d'impact 22
3.4 Exclusions 27

4 Évolution des aléas climatiques 29
4.1 Choix des indicateurs 29
4.2 Critères d'attribution pour les scores de probabilité 32
4.3 Attribution des scores de probabilité 34
4.3.1 Climat plus chaud 34
4.3.2 Niveau de la mer 36
4.3.3 Acidification de l'eau 38
4.3.4 Précipitations extrêmes 39
4.3.5 Couvert de glace 45
4.3.6 Couvert de neige 46
4.3.7 Vents forts 48
4.3.8 Ondes et vagues de tempêtes 49
4.3.9 Chaleur extrême 50
4.3.10 Brouillard 50
4.3.11 Verglas 51

4.3.12 Foudre 52
4.3.13 Cycles de gel/dégel 54

5 Sensibilités et risques 57
5.1 Critères d'attribution des scores de sensibilité et de risque 57
5.2 Attribution des scores de sensibilité 58
5.2.1 Navigation 59
5.2.2 Humains 60
5.2.3 Chemin d'accès, guérite, bureau (segments 1 à 2) 61
5.2.4 Aire d'entreposage et entrepôt (segment 3) 63
5.2.5 Quai commercial, quai nord (segment 4) 65
5.2.6 Brise-lames ouest (segments 5 à 7) 67
5.2.7 Système de drainage et traitement des eaux huileuses 69
5.2.8 Autres équipements 70
5.2.9 Quais 1 et 2 projetés 71
5.3 Matrice des risques 72
5.3.1 Scores de risque 72
5.3.2 Synthèse de l'analyse de risque 72
5.4 Approche générale 74
5.5 Mesures d'adaptation proposées 74

6 Conclusion 77
6.1 Limites de l'évaluation 77
6.2 Énoncés préliminaires de résilience 78

7 Références 79

TABLEAUX

Tableau 1 : Niveaux des eaux à la station de Matane (02955) 12
Tableau 2 : Niveaux des eaux extrêmes (ondes de tempêtes) pour Matane 13
Tableau 3 : Données sur les débits et volumes de franchissement anticipés 14
Tableau 4 : Normales climatiques de 1991-2020 pour la ville de Mont-Joli 15
Tableau 5 : Élévation actuelle et projetée des ouvrages 21
Tableau 6 : Liste des interactions composante-aléa sélectionnées pour l'analyse de risque 22
Tableau 7 : Chaînes d'impacts 23
Tableau 8 : Aléas climatiques, indicateurs quantitatifs et scores de probabilité pour la ville de Matane 30
Tableau 9 : Critères d'attribution des scores de probabilité de la démarche du CVIIP 34
Tableau 10 : Évolution de la moyenne des températures annuelles de Matane 35
Tableau 11 : Évolution de la moyenne des températures du printemps de Matane 35
Tableau 12 : Évolution de la moyenne des températures d'été de Matane 35
Tableau 13 : Évolution de la moyenne des températures d'automne de Matane 35
Tableau 14 : Évolution de la moyenne des températures d'hiver de Matane 36
Tableau 15 : Hauteur d'élévation suggéré des infrastructures portuaire au port de Matane 38
Tableau 16 : Évolution des précipitations cumulées sur 5 jours annuelles 40
Tableau 17 : Intensité totale des précipitations 41
Tableau 18 : Évolution projetée pour l'intensité des pluies 1 heure – 100 ans d'ici 2041-2070 44
Tableau 19 : Évolution projetée pour l'intensité des pluies 1 heure – 100 ans d'ici 2071-2100 44
Tableau 20 : Évolution projetée pour l'intensité des pluies 24 heures – 5 ans d'ici 2041-2070 45
Tableau 21 : Évolution projetée pour l'intensité des pluies 24 heures – 5 ans d'ici 2071-2100 45
Tableau 22 : Degrés-jours de gel (DJG) 46
Tableau 23 : Nombre annuel de jours de vague de chaleur 50
Tableau 24 : Nombre de jours très chauds 50
Tableau 25 : Épisodes de verglas ≥10 mm annuels à Matane 51
Tableau 26 : Épisodes de verglas ≥6 annuel à Matane 52
Tableau 27 : Évolution projetée pour le taux d'éclairs pour 2041-2070 53
Tableau 28 : Évolution projetée pour le taux d'éclairs pour 2071-2100 54
Tableau 29 : Événements de gel-dégel annuel à Matane 54
Tableau 30 : Événements de gel-dégel hivernal à Matane 55
Tableau 31 : Critères d'attribution des scores de sensibilité 58
Tableau 32 : Fiche de sensibilité climatique pour la navigation 59
Tableau 33 : Fiche de sensibilité climatique pour les humains 60
Tableau 34 : Fiche de sensibilité climatique pour le chemin d'accès, la guérite et le bureau 61
Tableau 35 : Fiche de sensibilité climatique pour l'aire d'entreposage et l'entrepôt 63
Tableau 36 : Fiche de sensibilité climatique pour l'enrochement au nord du quai commercial existant 65
Tableau 37 : Fiche de sensibilité climatique pour le brise-lame ouest 67
Tableau 38 : Fiche de sensibilité climatique pour le système de drainage, de captation des eaux pluviales et de traitement des eaux huileuses 69
Tableau 39 : Fiche de sensibilité climatique pour les autres équipements (bollards, lampadaires, défenses, etc.) 70
Tableau 40 : Fiche de sensibilité climatique pour les deux postes à quai et les aires d'entreposage projetés (variante 4 – configuration B17) 71

Tableau 41 : Grille de détermination des scores de risque de la démarche du CVIIP 72
Tableau 42 : Synthèse de l'analyse de risque..... 73
Tableau 43 : Classification et approche générale de traitement des risques 74
Tableau 44 : Recommandations d'adaptation pour les risques modérés..... 75

CARTES

Carte 1 : Zones d'étude et d'inventaire..... 9
Carte 2 : Bathymétrie 12

FIGURES

Figure 1 : Schéma de la structure de l'évaluation 5
Figure 2 : Segmentation du brise-lames ouest (Lasalle | NHC, 2024) 14
Figure 3 : Couvert de glace maximal de 1968 à 2020 par ECCC (2024a) 16
Figure 4 : Trajectoire des cyclones extratropicaux dans un périmètre de 100 km de Matane (Historical hurricane tracks [NOAA]) 17
Figure 5 : Réponse du système climatique par rapport à 1850-1900 (tirée de GIEC [2021])..... 19
Figure 6 : Aperçu des différentes infrastructures portuaires existantes 20
Figure 7 : Définitions des différentes projections climatiques basées sur les SSP (Ouranos, s.d.) 33
Figure 8 : Évolution de la moyenne annuelle des températures pour la région de la Matanie (côte) (Ouranos, 2025) 36
Figure 9 : Ajustement isostatique au Canada (Robin et coll., 2020) 37
Figure 10 : Historique et projections du pH dans les océans (IPCC AR56 WG1Summary Volume French [figure RID.8])..... 39
Figure 11 : Courbes IDF historiques pour la station de Mont-Joli (paramètres de travail mis en évidence) 41
Figure 12 : Fichier numérique des courbes IDF historiques pour la station Mont-Joli (paramètres de travail mis en évidence) 42
Figure 13 : Tendance de l'équivalent en eau de la neige maximale en % par décennie..... 47



1 Introduction

1.1 Contexte du mandat

La Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG) doit procéder à des travaux de réfection de ses installations portuaires à Matane en raison de l'état de dégradation observé lors des dernières inspections. Elle souhaite profiter de ces travaux afin de réaménager ses installations portuaires en ajoutant notamment un deuxième poste à quai et de procéder à du dragage dans le havre de manière à assurer des opérations optimales et sécuritaires pour les usagers.

Conformément à l'article 4 (port, quai et terminal portuaire) de la partie II de l'annexe I du *Règlement relatif à l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement de certains projets* (chap. Q 2, r. 23.1), ce projet est assujetti à la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement (PÉEIE). Afin de satisfaire la directive spécifique émise par le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement (ÉIE) du projet, une étude de résilience aux changements climatiques est requise.

La présente évaluation de résilience aux changements climatiques constitue une étude sectorielle pour une étude d'impact sur l'environnement (ÉIE) en cours de réalisation pour le compte de la SPBSG et a été réalisée en considérant les exigences du document *Les changements climatiques et l'évaluation environnementale : Guide à l'intention de l'initiateur de projet* du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (ci-après nommé *Guide du MELCCFP* [2021]) ainsi que les lignes directrices de l'*Optique des changements climatiques* d'Infrastructure Canada (2023) et de la norme ISO 14091:2021 (*Adaptation au changement climatique - Lignes directrices sur la vulnérabilité, les impacts et l'évaluation des risques*).

Compte tenu de la non-stationnarité du climat, il est primordial de s'assurer que la conception prenne en compte le mieux possible les projections scientifiques pour les variables hydroclimatiques d'intérêt pour l'infrastructure, et ce, pour toute la nouvelle durée de vie utile prévue. Le rapport de Comtois et coll. (2020) met en avant l'impact des changements climatiques sur la chaîne de transport fluvio-maritime du Saint-Laurent, car ces modifications augmentent non seulement la vulnérabilité des infrastructures, mais aussi les coûts associés à la participation du Québec au commerce international.

Le système Saint-Laurent, qui supporte l'accès à de grands navires, est particulièrement sensible aux variations du tirant d'eau. Les modifications du niveau de l'eau, conjuguées aux transformations du régime de précipitations, aux conditions de glace, à la salinité des eaux, aux perturbations atmosphériques, et à l'érosion des littoraux, sont susceptibles de devenir des défis majeurs pour le développement futur des infrastructures portuaires.

1.2 Objectifs et portée du mandat

Le principal objectif de la présente étude de résilience climatique est de favoriser la prise en compte des changements climatiques dans l'élaboration du projet de réaménagement des infrastructures portuaires de Matane et de documenter cette thématique sur la base des exigences du *Guide du MELCCFP* (2021). Les exigences sont satisfaites autant que le permettent la disponibilité des données et l'état d'avancement de la conception au moment de la rédaction du présent rapport.

Le présent mandat n'inclut pas de travaux de modélisation. L'analyse est basée sur les exigences du *Guide du MELCCFP* (2021) ainsi que sur la conceptualisation du risque de la norme ISO 14091:2021. La liste des interactions composante-aléa (c'est-à-dire entre composantes d'infrastructures et aléas climatiques) est établie sur la base des données disponibles ainsi que du jugement d'expert, en concertation avec l'équipe de conception. L'objectif de cette liste est d'ultimement cerner et de prioriser les aléas devant être traités afin d'optimiser la résilience climatique, considérant aussi les autres contraintes du projet (aspects techniques, économiques, environnementaux et sociaux).

Comme décrit à la section 2.2, les éléments décisionnels ainsi que l'évaluation des risques résiduels (après application éventuelle des mesures d'adaptation proposées) sont considérés hors de la portée de la présente étude. À l'intérieur du domaine de la présente étude, les interactions composante-aléa qui sont jugées pertinentes du point de vue de la résilience climatique, mais pour lesquelles l'information est manquante pour déterminer des scores de probabilité (d'occurrence de l'aléa) ou de sensibilité (de la composante à l'aléa), sont clairement identifiées.

La présente étude porte seulement sur la variante retenue. Elle se base sur le *Rapport de concept et analyse des variantes* compris dans l'étape d'avant-projet appelé SRI-1 (Consortium Norda Stelo-Englobe, 2025a) et du rapport *Évaluation du climat maritime, des conditions d'agitation, de la dynamique hydro-sédimentaire et réfection du brise-lame ouest* (Lasalle | NHC, 2024) rendus disponibles par l'équipe de conception. Le rapport SRI-1 (Consortium Norda Stelo-Englobe, 2025a) mentionne que le site du projet comporte plusieurs infrastructures en fin de vie utile. La capacité portante du quai étant presque nulle à certains endroits, certains tronçons du quai ont été condamnés. Dans d'autres secteurs la capacité portante est grandement réduite ce qui réduit sa longueur utilisable et fait qu'il ne répond plus aux besoins actuels des usagers.

Les intrants spécifiques au projet se limitent aux éléments suivants :

- Les informations publiées sur la page web du projet (SPBSG, 2024a) ;
- La documentation technique transmise par Lasalle | NHC.

Les principales sources de données de nature climatologique sont les suivantes :

- Les données des portails web *Portraits climatiques* d'Ouranos et *Donneesclimatiques.ca* du Centre canadien des services climatiques (CCSC) d'Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) ;
- La *Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec* (Ouranos, 2015) ;
- Le *Canada's Changing Climate Report* (Bush et Lemmen, 2019) ;
- L'*Atlas hydroclimatique du Québec méridional* (Centre d'expertise hydrique du Québec [CEHQ], 2013).



2 Éléments méthodologiques

2.1 Conceptualisation du risque climatique

La présente étude est dite « de résilience aux changements climatiques », car elle vise ultimement à favoriser la résilience de l'infrastructure. Cependant, l'évaluation est principalement structurée autour du concept de risque, dans l'esprit de la norme ISO 14091:2021 (*Adaptation au changement climatique - Lignes directrices sur la vulnérabilité, les impacts et l'évaluation des risques*).

Un risque climatique existe lorsqu'il y a exposition d'une composante de l'infrastructure, du bâtiment ou du site concerné à un aléa climatique, une probabilité d'occurrence non nulle pour l'aléa ainsi qu'une certaine sensibilité de la composante face à l'aléa. Cela peut être représenté par la relation de risque suivante :

$$\text{Exposition} \otimes \text{Probabilité} \otimes \text{Sensibilité} \rightarrow \text{Risque}$$

Il convient de noter que le symbole $\otimes$ utilisé dans cette relation ne doit pas nécessairement être interprété dans le sens d'une multiplication mathématique et qu'il exprime avant tout l'idée de croisement, d'intersection ou de conditions réunies. Néanmoins, certaines démarches suggèrent de traiter cette relation comme une formule mathématique, dans le but d'assigner un score numérique à chaque risque et d'ensuite pouvoir positionner les différents risques sur une échelle commune. Dans un tel cas, le score numérique pour chaque risque (R) découle de scores numériques pour l'exposition (E), la probabilité (P) et la sensibilité (S), qui sont traités comme des facteurs multiplicatifs. Puisque cela est le cas de la démarche suggérée dans le *Guide d'évaluation préalable de haut niveau* du Comité sur la vulnérabilité de l'ingénierie des infrastructures publiques (CVIIP, 2021) et que les échelles de score de cette démarche ont été adoptées pour la présente évaluation (moyennant des changements dans la notation), la relation de risque sera ci-après traitée comme suit :

$$R = E \times P \times S \qquad \text{(équation 1)}$$

L’exposition constitue une forme de préanalyse du risque, au sens où le risque ne sera pas traité davantage s’il n’y a pratiquement aucune chance que l’aléa survienne au lieu de la composante concernée, alors qu’il sera analysé de manière plus détaillée dans le cas contraire. Dans le cadre d’une interprétation mathématique de la relation de risque, le facteur E prend la valeur 1 s’il y a exposition et la valeur 0 s’il n’y a pas exposition. En pratique, le traitement de l’exposition correspond à la sélection des interactions composante-aléa (voir section 3.2).

La probabilité est souvent exprimée via la période de retour correspondante, par exemple 1 fois aux 25 ans ou 3 fois par année. La démarche du CVIIP fonctionne avec une échelle de probabilité (P) allant d’un score P1 (susceptible de survenir moins souvent qu’en climat historique) à un score P5 (susceptible de survenir plus souvent qu’en climat historique) et est calibrée en assignant le score P3 à la probabilité en climat historique (susceptible de survenir aussi souvent qu’en climat historique). Puisque certains aléas se prêtent difficilement à un traitement en termes de probabilité, l’échelle peut aussi être utilisée pour refléter la modification de l’intensité ou d’un autre paramètre lié à l’aléa, tout en conservant l’idée générale d’assigner le score central P3 à une manifestation usuelle de l’aléa. Les détails afférents sont présentés à la section 4.2 (*Critères d’attribution des scores de probabilité*).

La sensibilité est souvent traitée de manière qualitative, puis transposée sur une échelle quantitative via un pairage entre des qualificatifs et des scores. La démarche du CVIIP fonctionne avec une échelle de sensibilité (S) allant d’un score S1 (très basse) à un score S5 (très élevée). Les détails afférents sont présentés à la section 5.1 (*Critères d’attribution des scores de sensibilité et de risque*).

Enfin, il convient d’ajouter que l’adaptation climatique correspond aux mesures mises en place pour diminuer le niveau d’un risque climatique (en intervenant généralement au niveau de l’exposition ou de la sensibilité) ou pour profiter d’une opportunité découlant des changements du climat. Quant à la résilience climatique, elle correspond à une situation de préservation anticipée à l’égard d’un aléa climatique. Dans le cadre de la présente évaluation, une situation de vulnérabilité est considérée comme contraire à une situation de résilience.

2.2 Structure de l’étude

Sur la base des objectifs et de la portée du mandat (section 1.2) ainsi que de la conceptualisation du risque climatique (section 2.1), la structure de la présente étude de résilience climatique correspond essentiellement aux étapes suivantes :

- Examen de la documentation disponible ;
- Sélection des interactions entre aléas climatiques et composantes du projet (notion d’exposition) ;
- Sélection d’indicateurs climatiques quantitatifs pour représenter les aléas climatiques ;
- Attribution des scores de probabilité aux aléas ;
- Attribution des scores de sensibilité des composantes face aux aléas ;
- Détermination des scores (et des qualificatifs) de risque à partir des scores de probabilité et de sensibilité ;
- Proposition de mesures d’adaptation ;
- Formulation des énoncés de résilience préliminaires.

Bien que ces étapes soient présentées comme une séquence, le processus réflexif impliqué dans une évaluation de résilience aux changements climatiques correspond en réalité à une approche holistique s’opérant de manière itérative plutôt que strictement linéaire. La nécessité d’une approche holistique est notamment liée au fait que la priorisation des composantes et la priorisation des aléas climatiques dépendent l’une de l’autre ainsi qu’au fait qu’il n’y ait pas d’étape initiale totalement indépendante des autres étapes. Par exemple, l’analyse détaillée des risques nécessite la sélection préalable de composantes et d’aléas, mais une sélection pertinente des composantes et des aléas nécessite une certaine préconception des risques.

L'évaluation traite des risques comme ils sont appréhendés en fonction des éléments de conception connus au moment de l'analyse (figure 1). La priorisation pour le traitement des risques est établie pour la situation *avant mesures d'adaptation*, ce qui signifie qu'il est possible que les mesures décidées par le promoteur en réponse à la présente évaluation modifient la situation. La synthèse de l'analyse de risque est présentée sous forme de tableau de bord à la section 5.3.2. En fonction de cette priorisation, des mesures d'adaptation sont proposées et des énoncés de résilience préliminaires sont formulés. Les décisions du promoteur à l'égard des mesures d'adaptation proposées (et pouvant tenir compte d'éventuelles études supplémentaires, notamment de nature géotechnique), les risques résiduels effectifs (après mesures d'adaptation) ainsi que la formulation d'énoncés de résilience définitifs ne font pas partie du domaine de la présente évaluation.

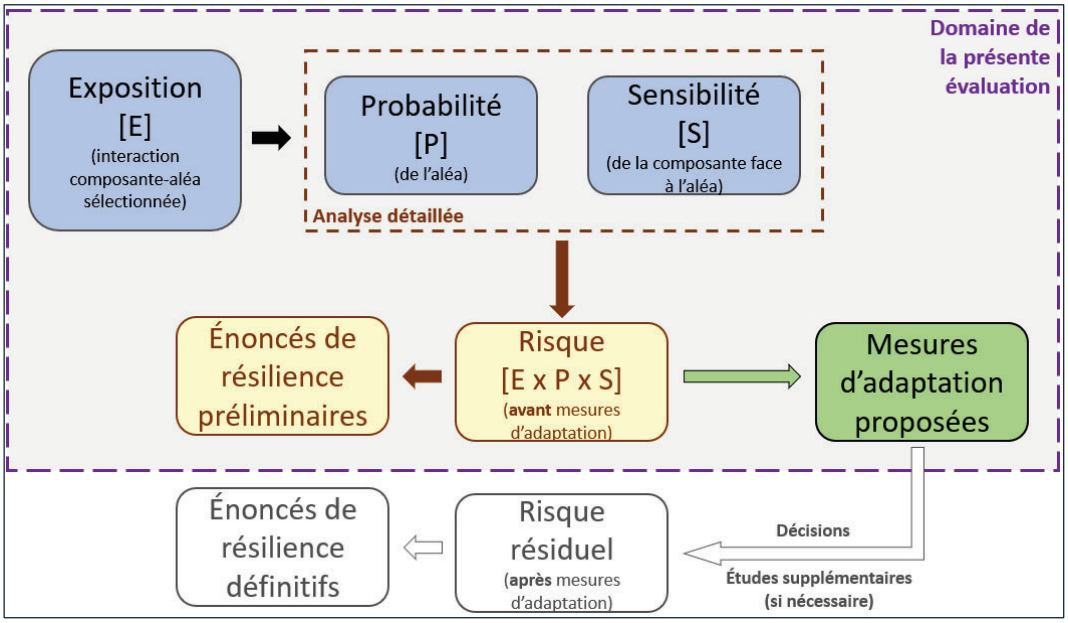


Figure 1 : Schéma de la structure de l'évaluation

2.3 Paramètres généraux pour l'évaluation

Certains des choix méthodologiques pour cette étude sont les suivants :

- L'infrastructure a été traitée comme un actif unique comportant diverses composantes (navigation, humains, chemin d'accès, aire d'entreposage, quais, brise-lames ouest, palplanche, etc.) ;
- Deux horizons de temps futur ont été privilégiés, soit la période 2041-2070 et la période 2071-2100. Cependant, il est à noter qu'il y a des aléas et des indicateurs pour lesquels il n'existe pas de donnée publique disponible pour cette période spécifique. Le cas échéant, des périodes proches sont utilisées ;
- La période de référence privilégiée est 1991-2020. Lorsqu'il n'existe pas de données publiques disponibles pour cette période spécifique, des périodes proches sont utilisées. Ce choix de période de référence privilégiée reflète la période de référence pour les indicateurs du portail web *Portraits climatiques* d'Ouranos (au moment de réaliser l'évaluation) ;

– L’incertitude climatique est considérée autant que possible, en utilisant les résultats de simulations générées par plusieurs modèles numériques du climat et basées sur les scénarios de concentration de gaz à effet de serre (GES) SSP2-4.5 (scénario d’émissions modérées) et SSP3-7.0 (scénario d’émissions élevées). Lorsque ces nouvelles données ne sont pas disponibles, les scénarios RCP4.5 (scénario souvent considéré optimiste) et RCP8.5 (scénario souvent considéré pessimiste) sont alors utilisés ;
– Les événements combinés ou interdépendants (p. ex. pluies extrêmes et vents forts favorisant conjointement les infiltrations d’eau) n’ont pas été considérés, compte tenu du manque d’informations quantitatives détaillées pour ce type d’analyse.

Il est à noter qu’une rencontre de travail a eu lieu entre Englobe et les ingénieurs de Lasalle | NHC et Norda Stelo au sujet des interactions entre aléas climatiques et composantes de projet. Cette rencontre, d’une durée d’environ une heure, s’est tenue le 17 avril 2024.



3 Exposition aux aléas

3.1 Description de l’infrastructure et du site

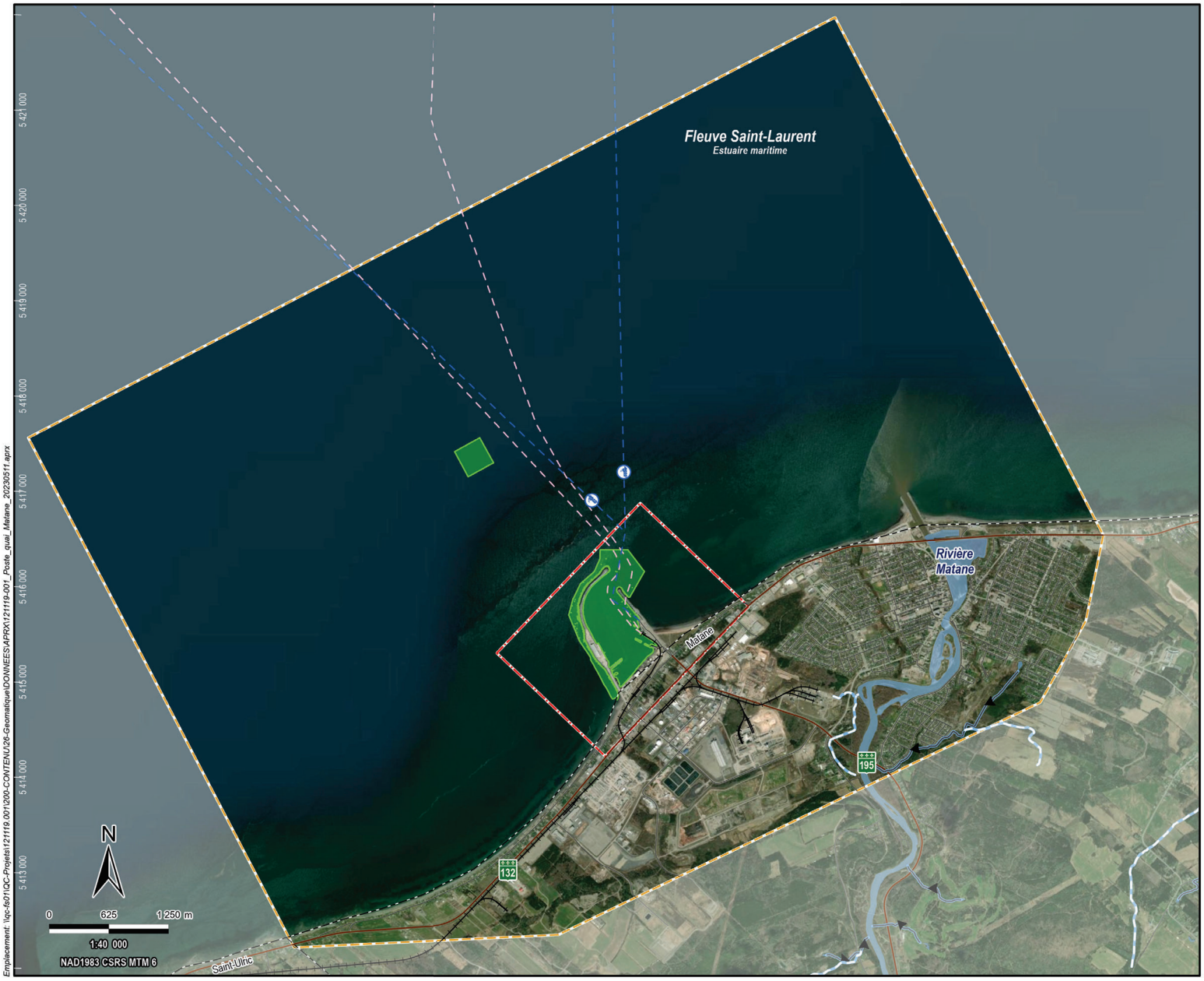
3.1.1 Site

Le port de Matane (carte 1), situé dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent sur la rive sud, se trouve dans la ville de Matane appartenant à la municipalité régionale de comté (MRC) de La Matanie. Cette position stratégique, à environ 400 km en aval de Québec, fait de lui une plateforme stratégique pour le transport maritime, routier et ferroviaire dans l'est du Québec. Le port bénéficie d'accès directs aux provinces de l'Atlantique et aux États-Unis grâce au réseau ferroviaire du Canadien National (CN) et aux principaux axes routiers (SPBSG, 2024b).

Les installations portuaires de Matane, situées en eau salée, sont opérationnelles toute l'année, facilitant le transbordement de diverses cargaisons, comme des produits forestiers, des cargaisons générales, des produits solides en vrac et des composantes d’éoliennes. Son quai commercial est essentiel pour les activités portuaires et est protégé du climat maritime par un brise-lames. Un remorqueur, basé à Québec ou Sept-Îles, est disponible sur demande.

Le port joue un rôle primordial en tant que principal lien pour le transport maritime dans la région et est doté d'un effet de marée mixte semi-diurne, ce qui influence son accessibilité. Outre le fleuve Saint-Laurent, le port est également proche de la rivière Matane, située à environ 3,5 km en aval.

Le havre portuaire de Matane est protégé par des brise-lames et possède une entrée orientée nord-nord-est (NNE). Les infrastructures portuaires regroupent divers utilisateurs, incluant la SPBSG, la Société des Traversiers du Québec (STQ), COGEMA, qui opère le traversier-rail du CN, et un port pour petits bateaux sous la responsabilité de Pêches et Océans Canada (MPO).



Emplacement: \\qc-fs01\QC-Projets\121119.001\200-CONTENU\26-Geomatique\DONNEES\APRX\121119-001_Poste_quai_Matane_20230511.aprx

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie

Québec

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie

- Zone d'étude élargie
- Zone d'étude locale
- Limite municipale
- Zone d'inventaire *(Englobe, 2023)*

Hydrographie *(GRHQ, 2019)*

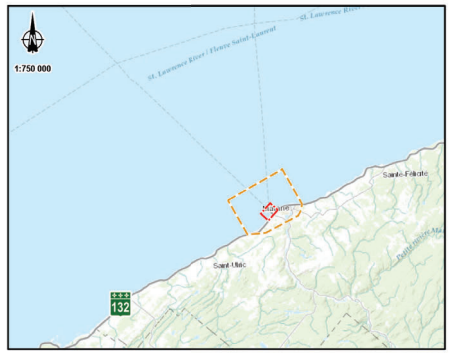
- Cours d'eau permanent
- Cours d'eau intermittent

Réseau ferroviaire

- Voie ferrée
- Transbordeur

Réseau routier

- Route nationale
- Réseau local
- Liaison maritime



Réaménagement des installations portuaires de Matane

Zones d'étude et d'inventaire – Bathymétrie

CONSORTIUM NORDA STELO/ENGLOBE

FÉVRIER, 2024

121119-001_C1_Inv_Bathy_20240207.pagx
Base carto : Maxar, 2022

Carte 1

Préparé : AT Dessiné : MPRO Vérifié : AT

3.1.2 Bathymétrie

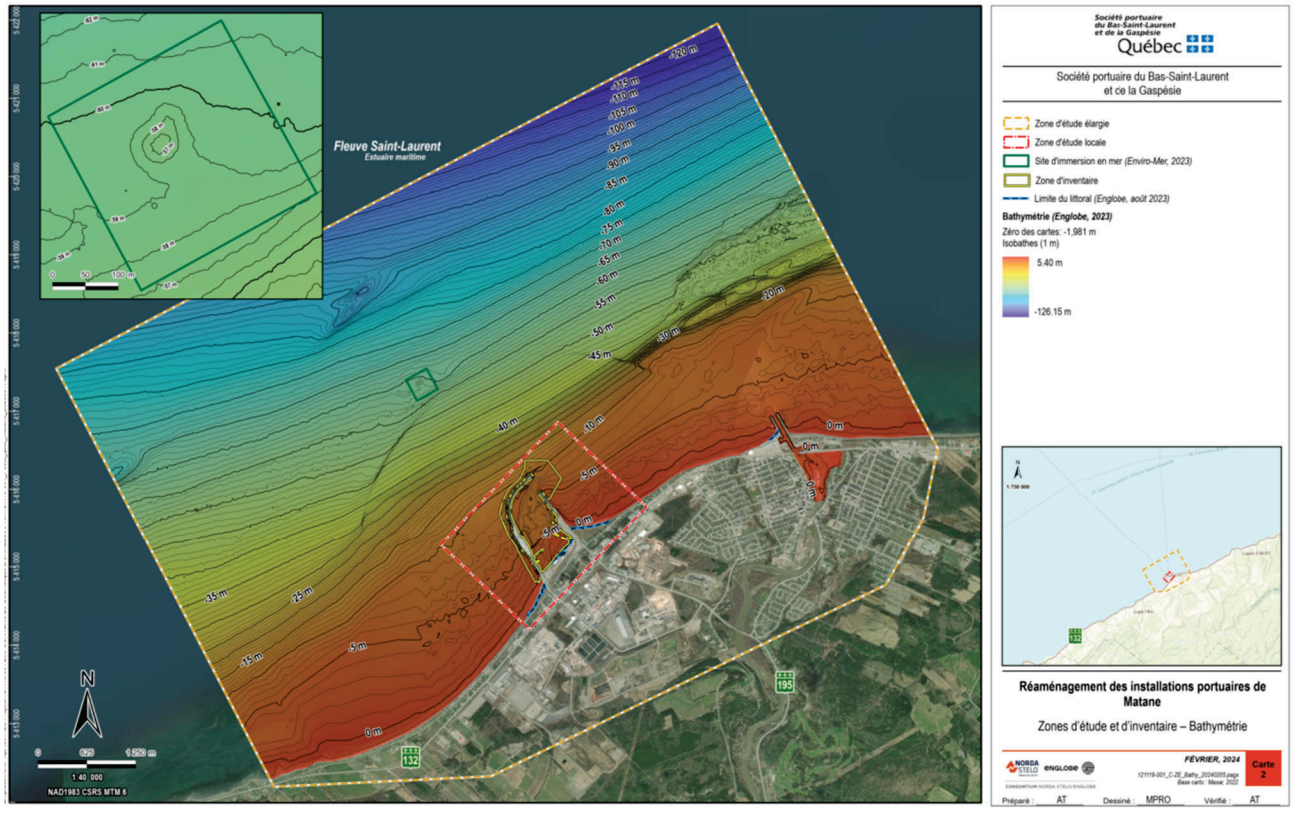
Selon le rapport de bathymétrie (Consortium Norda Stelo-Englobe, 2024), le fond marin de la zone d'étude élargie suit une pente relativement constante depuis la rive jusqu'aux environs du brise-lames refermant le havre du port de Matane (carte 2). Par la suite, la pente est plus abrupte, passant de 20 à 40 m de profondeur sur environ 360 m de distance, avant de se radoucir. Au niveau du site d'immersion en mer, soit à environ 3,5 km au large, les profondeurs observées atteignent 55 à 60 m. Ce site est d'ailleurs perceptible à partir des levés réalisés en 2023. En effet, un secteur surélevé d'environ 0,6 ha est détectable, ce qui laisse croire qu'une certaine quantité de sédiments y est toujours accumulée.

Dans le havre du port de Matane, les profondeurs observées sont plus variables et conséquentes des travaux de dragage réalisés antérieurement et de son utilisation (carte 2). En se basant sur les levés bathymétriques réalisés en 2023, il se dégage les constats suivants :

– Le secteur compris entre l'entrée du havre, le quai géré par la STQ et le quai commercial exploité par la SPBSG affiche les profondeurs les plus élevées, variant entre 8 et 10 m. C'est d'ailleurs dans cette portion du havre que la grande majorité des travaux de dragage ont été réalisés au cours des dernières décennies pour faciliter le passage des navires à plus grand tirant d'eau ;

– En bordure du brise-lames, le fond marin est un peu moins profond avec des profondeurs allant de 6 à 2 m plus on s'approche de l'ouvrage de protection ;

– Le secteur situé au-delà du quai commercial est nettement moins profond, car il se trouve plus près de la rive. On y observe toutefois deux secteurs distincts, soit celui se trouvant à la hauteur du quai des pêcheurs exploité par Pêches et Océans Canada (MPO), plus profond (4 à 6 m selon les endroits), et celui circonscrit entre la rive et le quai de la Compagnie de gestion de Matane (COGEMA), où les profondeurs les moins élevées sont observées (0 à 2 m).



Carte 2 : Bathymétrie

3.1.3 Hydrologie et hydrodynamique

3.1.3.1 Niveau d'eau

À la station de Matane (02955) (MPO, 2024), les niveaux d'eau enregistrés varient entre 0,01 à 4,21 m selon le stade de marée (tableau 1). Il est à noter que la hauteur de la marée est la distance verticale entre la surface de la mer et le zéro des cartes (ZC) qui représente le niveau de basse mer auquel se rapportent les profondeurs des eaux couvrant des entités en permanence et l'altitude de celles qui sont périodiquement submergées. Cela représente le plan de référence verticale à partir duquel toutes les profondeurs d'eau sont mesurées. Le marnage est la différence entre l'étale de pleine mer (marée haute) et l'étale de basse mer (marée basse).

Tableau 1 : Niveaux des eaux à la station de Matane (02955)

Niveaux relatifs aux zéros des cartes	(m)
Marnage, grande marée	4,20
Marnage, marée moyenne	2,60
Pleine mer supérieure, grande marée (PMSGM)	4,21
Pleine mer supérieure, marée moyenne (PMSMM)	3,40
Niveau moyen de l'eau (NME)	1,98
Basse mer inférieure, marée moyenne (BMIMM)	0,76
Basse mer inférieure, grande marée (BMIGM)	0,01

D'après le dernier rapport du GIEC (2023) : « Le niveau moyen de la mer à l'échelle du globe (GMSL) a augmenté de 0,20 m [0,15 - 0,25 m] au cours de la période 1901-2018 et le rythme d'élévation s'est accéléré depuis les années 1960 pour atteindre 3,7 mm [3,2 - 4,2 mm] par an au cours de la période 2006-2018 (degré de confiance élevé) ». Il est également mentionné que cette augmentation graduelle du niveau moyen de la mer, combinée à des événements de niveau de mer extrême tels que les marées, les vagues, les surcotes, bien que rare aujourd'hui, deviendra plus fréquente à l'avenir et entraînera des impacts sur les côtes.

Les niveaux de rehaussement utilisés pour estimer les niveaux d'eau extrêmes au port de Matane par les ingénieurs de Lasalle | NHC proviennent de l'outil développé par le Bedford Institute of Oceanography. Bien que ces projections offrent une estimation des futurs niveaux d'eau extrêmes, elles n'incluent pas les impacts potentiels des changements dans le régime des tempêtes, dont les effets restent incertains malgré un consensus sur leur évolution future. Cette limitation souligne l'importance de maintenir les projections à jour et d'ajuster continuellement les stratégies de gestion des risques et la planification des infrastructures en réponse aux nouvelles informations scientifiques. Pour les horizons 2070 et 2100, une élévation de +0,32 m et +0,68 m respectivement est suggérée. Ces projections sont plus basses que celles suggérées par l'Outil canadien d'adaptation aux niveaux d'eau extrêmes (OCANEE) du gouvernement du Canada (MPO, 2024) décrit à la section 4.3.2.

3.1.3.2 Régime des vagues et surcote

VAGUES

Matane est particulièrement exposé aux effets de l'action des vagues, principalement en raison de sa position géographique et des conditions météorologiques locales. L'action combinée du vent, du fetch (distance sur laquelle le vent peut souffler sans obstacle dans une direction pour générer les vagues) et la bathymétrie régit la structure des vagues.

Une étude réalisée par Neumeier et Joly (2021) a permis d'analyser les conditions maritimes entre mai 2018 et mai 2021 à un mouillage au large de Saint-Ulric, soit à près de 10 km du port de Matane. Ce mouillage, au site de Saint-Ulric, est situé à environ 32 m de profondeur et à 2,3 km au large. Ce site est représentatif pour les mesures de vagues au large dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent, couvrant une région allant de Matane à Sainte-Flavie. Les vagues générées durant cette période de trois ans ont été plus fortes que celles enregistrées entre 2010 et 2014, mais légèrement moins élevées que celles de la période 2014-2018. La tempête la plus forte durant cette étude a produit des vagues de 4,05 m de hauteur en provenance du nord-nord-est au début de janvier 2019. L'étude a également mis en évidence une réduction significative de la couverture de glace hivernale, ce qui réduit l'atténuation naturelle des vagues pendant les tempêtes et a mis en lumière les phénomènes de surcote observés.

Des projections des vagues à Matane ont également été réalisées par les ingénieurs de Lasalle | NHC, via le modèle Mike 21 SW. Les résultats indiquent que les vagues atteignant le port peuvent souvent dépasser les hauteurs sécuritaires pour les infrastructures existantes durant des tempêtes majeures. L'analyse montre que les hauteurs de vagues extrêmes pour une période de retour de 100 ans peuvent atteindre entre 3,2 à 3,5 m à des profondeurs de 9 à 10 m, et diminuent à environ 2,2 m à une profondeur de 2 m. Ces conditions sont exacerbées par les changements climatiques et la réduction du couvert de glace, nécessitant des mesures de renforcement pour les structures portuaires afin de résister à ces nouvelles conditions extrêmes.

SURCOTE

Des projections des niveaux d'eau extrêmes au port de Matane (tableau 2 ; réplique du tableau 2.2 du rapport de Lasalle | NHC (2024)) ont été effectuées par les ingénieurs du NHC en utilisant le modèle global de Lasalle | NHC spécifiquement conçu pour analyser les variations des ondes de tempête, y compris les surcotes et décotes. Ce modèle a été alimenté par des données de vents et de pression atmosphérique provenant du modèle CFSR de la NOAA. Les résultats ont été validés grâce à des mesures de marégraphes, incluant ceux de Rimouski et Sainte-Anne-des-Monts, fournissant ainsi des enregistrements des niveaux d'eau de 1980 à 2024.

Tableau 2 : Niveaux des eaux extrêmes (ondes de tempêtes) pour Matane

T (années)	Niveaux d'eau extrêmes (m, ZC) Climat actuel 2024
2	4,42
5	4,56
10	4,65
15	4,70
20	4,74
25	4,77
50	**4,86**
100	**4,94**

DÉBITS ET VOLUMES DE FRANCHISSEMENT ESTIMÉS

De plus, le tableau 3 (réplique du tableau 3.2 du rapport de Lasalle | NHC (2024)) présente les données quantitatives sur les débits et volumes de franchissement anticipés, en tenant compte de conditions actuelles et de scénarios futurs incluant un rehaussement du niveau moyen des mers de +0,32 m d'ici 2070. Les données compilées reflètent les interactions entre plusieurs variables clés : la géométrie du revêtement, le niveau de la crête, le calibre des pierres, ainsi que la variation des vagues le long de l'infrastructure. Les résultats obtenus à partir des modélisations ont ensuite été ajustés, parfois majorés de 10 %, pour tenir compte des incertitudes ou des observations récentes qui pourraient indiquer une augmentation de l'intensité des vagues due aux changements climatiques ou à d'autres facteurs environnementaux. Les segments de l'ouvrage actuel sont illustrés sur la figure 2.

Tableau 3 : Données sur les débits et volumes de franchissement anticipés

Paramètre	Segment						
	1 (Ch. Accès	2 (Guérite & Bureau)	3 (Entrepôt)	4 (Quai nord)	5 (Brise-lames, pierres)	6 (Brise-lames, tétrapodes)	7 (Brise-lames, musoir)
Conditions actuelles (2023, sans rehaussement du niveau moyen des mers)							
Hauteur de vague (m)[1]	2,5	2,5	3,1	1,2[4]	3,3	3,9	3,9
Niveau d'eau (m, ZC)[2]	4,4	4,4	4,4	4,9[5]	4,4	4,4	4,4
Débit de franchissement moyen, q (l/s/m)[3]	183	220	66	32	117	148	111
Volume maximal de franchissement, V_{max} (l/m)[3]	13 500	15 000	12 200	2 900	16 200	16 600	19 500
Conditions futures (2070, avec rehaussement de +0,32 m du niveau moyen des mers)							
Hauteur de vague (m)[1]	2,5	2,5	3,1	1,2[4]	3,3	3,9	3,9
Niveau d'eau (m, ZC)[2]	4,7	4,7	4,7	5,3[5]	4,7	4,7	4,7
Débit de franchissement moyen, q (l/s/m)[3]	330	394	111	94	198	231	175
Volume maximal de franchissement, V_{max} (l/m)[3]	17 100	18 500	15 100	5 600	21 200	21 700	24 300
Limites de franchissement recommandées							
Débit de franchissement moyen, q (l/s/m)	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 5 à 10	≤ 1	≤ 5 à 10
Volume maximal de franchissement, V_{max} (l/m)	≤ 1 000	≤ 1 000	≤ 1000	≤ 1 000	≤ 10 000 à 20 000	≤ 2 000 à 3 000	≤ 10 000 à 20 000

[1] Récurrence approximative 50 ans

[2] Récurrence approximative 2 ans

[3] Récurrence conjointe 100 ans

[4] Récurrence approximative 12 h/année

[5] Récurrence approximative 100 ans

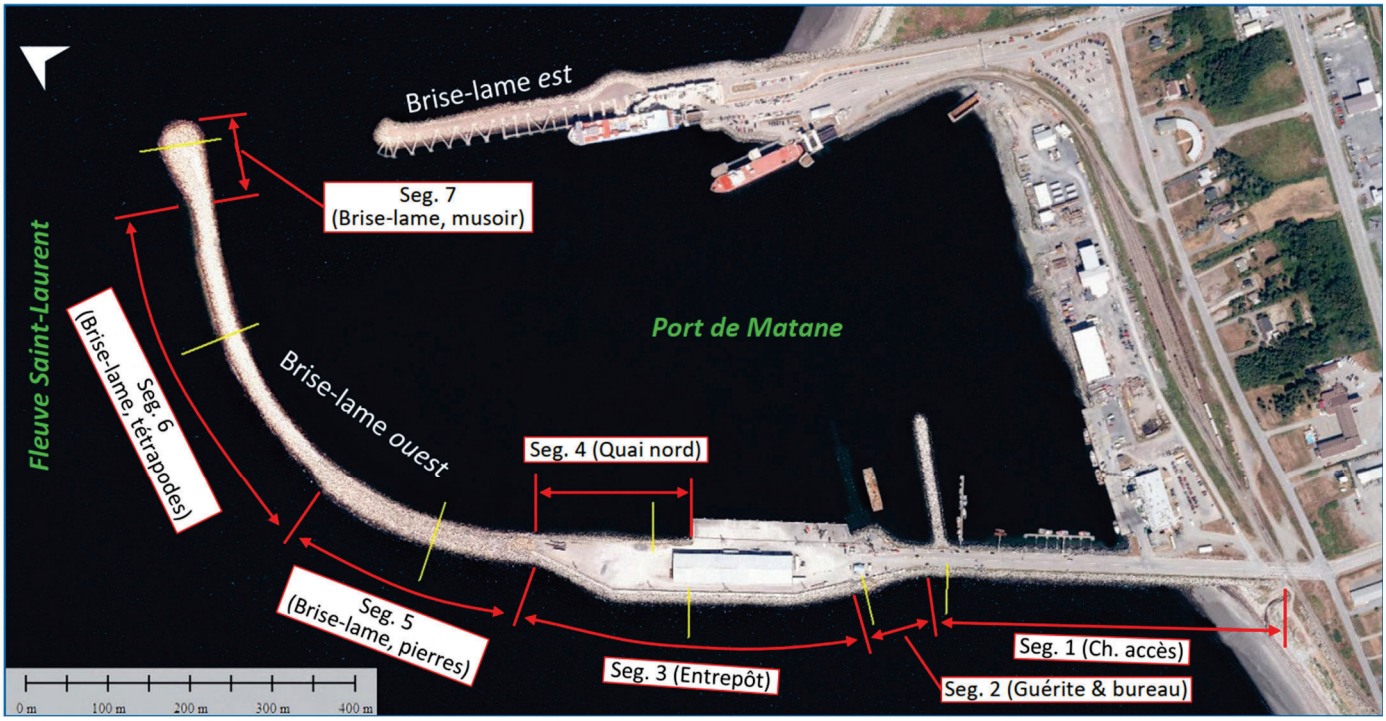


Figure 2 : Segmentation du brise-lames ouest (Lasalle | NHC, 2024)

Le brise-lames ouest montre une forte vulnérabilité au franchissement par les vagues, aggravée par l'élévation anticipée du niveau moyen des mers et les changements potentiels dans les régimes de tempêtes. Cette vulnérabilité est particulièrement préoccupante dans les segments situés à proximité des zones d'opérations portuaires. Les conditions actuelles montrent des débits et volumes de franchissement qui dépassent les seuils de sécurité acceptables, nécessitant des interventions pour renforcer la résilience de l'ouvrage face aux futures conditions maritimes.

3.1.3.3 Courants

D'après le rapport de Lasalle | NHC (2024) les courants marins au port de Matane sont généralement faibles à l'exception de l'entrée du port où ils sont relativement plus forts. Les études indiquent que l'ajout d'un nouveau poste à quai ne devrait pas altérer significativement ces courants, garantissant une stabilité relative des conditions hydrodynamiques actuelles.

3.1.3.4 Glaces

Le rapport de Lasalle | NHC (2024) basé sur les observations de M. Guillaume Lelièvre St-Pierre, pilote du traversier Matane-Baie-Comeau, détaille le régime des glaces près du havre de Matane. La formation des glaces débute fin décembre avec l'apparition de glace de rive, suivie par la formation de floes de mer qui, poussés par les vents et les courants, créent des ridges en s'empilant contre la côte. À l'entrée du port de Matane, ces accumulations forment un chariot de glace épais qui pose des défis à la navigation, mais ne constitue pas un problème pour le brise-lames est, restant principalement en mer.

3.2 Conditions climatiques

3.2.1 Climat actuel et passé

Les normales climatiques les plus récentes établies par le Service météorologique du Canada (ECCC, 2024b) pour la période 1991 à 2020 ne sont pas disponibles pour la station de Matane (tableau 4). Une station représentative à près de 50 km au sud de la zone d'étude, celle de Mont-Joli (ID climatologique : 7055121), ayant des données fiables a alors été choisie. Bien que le climat de Mont-Joli ne soit pas exactement identique à celui de Matane, il en est le plus représentatif pour cette région.

La figure 3 est un graphique de la couverture maximale de glace pour la côte est, qui comprend l'estuaire maritime, de 1968 à 2020 par Environnement et changement climatique Canada (ECCC, 2024a) et met en évidence une diminution du couvert de glace au cours des dernières années et une fluctuation importante d'année en année.

Tableau 4 : Normales climatiques de 1991-2020 pour la ville de Mont-Joli

Normales climatiques de 1991-2020	
Température moyenne quotidienne annuelle	3, 9 °C
Extrême maximum	35,9 °C le 4 juillet 1983
Humidex record	42,7 °C le 16 juin 1994
Extrême minimum	-34,7°C le 3 janvier 2014
Refroidissement éolien record	-51,3 le 18 janvier 1982
Jours avec des températures maximales > 30 °C	1,5 jour de mai à septembre
Jours avec des températures minimales < -20 °C	16 jours de décembre à avril
Chute de pluie annuelle	630,0 mm
Jours avec pluie >= 25 mm	3,7 jours par an
Extrême quotidien de pluie	76,8 mm le 10 septembre 1999

Normales climatiques de 1991-2020	
Chute de neige annuelle moyenne	385 cm
Couverture de neige moyenne (cm)	Novembre : 2 cm ; décembre : 11 cm ; janvier : 21 cm ; février : 33 cm ; mars : 36 cm ; avril : 6 cm
Extrême quotidien de neige	60 cm le 5 février 1995
Extrême quotidien couverture de neige (cm)	213 cm le 22 février 1959
Jours avec neige >= 10 cm	9 jours par an
Jours de pluie/bruine verglaçante	5 jours par an
Jours avec brouillard	31 jours par an
Vitesse extrême de rafales de vent	137 km/h le 20 juin 1964
Date moyenne premier gel	14 octobre
Date moyenne dernier gel	16 mai

Source : Environnement et Changement climatique Canada (ECCC, 2024b)

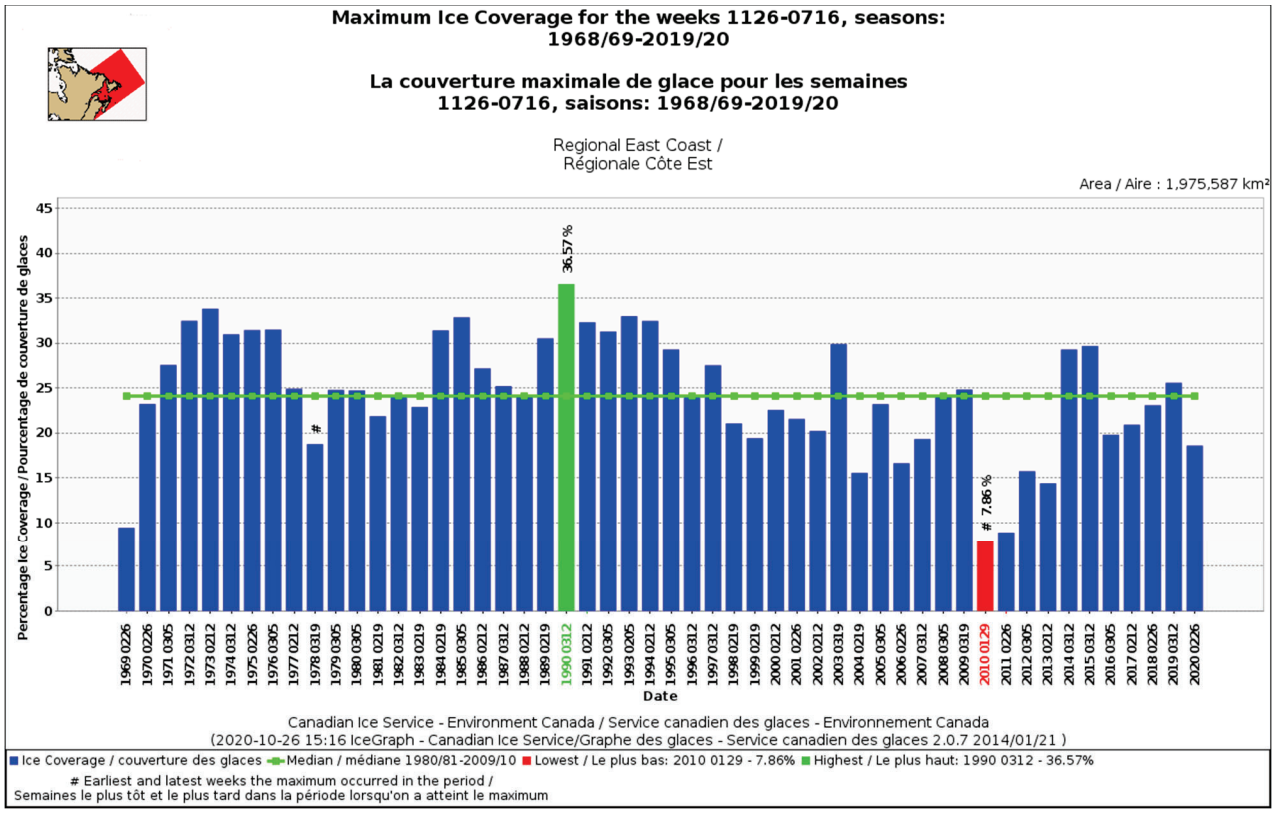


Figure 3 : Couvert de glace maximal de 1968 à 2020 par ECCC (2024a)

3.2.2 Tempêtes historiques

La municipalité de Matane, située sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent, a été touchée par plusieurs tempêtes significatives au cours des dernières années. Voici quelques exemples marquants :

4 AU 6 JANVIER 2018

Des vents violents et des accumulations de neige exceptionnelles ont frappé Matane. La route de Matane-sur-Mer était couverte de débris, de blocs de glace et de revêtements arrachés. Plusieurs résidences ont été inondées, ce qui a entraîné l'évacuation d'une vingtaine de personnes. Les employés municipaux, certains ayant 30 ans d'expérience, ont indiqué n'avoir jamais vu autant de neige au centre-ville, rendant le déneigement particulièrement difficile. Le vendredi matin, la route

était jonchée de débris, et des cabanons endommagés témoignaient de la puissance des vagues. Les glaces ont brisé des fenêtres et le fleuve a inondé plusieurs maisons. (Sources : ICI Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine, 2018 ; Le Soleil, 2018)

11 JANVIER 2016

Les vagues, poussées par des vents forts, ont frappé la rive de Matane, atteignant une marée de 3,9 m. La rue Matane-sur-Mer a été fermée en raison des inondations, et des dizaines de terrains ont été submergés. Les vagues ont envahi des maisons, détruit des clôtures et laissé des débris sur la chaussée. Un pompier a mentionné que la situation était pire que celle des marées de 2010 dans ce secteur. (Sources : ICI Bas-Saint-Laurent, 2016 ; Radio-Canada, 2016)

6 DÉCEMBRE 2010

Cette tempête a été particulièrement dévastatrice pour Matane, provoquant d'importants dégâts aux infrastructures côtières. L'érosion et la submersion ont affecté des routes et des propriétés en bord de mer. Des vents violents et des vagues puissantes ont amplifié les dégâts, causant des débris et la destruction de certaines structures. Les dommages ont été plus importants dans le secteur de Rimouski à Matane par rapport à la région gaspésienne. (Source : Quintin, C., Bernatchez, P., Jolivet, Y., 2013)

CYCLONES TROPICAUX

Depuis le début de l'enregistrement des données en 1842, un peu moins de 20 cyclones tropicaux ont terminé leur course dans un rayon de 100 km de Matane (figure 4), d'après les archives de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration).

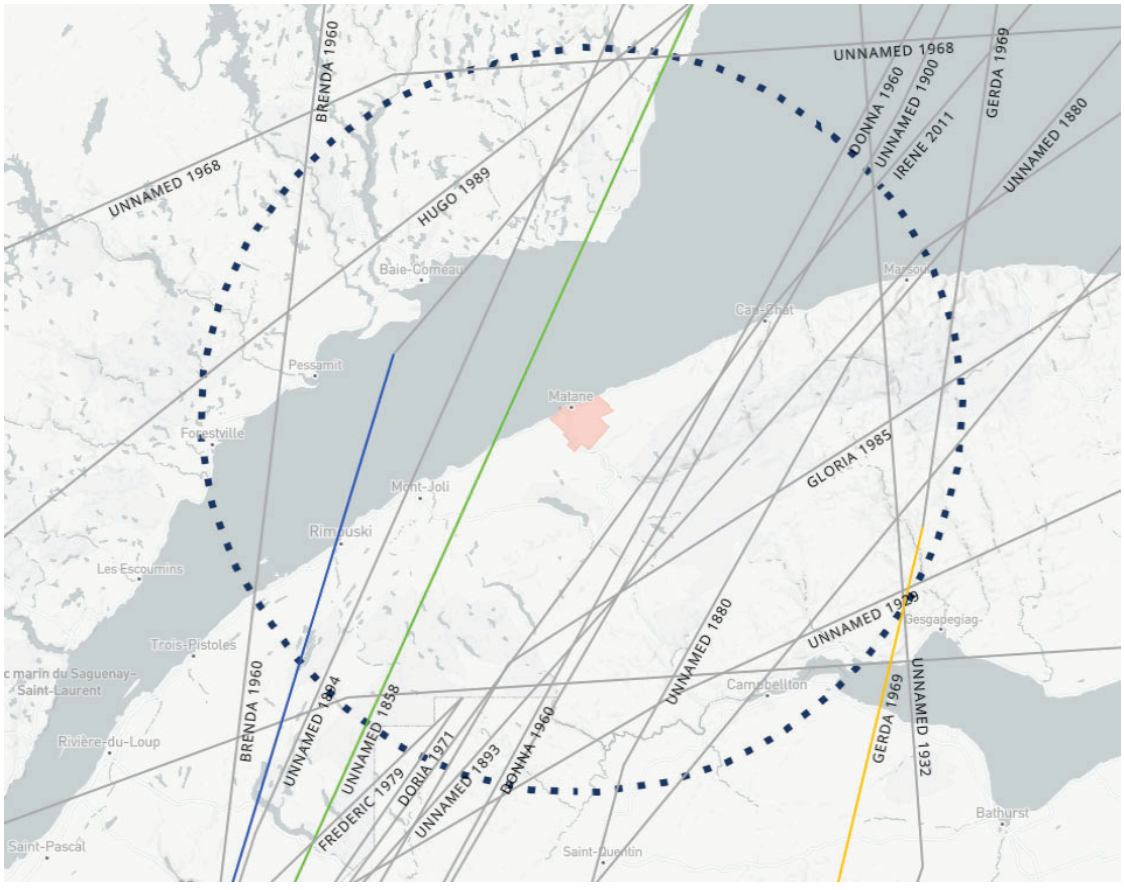


Figure 4 : Trajectoire des cyclones extratropicaux dans un périmètre de 100 km de Matane (Historical hurricane tracks [NOAA])

3.2.3 Changement climatique

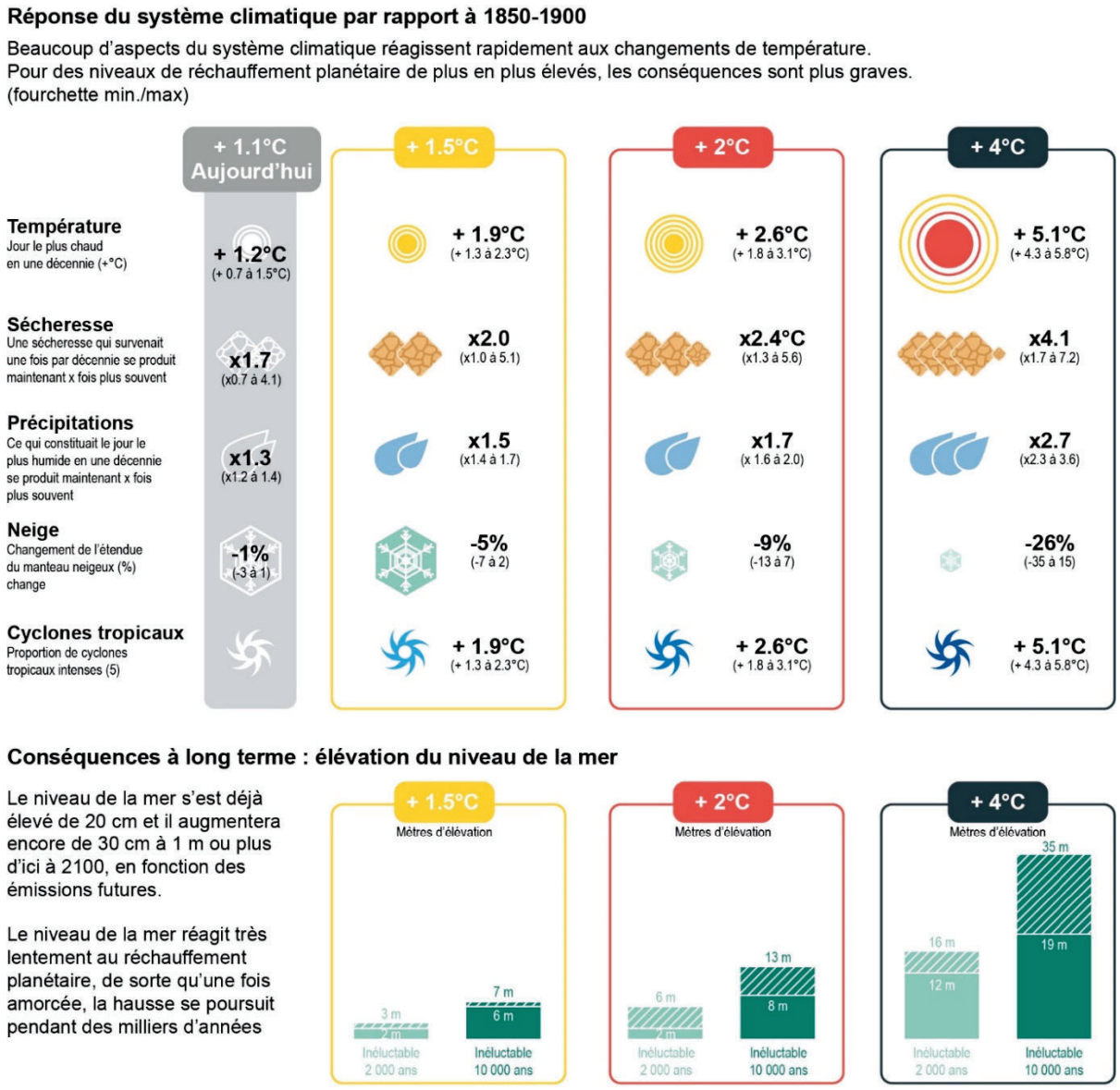
Le consensus international, renforcé par les rapports du GIEC (2013), affirme que les activités humaines sont la principale cause du réchauffement climatique. Les travaux récents du GIEC mettent en lumière l'urgence de réduire les émissions de GES afin de limiter l'augmentation des températures mondiales. Ils reconnaissent également l'inévitabilité et la possible irréversibilité de certains effets des changements climatiques. La synthèse du rapport du GIEC (2023) indique que les modifications rapides et étendues observées récemment dans l'atmosphère, dans les océans et sur les terres sont sans précédent depuis des siècles, soulignant en particulier le réchauffement de l'océan qui représente 91 % du réchauffement du système climatique et l'augmentation du niveau moyen de la mer, surtout depuis 2006.

Bien que quelques aspects soient plus certains que d'autres, ces changements climatiques sont entachés d'incertitudes, notamment concernant l'ampleur exacte de l'évolution des températures. Cette incertitude provient en grande partie de l'incapacité à prévoir avec précision les futures émissions de GES, entraînant des variations dans les différents modèles climatiques. De plus, des phénomènes naturels, comme les événements El Niño, complexifient la situation à cause de leurs variabilités naturelles. Bien que les scientifiques comprennent les mécanismes généraux de ces phénomènes, prédire quand ces événements se produiront et leur intensité exacte reste difficile. Cette incertitude est due en partie à la complexité des interactions entre l'atmosphère et l'océan, ainsi qu'à la variabilité inhérente de ces phénomènes.

La figure 5, tirée du dernier résumé technique du GIEC (2021), illustre comment divers degrés de réchauffement global influenceront différentes variables climatiques comparativement à la situation actuelle, y compris les épisodes de chaleur extrême, les sécheresses, les variations de précipitations, les modifications de la répartition des neiges et la force des cyclones tropicaux. Ces phénomènes, qui toucheront les futures générations, auront un impact significatif sur la qualité de vie. Les modifications observées dans la situation actuelle sont basées sur une augmentation de la température globale de 1 °C depuis la période préindustrielle (1850-1900).

Ces changements climatiques représentent un défi considérable au Québec. D'après Ouranos (2024), se réchauffant à un rythme deux fois plus rapide que la moyenne mondiale, le Québec subit déjà des impacts directs comme des inondations majeures et une augmentation des évènements extrêmes, comme des vagues de chaleur. À l'opposé, d'autres conditions sont à la baisse, c'est le cas notamment de l'étendue de l'englacement des mers. D'autres éléments du climat présentent des particularités régionales et saisonnières : par exemple, une baisse du niveau relatif de la mer est attendue le long des côtes de la baie d'Hudson, tandis que le golfe du Saint-Laurent devrait subir une élévation du niveau de la mer. Ces événements ne sont pas isolés, mais ils constituent des manifestations concrètes du réchauffement global.

Le rapport sur les ports du Saint-Laurent et les changements climatiques (Comtois et coll., 2020) révèle l'impact significatif des changements climatiques sur les opérations des ports du Saint-Laurent. Outre l'évolution des conditions de glace dans l'estuaire du Saint-Laurent, qui affecte la sécurité et l'efficacité des opérations maritimes, le rapport indique une saison des glaces de plus en plus courte, marquée par un début de gel tardif et une fonte précoce. Ces changements, exacerbés par l'augmentation des températures et les variations des courants et des vents, modifient la concentration et le déplacement des glaces, augmentant les risques pendant les transitions saisonnières. Par ailleurs, l'augmentation des précipitations et des événements extrêmes, comme les tempêtes et ouragans, peut causer des inondations, endommager les quais et les infrastructures, et perturber les opérations. Les vents violents, notamment ceux dépassant 63 km/h, représentent un risque pour la stabilité des équipements portuaires. Enfin, l'érosion des berges, accentuée par les vagues et l'élévation du niveau de la mer, menace la durabilité des installations côtières et nécessite des stratégies d'adaptation pour maintenir la résilience portuaire.



Conséquences à long terme : élévation du niveau de la mer

Le niveau de la mer s'est déjà élevé de 20 cm et il augmentera encore de 30 cm à 1 m ou plus d'ici à 2100, en fonction des émissions futures.

Le niveau de la mer réagit très lentement au réchauffement planétaire, de sorte qu'une fois amorcée, la hausse se poursuit pendant des milliers d'années

Le futur...

Le climat que notre génération et les jeunes générations connaîtront dépendra des émissions à venir. Une réduction rapide des émissions limitera les changements à venir, mais la poursuite des émissions déclenchera des changements plus importants et plus rapides, qui affecteront de plus en plus toutes les régions. Certains changements persisteront pendant des centaines ou des milliers d'années, si bien que les choix que nous faisons aujourd'hui auront des répercussions à très long terme.

Figure 5 : Réponse du système climatique par rapport à 1850-1900 (tirée de GIEC [2021])

3.3 Sélection des interactions climat-infrastructure

L'objectif de cette section est d'établir une liste d'interactions entre composantes d'infrastructures et aléas climatiques. L'établissement de cette liste correspond en pratique au traitement de la notion d'exposition (représentée par le symbole E dans la section 2.1), au sens où l'exercice consiste à effectuer un premier tri entre ce qui est exposé à un risque d'origine climatique et ce qui ne l'est pas. Ainsi, les interactions concevables et jugées comme potentiellement problématiques (E = 1) sont retenues pour analyse plus approfondie en termes de probabilité et de sensibilité, alors que les interactions concevables et d'emblée jugées comme peu problématiques (E = 0) ne sont pas retenues pour analyse plus approfondie.

3.3.1 Composantes

Dans le cadre de l'évaluation de la résilience du port, chaque composante sélectionnée a été examinée selon les informations disponibles. Leur état actuel et les réfections envisagées se basent sur des extraits pertinents du rapport de Lasalle | NHC (2024) et sont détaillés dans les fiches de sensibilité, présentées dans la section 5.2 du rapport. Les sections suivantes offrent une vue d'ensemble exhaustive des composantes actuelles et des réfections à venir.

3.3.1.1 Installations et vulnérabilités actuelles

Le port de Matane regroupe plusieurs installations appartenant au gouvernement du Québec et la SPBSG. La figure 6, tirée du rapport préfinal *Évaluation du climat maritime, des conditions d'agitation, de la dynamique hydrosédimentaire et réfection du brise-lame ouest* (Lasalle | NHC, 2024), présente les installations portuaires actuelles. On y retrouve :

- Approche : chemin d'accès ;
- Brise-lames ouest et est : protection du port contre les vagues ;
- Quai commercial ;
- Quai des pêcheurs (sous la gestion du MPO) ;
- Quai ferroviaire ;
- Quai de la STQ ;
- Gare fluviale de Matane ;
- Aire d'entreposage.



Figure 6 : Aperçu des différentes infrastructures portuaires existantes

3.3.1.2 Installations et réfections projetées

Les ajouts et les modifications des installations portuaires de Matane prévues visent principalement la reconstruction du quai commercial, qui est en fin de vie utile, ainsi que l'ajout d'un nouveau quai et la modernisation de l'ensemble des infrastructures afin répondre aux besoins actuels et futurs du port. Plus précisément, le projet comprend la réalisation des travaux suivants :

- Reconstruction et agrandissement du quai commercial : augmentation de la robustesse et de la capacité portante du quai pour améliorer sa fonctionnalité et sa durabilité;

- Construction d’un second quai : nouveau poste à quai planifié au sud du quai commercial en axe est-ouest. Ce second quai est envisagé pour offrir plus d’espace à quai puisque le quai actuel ne peut soutenir les besoins actuels et la croissance prévue de l’achalandage. Ce nouveau quai permettra également plus d'options pour l'accostage sécurisé, particulièrement utile par mauvais temps avec des vents du nord-est ou de l’ouest;
- Agrandissement de l'aire d'entreposage : Une nouvelle aire d’entreposage d’environ 2 hectares est prévue derrière le second quai projeté.;
- Brise-lames ouest : réfection de l’enrochement de plusieurs segments pour assurer la stabilité et contrer l'érosion, incluant des propositions spécifiques de couvertures en pierre de carapace et le réajustement des butées pour protéger contre l'affouillement. Un rehaussement par endroit est prévu pour réduire le franchissement des vagues :
  - Segments 1 à 3 (chemin d’accès, guérite, bureau, entrepôt) : réfection complète du revêtement, incluant un rehaussement de la crête jusqu'à +9,0 m ZC. Une pente transversale de 2H : 1V est préconisée pour assurer la stabilité des pierres. Installation d’une butée au pied de l’enrochement avec des pierres de carapace;
  - Segment 4 (quai nord) : réfection de l’enrochement au nord du quai existant, avec un rehaussement de la crête à +7,0 m ZC pour atténuer le franchissement des vagues;
  - Segments 5 à 7 (brise-lames ouest) : ne sont pas jugés prioritaires pour le moment, malgré certaines vulnérabilités.
- Autres équipements : Quais en mur combiné pieux-palplanches : aménagement autour des deux quais pour renforcer la protection contre les éléments climatiques, mais aussi des lampadaires, défenses, bollards, etc.

Le tableau 5 résume la hauteur des niveaux actuels et projetés de l’enrochement des segments 1 à 4, et de la structure complète des quais 1 et 2. Aucune modification des segments 5 à 7 n’est prévu.

Tableau 5 : Élévation actuelle et projetée des ouvrages

Composantes	Élévation actuelle (m ZC)	Élévation projetée (m ZC)
Segments 1 et 2 (Chemin d’accès, guérite et bureau)	+6,5	+9,0
Segment 3 (Entrepôt)	+7,0	+9,0
Segment 4 (Quai nord)	+6,3	+7,0
Segment 5 (Brise-lames, pierres)	+7,5	Aucune élévation projetée
Segment 6 (Brise-lames, tétrapodes)	+7,9	
Segment 7 (Brise-lames, musoir)	+8,3	
Quais 1 et 2 projetés (variante 4 – B17). Ensemble de la structure	+6,0 (quai commercial)	+ 6,45

3.3.2 Liste des interactions

La liste des interactions infrastructure-climat sélectionnées est présentée au tableau 6, où chaque ligne correspond à une composante d’infrastructure et où chaque colonne correspond à un aléa climatique (certains des aléas pourraient être qualifiés d’hydroclimatiques, mais l’adjectif « climatique » est conservé tout au long du rapport, par conformité avec l’appellation « résilience climatique » utilisée pour ce type de rapport). Chaque case marquée d’un « X » indique une interaction de la liste, c’est-à-dire une paire composante-aléa (ligne-colonne) sélectionnée pour analyse subséquente plus approfondie.

Tableau 6 : Liste des interactions composante-aléa sélectionnées pour l'analyse de risque

Composantes	Aléa climatique											
	Graduel* (intensité)		Épisodique (fréquence)									
	Niveau de la mer	Acidification des océans	Précipitations extrêmes	Couvert de glace	Couvert de neige	Vents forts	Onde de tempête et de vagues	Chaleur extrême	Brouillard	Verglas	Foudre	Cycle de gel/dégel
Navigation	X		X	X		X	X		X			
Humains			X			X	X	X	X	X		
Chemin d'accès, guérite et bureau (segments 1 et 2)	X	X		X		X	X					X
Aire d'entreposage et entrepôt (segment 3)	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
Quai nord (segment 4), quai commercial et second quai	X	X		X	X	X	X				X	X
Brise-lame ouest (segments 5 à 7)	X	X		X		X	X					X
Système de drainage	X		X		X		X					
Autres équipements	X	X	X	X		X	X	X		X	X	

3.3.3 Justification de la liste des interactions et chaînes d'impact

La liste des interactions sélectionnées est entre autres basée sur les considérations ou éléments suivants :

- Des **renseignements initiaux** justifiant une préoccupation initiale à l'égard d'un aléa climatique et d'une composante d'infrastructure ;
- Des **choix de catégorisation** pour les composantes d'infrastructures et les aléas climatiques ;
- L'établissement de **chaînes d'impact** reliant des conditions hydrométéorologiques plausibles à des impacts potentiels sur l'infrastructure.

Une interaction composante-aléa n'est retenue pour analyse détaillée que si une chaîne d'impact pertinente peut être imaginée entre des conditions hydrométéorologiques plausibles et des effets potentiels sur la composante. De manière générale, divers choix sont possibles pour les points de départ des chaînes d'impact, surtout lorsque l'aléa est de nature hydrométéorologique. Ainsi, plusieurs choix de catégorisation des aléas sont à priori possibles. En outre, les composantes de projet peuvent être conceptuellement découpées de diverses manières et le choix de ce qui constitue une composante et de ce qui constitue une sous-composante est forcément subjectif.

Dans ce contexte, la décomposition de la problématique a émané d'un regard holistique appuyé sur les principes organisateurs suivants :

- Cerner tous les risques élevés, quitte à ratisser large et à introduire dans la liste initiale certaines interactions dont l'analyse approfondie révélera un risque bas ;
- Justifier la présence de chaque interaction de la liste au moyen d'une chaîne d'impact pertinente et plausible ;
- Minimiser le nombre de points de départ des chaînes d'impact (aléas distincts) ;

– Minimiser le nombre de points d'arrivée des chaînes d'impact (composantes distinctes), en groupant les sous-composantes lorsque les impacts associés peuvent être analysés conjointement ;
– Minimiser la redondance parmi les chaînes d'impact.

Le tableau 7 présente les chaînes d'impact. En plus de justifier la sélection des interactions composante-aléa, les chaînes d'impact servent de base conceptuelle pour l'attribution des scores de sensibilité (section 5.2). Il est à noter que les chaînes d'impact ne correspondent pas nécessairement toutes à la réalité (c'est-à-dire à la conception dans son état d'avancement au moment de l'évaluation). Il s'agit plutôt d'un ensemble d'hypothèses initiales imaginées dans le but de tenter de cerner tous les risques possibles. Les hypothèses ne correspondant pas à la réalité seront réfutées ou modifiées par l'analyse détaillée, ce qui se traduira dans beaucoup de cas par un score de risque bas.

Le rapport de Comtois et coll. (2020) a aidé à dresser les chaînes d'impact alors qu'il y est mentionné que les changements climatiques affectent de manière significative les opérations portuaires dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent, notamment en raison de l'augmentation des températures. Cette hausse modifie les cycles de gel et de dégel, réduisant ainsi la couverture de glace et prolongeant la saison de navigation, mais elle augmente également la vulnérabilité aux tempêtes et modifie l'amplitude des vagues, compliquant la navigation. En outre, l'augmentation des températures contribue à une diminution générale du couvert de glace, ce qui expose davantage les ports aux effets des vagues et des tempêtes.

Les précipitations intenses perturbent la visibilité et agitent les eaux, nécessitant un dragage plus fréquent en raison du transport sédimentaire accru. Le brouillard pose des défis supplémentaires en réduisant drastiquement la visibilité. La brume verglaçante comme les embruns verglaçants peuvent aussi causer du givrage, accumulant de la glace sur les structures des navires, augmentant ainsi leur instabilité et le risque d'accident.

Les vents forts influencent également le mouvement des glaces et des vagues, créant des conditions difficiles pour l'accès et les opérations dans les ports. Ils peuvent retenir les glaces dans le Saint-Laurent ou les pousser vers le large, affectant l'accès aux ports et interrompant les activités portuaires.

Les tempêtes exacerbées par les changements climatiques présentent des risques supplémentaires, déstabilisant les navires par accumulation de glace et provoquant des interruptions importantes des opérations portuaires en endommageant les infrastructures.

Face à ces défis climatiques, une adaptation continue des stratégies de gestion portuaire est nécessaire pour maintenir la sécurité et l'efficacité des opérations portuaires et maritimes, en prenant en compte la variabilité accrue des conditions météorologiques et hydrographiques.

Tableau 7 : Chaînes d'impacts

Composante d'infrastructure	Aléa climatique	Chaîne d'impact (hypothèse à analyser)
Navigation	Niveau de la mer	Hausse : → Modification des courants de marée → Ajustements à la navigation (limite de vitesse et approche) → Étiage : réduction du tirant d'eau possible pour les navires accostant et diminution des volumes de marchandises
	Précipitations extrêmes	→ Réduction de la visibilité en mer → Diminution des vitesses d'exploitations
	Couvert de glace	→ Dommages aux navires

Composante d'infrastructure	Aléa climatique	Chaîne d'impact (hypothèse à analyser)
	Vents forts	Rafales de 70+ km/ : → Changement dans la planification de trajet → Modification de la procédure d'accès au port → Diminution des vitesses d'exploitations → Risque accru d'accident et complexité accrue des manœuvres d'accostage
		Tempêtes tropicales → Interdiction de navigation → Visibilité réduite → Risque accru d'accident → Arrêt des services
	Onde de tempêtes et vagues	→ Changement dans la planification de trajet → Modification de la procédure d'accès au port → Formation de glace sur le navire entraînant un déséquilibre → Visibilité réduite → Risque accru de dérive → Risque accru d'accident et complexité accrue des manœuvres d'accostage
	Brouillard	→ Risque accru d'accident
Humains	Précipitations extrêmes	→ Risque accru d'accident (visibilité réduite) et hypothermie
	Vents forts	Rafales de 70+ km/h : → Risques d'accidents et de blessures (perte d'équilibre, objets envolés, etc.)
		Tempêtes tropicales : → Risque accru d'accidents mortels
	Onde de tempêtes et vagues	→ Risques d'accidents et de blessures par la projection de débris et de glace (collision, perte d'équilibre, chutes, etc.)
	Chaleur extrême	→ Perte de productivité → Risque de coup de chaleur
	Brouillard	→ Risque accru d'accidents de travail via les opérations impliquant de la machinerie lourde
	Verglas	→ Risque accru de chutes et blessures
Chemin d'accès, guérite, bureau (segments 1 à 2)	Niveau de la mer	→ Submersion temporaire du chemin à marée haute et chemin inaccessible aux piétons et véhicules → Dépôt de débris et de sédiments → Érosion accélérée des matériaux sur les quais, sur les berges et les fondations → Inondation possible du bureau et de la guérite et formation de glace en saison froide → Accès bloqué temporairement
	Acidification de l'eau	→ Érosion accélérée des pierres
	Couvert de glace	→ Empilement de blocs de glace entraînant une usure accélérée des roches en raison de la pression + la friction + l'effet de cisaillement de la glace
	Vents forts	→ Endommagement du bureau et de la guérite dus aux objets soufflés ou juste avec la force des vents en cas de tempête tropicale
	Onde de tempête et vagues	→ Endommagement ou inondation possible de la guérite et du bureau dus à la remontée et aux chocs fréquents des vagues et des débris et glace projetés → Déplacement des roches et/ou endommagement (érosion) → Submersion et perte de l'efficacité de l'enrochement

Composante d'infrastructure	Aléa climatique	Chaîne d'impact (hypothèse à analyser)
	Cycle de gel/dégel	→ Fissures dans les roches ou le sol → Dégradation du béton de surface et formation de nids de poule
Aire d'entreposage et entrepôt (segment 3)	Niveau de la mer	Hausse : → Submersion temporaire de l'entrepôt à marée haute et infiltration d'eau salée possible entraînant un endommagement de la structure et des marchandises stockées ou équipements → Dépôt de débris et de sédiments → Formation de glace autour de l'entrepôt et accès bloqué temporairement → Activité d'entreposage et de logistique interrompues ou au ralenti
	Acidification de l'eau	→ Érosion accélérée des pierres
	Précipitations extrêmes	→ Accumulation d'eau rapide pouvant inonder l'entrepôt → Érosion du sol autour de l'entrepôt en cas de mauvaise évacuation d'eau → Activité d'entreposage et de logistique au ralenti ou interrompue
	Couvert de glace	→ Empilement de blocs de glace entraînant une usure accélérée des roches en raison de la pression + la friction + l'effet de cisaillement de la glace
	Couvert de neige	→ Chemin d'accès difficile et gestion accrue de déneigement → Accumulation de neige lourde sur le toit de l'entrepôt et endommagement →Activité d'entreposage et de logistique interrompue
	Vents forts	→ Endommagement de la structure par des objets soufflés et de la toiture
	Onde de tempêtes et vagues	→ Remontée des vagues causant une inondation / infiltration d'eau salée et un apport de débris → Endommagement de la structure et de la toiture par des objets soufflés lourds et la projection de débris et de glace → Formation de glace autour de l'entrepôt et accès bloqué temporairement → Pannes d'électricité affectant les systèmes de réfrigération, chauffage, sécurité de l'entrepôt, etc. → Activité d'entreposage et de logistique interrompue dus aux conditions dangereuses
	Chaleur extrême	→ Surchauffe de l'entrepôt
	Verglas	→ Accumulation de glace et accès ou porte bloquée temporairement
	Foudre	→ Dommages directs sur la structure
	Cycle de gel/dégel	→ Dilatation et contraction de l'eau autour des matériaux de la structure → Dégradation accélérée de la structure → Dégradation du béton de surface et formation de nids de poule
Quai nord (segment 4), enrochement au nord du quai commercial	Niveau de la mer	Hausse : →Submersion temporaire des quais à marée haute et dépôts de débris → Arrêt des opérations
	Acidification de l'eau	→ Érosion accélérée des pierres et des matériaux des quais exposés à l'eau
	Couvert de glace	→ Dérive de glace (avec haut niveau d'eau et/ou vagues) créant un empilement de blocs de glace et de l'érosion accélérée de la surface du quai

Composante d'infrastructure	Aléa climatique	Chaîne d'impact (hypothèse à analyser)
	Onde de tempêtes et vagues	→ Endommagement accru de la structure en raison de la remontée et des chocs fréquents des vagues
	Foudre	→ Dommages directs sur la surface du quai
	Cycle de gel/dégel	→ Dilatation et contraction de l'eau autour des matériaux de la structure → Dégradation du béton de surface et formation de nids de poule
Brise-lame ouest (segments 5 à 7)	Niveau de la mer	Hausse : → Submersion du brise-lame à marée haute et réduction de son efficacité → Érosion accélérée des roches → Augmentation de la pression hydrostatique et déplacement possible
		Étiage : → Exposition de la couche de pierres et usure accélérée sous l'action des vagues
	Acidification de l'eau	→ Érosion accélérée des pierres
	Couvert de glace	→ Empilement de blocs de glace entraînant une usure accélérée des roches en raison de la pression + la friction + l'effet de cisaillement de la glace
	Vents forts	→ Déplacement de certaines pierres de l'enrochement
	Onde de tempêtes et vagues	→ Choc fréquent des vagues et déplacement et/ou endommagement des pierres de la structure → Submersion du brise-lames à marée haute et réduction de son efficacité
	Cycle de gel/dégel	→ Fragmentation accélérée des pierres constituant le brise-lames
Système de drainage	Niveau de la mer/ Précipitations extrêmes/ Onde de tempêtes et vagues	→ Augmentation de la quantité d'eau à capter → Dépassement de la capacité à récupérer l'eau → Apport de sédiments entraînant une obstruction du système
	Couvert de neige	→ Un haut couvert de neige entraîne une grande quantité d'eau de fonte → Dépassement de la capacité à capter l'eau → Obstruction du système empêchant un bon écoulement
Autres équipements	Niveau de la mer	→ Submersion du quai à marée haute et dégradation accélérée des bollards → Opérations d'accostage impossibles ou plus complexes en raison d'un niveau des défenses trop bas pour les navires (à marée haute)
	Acidification de l'eau	→ Corrosion accélérée des composantes métalliques exposées → Fréquence accrue des réparations
	Précipitations extrêmes	→ Capacité de traitement des eaux potentiellement excédée en cas d'importante quantité de pluie, conduisant à la défaillance du bassin de récupération des eaux huileuses
	Couvert de glace	→ Endommagement ou usure accélérée des défenses provenant du frottement et de la pression latérale sur les défenses → Empilement de blocs et/ou dérive de glaces entraînant une usure accélérée de la composante provenant de la pression + la friction + l'effet de cisaillement de la glace

Composante d'infrastructure	Aléa climatique	Chaîne d'impact (hypothèse à analyser)
	Vents forts	→ Objets divers soufflés par le vent + renversement des lampadaires → Déformation du mur et usure accélérée de la composante → Endommagement de la structure
		→ Choc fréquent des vagues et usure accélérée / durée de vie réduite des bollards et défenses → Tension et force accrue exercée sur les bollards entraînant une dégradation accélérée des fixations de la composante
	Onde de tempêtes et vagues	→ Choc fréquent des vagues sur le mur → Usure accélérée de la composante
	Chaleur extrême	→ Dommage des systèmes mécaniques
	Verglas	→ Accumulation de glace sur les lampadaires et autres équipements → usure des équipements
	Foudre	→ Dommage des systèmes mécaniques et risque d'incendie
Quais projetés 1 et 2, nouvelles aires d'entreposage	Niveau de la mer	→ Submersion du quai à marée haute → Augmentation de la pression hydrostatique → Déséquilibre des forces et possible déstabilisation du mur de palplanches
	Acidification de l'eau	→ Corrosion accélérée des composantes exposées (métaux et béton) → Fréquence accrue des réparations
	Précipitations extrêmes	→ Capacité de traitement des eaux potentiellement excédée en cas d'importante quantité de pluie, conduisant à la défaillance du bassin de récupération des eaux huileuses
	Couvert de glace	→ Empilement de blocs et/ou dérive de glaces entraînant une usure accélérée de la composante provenant de la pression + la friction + l'effet de cisaillement de la glace
	Couvert de neige	→ Chemin d'accès difficile et gestion accrue de déneigement →Activité d'entreposage et de logistique interrompue
	Vents forts	→ Objets divers endommagés si soufflés par le vent → Endommagement de la structure
	Onde de tempêtes et vagues	→ Choc fréquent des vagues sur le mur de palplanches → Usure accélérée de la composante
	Verglas	→ Accumulation de glace sur les quais
	Foudre	→ Dommage des matériaux entreposés et risque d'incendie

3.4 Exclusions

L'érosion côtière près du port de Matane est principalement due à l'action des vagues, des courants et des glaces hivernales. Cette dynamique est influencée par les niveaux d'eau. Il est important de noter que bien que les zones avoisinantes du port soient identifiées dans la cartographie des zones de contraintes relatives à l'érosion côtière du ministère de la Sécurité publique du Québec, l'impact des changements climatiques sur l'érosion des berges n'a pas été inclus dans cette étude pour plusieurs raisons :

– Les zones côtières sujettes à l'érosion ne se trouvent pas dans la zone d'étude;

– L'érosion des composantes du port est déjà prise en compte du fait d'autres aléas comme les vagues;

– Aucune projection précise concernant l'évolution future de l'érosion des rives autour du site n'a été identifiée ni sur les portails web ni dans la littérature scientifique.

À titre d'information, le projet de recherche du Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières (LDGIZC) de l'Université du Québec à Rimouski a révélé un recul du littoral atteignant jusqu'à 1 m en amont du port et 0,10 m en aval depuis 2000 (Drejza et coll., 2021). Ce rapport méthodologique - *Indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion* a identifié 54 zones dans la région de la Matanie où l'indice de vulnérabilité à l'érosion a été évalué. En 2020, sept de ces zones étaient considérées comme hautement vulnérables. Le secteur sud du quai, classé avec un indice de vulnérabilité moyen en 2020, devrait maintenir cette perspective jusqu'en 2070.

Le *Bilan des connaissances de la dynamique de l'érosion des côtes du Québec maritime laurentien*, rédigé par Bernatchez et Dubois en 2004, révèle que l'érosion côtière dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent est particulièrement sévère dans les zones de sols meubles, avec un recul des côtes de 0,5 à 2 m par an. Dans le contexte des changements climatiques, il est prévu que ce phénomène s'aggravera, principalement en raison de l'élévation du niveau de la mer à l'échelle mondiale et de l'accroissement possible de l'intensité des tempêtes.

Prédire les taux futurs d'érosion sur le littoral de Matane représente un défi complexe, en grande partie en raison de la multitude de facteurs naturels et anthropiques qui influent sur ce phénomène et de l'absence de projections pour certains d'entre eux. Les données pertinentes à cette problématique d'érosion côtière pour les années futures, provenant de diverses sources telles que Bernatchez (2015) et Morneau (2014), sont les suivantes :

– Élévation du niveau de la mer : cette hausse globale amplifie le risque d'érosion ;
– Intensification des tempêtes : les tempêtes plus fréquentes et plus violentes accélèrent l'érosion côtière ;
– Processus cryogéniques : l'accélération de ces processus contribue à l'érosion ;
– Action des vagues générée par le vent : particulièrement prononcée lors de grandes marées, l'action des vagues est un facteur clé de l'érosion ;
– Diminution du couvert de glace : la réduction de la glace expose davantage les côtes aux forces hydrodynamiques et aux tempêtes hivernales ;
– Formation et mouvement des glaces : l'augmentation de ces phénomènes, liée à la hausse du niveau marin, influence l'érosion ;
– Éolisation : les vents forts et continus dans certaines zones accélèrent l'érosion ;
– Cycles de gel-dégel : l'alternance de ces périodes peut causer des décrochements et contribuer à l'érosion ;
– Activités humaines : les actions directes de l'homme, telles que le développement côtier et la modification des paysages naturels, jouent également un rôle.



4 Évolution des aléas climatiques

4.1 Choix des indicateurs

On réfère généralement à un aléa climatique en tant que phénomène. Or, afin de pouvoir attribuer une probabilité d'occurrence à un aléa, il faut le réexprimer sous forme d'indicateur quantitatif. Une forme générale d'indicateur appropriée pour cet objectif est « Journées dont la variable X possède une valeur excédant le seuil S ». Dans un tel cas, il est possible d'établir la fréquence d'occurrence de dépassement du seuil pendant une longue période, puis d'utiliser cette fréquence comme probabilité (il s'agit alors d'une simplification conceptuelle, puisque fréquence d'occurrence et probabilité ne correspondent pas exactement au même concept ; cet enjeu ne sera pas traité davantage dans ce rapport).

Les aléas épisodiques (de courte durée) se prêtent bien à cette forme générale d'indicateur, mais les aléas graduels (se développant à long terme) s'y prêtent moins. À titre d'exemple d'aléa graduel, le phénomène de hausse du niveau de la mer peut n'être perceptible que sur une durée équivalente à la durée de vie d'une infrastructure. Pour les aléas graduels, ce que la démarche du CVIIP nomme « score de probabilité » peut alors, dans les faits, correspondre à un score d'intensité.

Les indicateurs choisis pour représenter les aléas sont présentés au tableau 8. Les scores de probabilité attribués aux aléas (par le biais de leurs indicateurs respectifs) sont aussi indiqués au tableau 9 ; les détails techniques liés aux critères et aux éléments de justification des scores sont présentés dans la section 3.3.2 respectivement. En termes généraux, un score P1 signifie une forte réduction de la manifestation (occurrence ou intensité) de l'aléa entre 1981-2010 et 2051-2080, un score P2 signifie une réduction modérée, un score P3 signifie une stationnarité approximative à l'égard de l'aléa, un score P4 signifie une augmentation modérée et un score P5 signifie une forte augmentation. Dans certains cas, l'incertitude sur les projections climatiques futures se reflète dans le recours à un intervalle de scores. La mention *[mode intensité]* apparaît dans la colonne du centre lorsque le score lié à l'aléa est établi en mode intensité plutôt qu'en mode probabilité. Enfin, la mention *[Indications limitées]* est utilisée dans les cas où le score de probabilité n'est pas établi sur un ou plusieurs indicateurs quantitatifs, mais plutôt sur un ensemble d'informations diverses. Certains scores pour lesquels trop peu d'informations scientifiques existent peuvent demeurer non déterminés

(n. d.). Il est à noter que l'échelle de score de probabilité du CVIIP (2021) porte sur le changement entre deux périodes et qu'une forte augmentation peut parfois découler d'une très faible probabilité future couplée à une probabilité de référence encore plus faible. L'interprétation doit en tenir compte.

Tableau 8 : Aléas climatiques, indicateurs quantitatifs et scores de probabilité pour la ville de Matane

Aléa *[Sources]*	Indicateur	Référence	Projection 2041-2070(Δ)	Projection 2071-2100 (Δ)	Score de probabilité
Climat plus chaud *[Portraits climatiques Ouranos]*	Moyenne annuelle des températures	1991-2020 : 3,3 °C	+1,4 °C à +3,3 °C	+2,34°C à +5,5 °C	↑ **P4 - P5**
	Moyenne des températures au printemps	1991-2020 : 0,9 °C	+0,9 °C à +3,0 °C	+1,7 °C à +4,7 °C	
	Moyenne des températures en été	1991-2020 : 16,7 °C	+1,1 °C à +3,1 °C	+1,8 °C à +5,5 °C	
	Moyenne des températures en automne	1991-2020 : 5,7 °C	+1,1 °C à +3,1 °C	+2,1 °C à +5,0 °C	
	Moyenne des températures en hiver (augmentation des redoux)	1991-2020 : -10,2 °C	+1,8 °C à +4,5 °C	+3,2 °C à +7,4 °C	
Hausse du niveau de la mer *[Donneesclimatiques.ca, climatecentral]*	Niveau moyen de l'eau	2010	+0,20 m à + 0,24 m	+0,70 m à + 1,10 m	↑ **P5**
Acidification de l'eau	Aucune indication relative à l'évolution du pH	Actuel	n. d. À la hausse	n. d. À la hausse	**n. d.** **À la hausse**
Précipitations extrêmes *[Indications limitées : littératures, portraits climatiques Ouranos]*	Précipitations extrêmes : maximum des précipitations (liquides et solides) cumulées sur 5 jours (mm)	1991-2020 : 72 mm	+2 mm à +14 mm	+2 mm à +20 mm	↑↓ **P3 - ↑ P4**
	Pluie extrême : Intensité des pluies de courte durée 1 heure - 100 ans	1968-2021	+9 % à +26 %	+17 % à +46 %	
	Pluie extrême : Intensité des pluies de courte durée 24 heures - 5 ans				
Couvert de glace *[Portraits climatiques Ouranos et littératures]*	Moyenne annuelle de l'indice de gel (un degré-jour de gel (DJG) est la différence en °C entre la température quotidienne moyenne et un seuil de 0 °C)	1991-2020 : 1 083 jours	-218 à -523 jours	-371 à -759 jours	↓ **P1 - P2**
	Glace mobile : aucune indication identifiée pour la combinaison degrés-jours de gel et vents forts	Actuel	n. d.	n. d.	**n. d.**

Aléa *[Sources]*	Indicateur	Référence	Projection 2041-2070(Δ)	Projection 2071-2100 (Δ)	Score de probabilité
Couvert de neige *[Indications limitées : littératures]*	Indications générales concernant les projections pour l'équivalent en eau de la neige et de la durée d'enneigement	Actuel	n. d. À la baisse	n. d. À la baisse	↓ **P1 - P2**
Vents forts *[Indications limitées : littératures]*	Nombre annuel de jours avec vitesse maximale du vent supérieure ou égale à 70 km/h	1961-2000	+8% à +14 %	+5% à +17 %	↑↓ **P3 - ↑ P4**
	Tempête tropicale Nombre de tempêtes dans l'est du Canada	Actuel	n. d.	n. d.	**n. d.**
Onde de tempêtes et vagues *[Indications limitées : littératures]*	Hauteur et fréquence	2023	n. d. À la hausse	n. d. À la hausse	↑↓ **P3 - ↑ P4**
Chaleur extrême *[Portraits climatiques Ouranos]*	Pour les humains : nombre de jours de vague de chaleur (nombre annuel de jours où la température est au-dessus d'un certain seuil soit T_{max} > 31 °C et T_{min} > 16 °C)	1991-2020 : 0,1 jour	+0,1 à +1,6 jour	+0,1 à +7,3 jours	↑ **P5**
	Pour le matériel : le nombre de jours annuels > 32°	1991-2020 : 0,2 jour	+0,3 à +2,4 jours	+0,4 à +9,1 jours	↑ **P5**
Brouillard *[Indications limitées : littératures]*	Aucune indication identifiée	Actuel	n. d.	n. d.	**n. d.**
Pluie verglaçante *[Indications limitées : littératures]*	Épisodes annuels >= 10mm	1981-2010 : 0,25	-0.16 à +0.17	-0.16 à +0,31	↓ **P1 - ↑ P5**
	Épisodes annuels >= 6h	1981-2010 : 2,0	-0.8 à 0.7	-1,1 à +1,0	
Foudre *[Indications limitées : littératures]*	Nombre d'éclairs nuage-sol par km^2 par heure (augmentation projetée de l'ordre de 12 ± 5 % par °C de réchauffement global)	1991-2020	+9% à +71%	+17% à +141%	↑↓ **P3 - ↑ P5**
Cycle de gel-dégel *[Portraits climatiques Ouranos]*	Nombre **annuel** de jours pour lesquels la température minimale (T_{min}) est inférieure à 0 °C et la température maximale (T_{max}) est supérieure à 0 °C	1991-2020 : 65,1 jours	+6,5 jours à -4,5 jours	+6,7 jours à -6,0 jours	↑↓ **P3**
	Nombre de jours **en hiver** pour lesquels la température minimale (T_{min}) est inférieure à 0 °C et la température maximale (T_{max}) est supérieure à 0 °C	1991-2020 : 13,4 jours	+3,9 jours à +11,7 jours	+7,0 jours à +20,0 jours	↑↓ **P3 - ↑ P5**

4.2 Critères d’attribution pour les scores de probabilité

Les critères d’attribution des scores de probabilité découlent d’une tentative d’uniformiser le traitement de tous les indicateurs. Toute l’analyse scientifique détaillée est présentée à l’annexe B.

En ce qui concerne les aléas épisodiques, la démarche du CVIIP (2021) consiste à calibrer l’échelle des scores de probabilité en associant le score P3 à la probabilité obtenue pour la période de référence, puis à attribuer un score à la période future en se basant sur le différentiel entre la probabilité de référence et la probabilité future.

Pour les aléas graduels (et certains aléas épisodiques), il faut procéder en intensité. L’échelle est encore calibrée en associant le score P3 à la période de référence, mais l’attribution du score pour la période future peut difficilement suivre une procédure uniforme d’un aléa à l’autre, car celui-ci peut être exprimé dans des unités différentes.

Dans tous les cas, la considération de l’incertitude est intégrée dans le processus d’attribution du score. Ainsi, un intervalle de score est utilisé lorsque les connaissances scientifiques disponibles ne justifient pas l’utilisation d’un score unique.

Les principales sources d’information de nature climatologique qui ont été utilisées dans cette démarche incluent à la fois des données quantitatives et qualitatives. Les sources quantitatives comprennent :

– Les données des sites Internet *Portraits climatiques* d’Ouranos (2025) et *Donneesclimatiques.ca* (2024) ;
– Les normales et les moyennes climatiques de 1991-2020 (ECCC, 2024b).

Ces plateformes fournissent des informations détaillées sur la température, les précipitations, l'humidité, le vent, etc., à différents points dans l'espace et le temps.

Les sources qualitatives, quant à elles, sont les suivantes :

– La *Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec* (Ouranos, 2015) ;
– Le *Rapport sur le climat changeant du Canada* de Bush et Lemmen (2019) ;
– Des publications scientifiques récentes sur des aléas climatiques spécifiques.

Pour simuler le climat futur, les climatologues utilisent des modèles climatiques, notamment les modèles climatiques régionaux (MCR) et les modèles climatiques globaux (MCG). Ces modèles, qui couvrent la période de 1850 à 2100, nécessitent des données sur les concentrations passées et futures de GES pour simuler l'influence de ces données sur le climat. Les résultats de ces simulations, bien qu’ils soient virtuels, améliorent la compréhension des processus climatiques et aident à décrire le climat futur dans un contexte de concentrations changeantes de GES.

Les scénarios de concentration de GES utilisés dans la modélisation climatique sont passés des profils représentatifs de concentrations connus sous le nom de RCP (de l’anglais *Representative Concentration Pathways*) aux trajectoires communes d'évolution socio-économiques (de l’anglais *Shared Socio-economic Pathways* [SSP]). Les RCP, utilisés dans le cinquième rapport du GIEC, se concentraient sur le forçage radiatif, terme climatologique désignant la différence entre l'énergie reçue et retournée par le système climatique. À titre d’exemple, RCP4.5 et RCP8.5 représentaient des concentrations de GES atteignant des valeurs de forçage radiatif de 4,5 W/m² et 8,5 W/m² en 2100. En revanche, les SSP, adoptées dans le sixième rapport du GIEC, quantifient à la fois les paramètres socioéconomiques futurs et les émissions de GES. Ils lient ainsi les choix sociétaux sur le plan du réchauffement global. Les SSP couvrent un large éventail de scénarios climatiques potentiels, comme SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 et SSP5-8.5, soit allant de scénarios à faibles émissions, conformes aux objectifs de l'Accord de Paris, à des scénarios à fortes émissions (figure 7). Ouranos explique sur son site Internet que :

« Le terme "SSPx-y" où "x" est le numéro du descriptif et "y" réfère au forçage radiatif atteint en 2100, à la manière des RCP. Par exemple, le SSP2-4.5 repose sur le SSP2, le milieu de route, avec un forçage radiatif de 4,5W/m^2 en 2100. Il faut toutefois être prudents lorsqu'on compare les RCP et les SSP. Ainsi, bien que les forçages radiatifs des RCP et des SSP soient similaires à la fin du siècle, l'évolution des concentrations de GES des deux générations de scénarios est complètement distincte. Ceci est dû aux trajectoires qui diffèrent dans le temps » (Ouranos, s.d.).

D'après le résumé technique du dernier rapport AR6 du GIEC (2021), le franchissement du seuil de réchauffement global de 1,5 °C est anticipé au début des années 2030 pour la majorité des scénarios d'émission, exception faite du SSP5-8.5 où ce seuil est très probablement atteint entre 2021 et 2040. Les scénarios à haute émission, tels que SSP5-8.5 et SSP3-7.0, prévoient un dépassement de 2 °C avant le milieu du siècle, avec des augmentations de température variant entre 1,0 et 5,7 °C d'ici la fin du siècle (2081-2100), reflétant l'impact significatif des émissions de GES. Ces prévisions soulignent l'importance critique de mettre en place des politiques climatiques proactives et des mesures d'atténuation ambitieuses. La transition des RCP vers les SSP dans les modélisations climatiques, bien qu'elle ne soit pas encore universellement adoptée par tous les portails climatiques, est fondamentale pour comprendre les trajectoires d'émissions futures et guider l'élaboration de stratégies d'adaptation. Malgré les incertitudes modélisées, un consensus demeure sur le fait que le futur sera incontestablement plus chaud, avec des niveaux et des vitesses de réchauffement variables selon les scénarios envisagés.

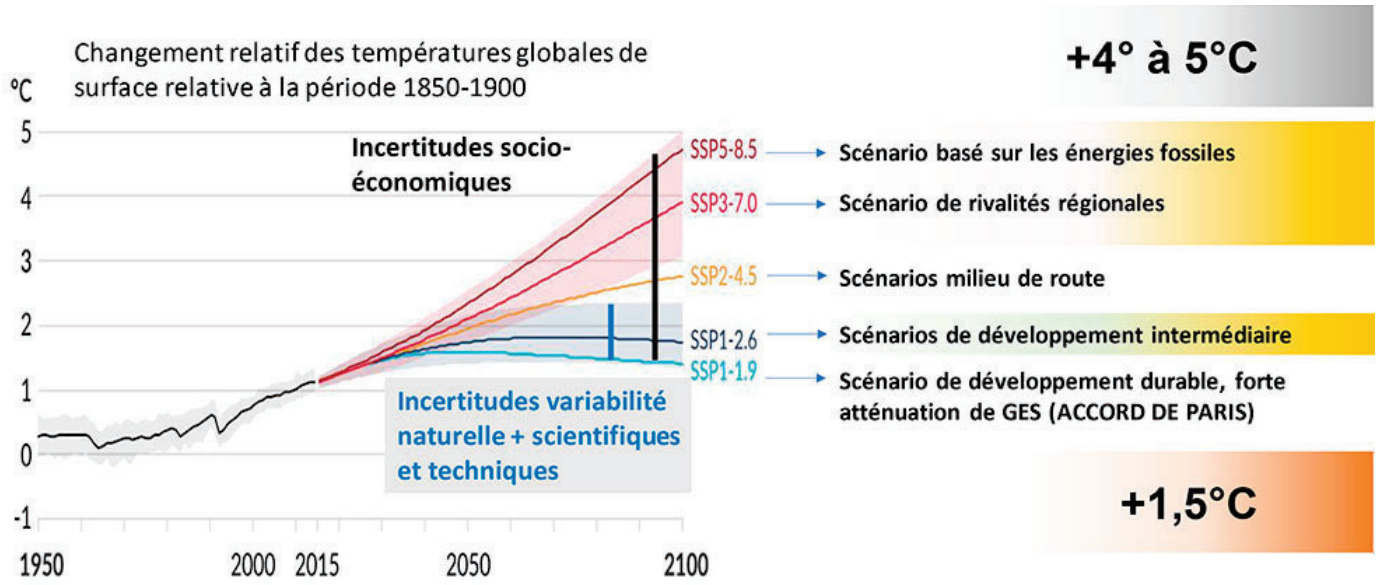


Figure 7 : Définitions des différentes projections climatiques basées sur les SSP (Ouranos, s.d.)

Tableau 9 : Critères d'attribution des scores de probabilité de la démarche du CVIIP

Score de probabilité	Approche de la référence centrée	Critère d'attribution pour la période future	Justification suggérée
P5	↑	Attendu de survenir **plus** souvent qu'en période de référence	**Augmentation** de la fréquence ou de l'intensité de **50 % et plus** par rapport à la valeur de référence
P4	↑		**Augmentation** de la fréquence ou de l'intensité d'entre **10 et 50 %** par rapport à la valeur de référence
P3	↑↓	Attendu de survenir **aussi** souvent qu'en période de référence	Fréquence ou intensité sujette à peu de changement (**± 10 %**) par rapport à la valeur de référence
P2	↓		**Diminution** de la fréquence ou de l'intensité d'**entre 10 et 50 %** par rapport à la valeur de référence
P1	↓	Attendu de survenir **moins** souvent qu'en période de référence	**Diminution** de la fréquence ou de l'intensité de **50 % et plus** par rapport à la valeur de référence

4.3 Attribution des scores de probabilité

4.3.1 Climat plus chaud



Dans le présent contexte, l'aléa « climat plus chaud » correspond au fait que l'air extérieur est en moyenne plus chaud sur une période de 30 ans. Il ne s'agit pas d'un aléa de nature épisodique (c'est-à-dire d'un aléa soudain ou d'une durée relativement courte à l'échelle humaine) comme c'est le cas pour les autres aléas couverts dans cette étude. En particulier, l'aléa « climat plus chaud » n'est pas ici utilisé pour représenter la chaleur extrême survenant sous forme de vagues de chaleur épisodiques (qui est traitée comme un aléa distinct).

Dans le cadre de la présente évaluation, l'aléa « climat plus chaud » est utilisé pour son impact sur les infrastructures du port ainsi que pour servir d'intrant dans le calcul de l'évolution future des indicateurs pour les aléas « pluie extrême » et « foudre ». Les données pour la ville de Matane ont été extraites du découpage d'Ouranos basé sur les parties côtières et habitées des grandes MRC. L'aléa « climat plus chaud » est représenté au tableau 10 par les valeurs de l'indicateur Moyenne annuelle des températures du portail *Portraits climatiques* d'Ouranos. Cet aléa est ensuite représenté par les valeurs saisonnières aux tableaux 11 à 14, où chaque rangée correspond à un scénario de changement des températures moyennes.

Le score de probabilité pour cet indicateur doit être établi en mode intensité. Sur la base de la figure 8 (capture d'écran du portail *Portraits climatiques* d'Ouranos), **l'intervalle de scores adopté s'étend de P4 à P5**. Ce choix est subjectivement motivé par le fait que le bas de l'enveloppe de valeurs pour le scénario SSP2-4.5 (émissions modérées) en 2071-2100 n'est pas tout à fait détaché de l'enveloppe historique (score adopté de P4) alors que le haut de l'enveloppe de valeurs pour le scénario SSP3-7.0 (émissions élevées) en 2071-2100 se situe substantiellement au-dessus de l'enveloppe historique (score adopté de P5).

Il est à noter que les valeurs de température présentées dans cette section concernent des points de grille dont la résolution ne permet pas de prendre en compte le phénomène d'îlot de chaleur urbain très localisé et découlant notamment de la minéralisation des surfaces.

Tableau 10 : Évolution de la moyenne des températures annuelles de Matane

Moyenne (T) pour 1991-2020 (°C)	Changements (ΔT) (°C) projetés			
	Trajectoire de GES	Centile parmi les 14 simulations	2041-2070	2071-2100
3,3	SSP3-7.0	90e	**+3,3**	**+5,5**
		50e	+2,4	+4,2
		10e	+1,8	+3,6
	SSP2-4.5	90e	+3,3	+4,8
		50e	+2,0	+3,0
		10e	**+1,4**	**+2,4**

Tableau 11 : Évolution de la moyenne des températures du printemps de Matane

Moyenne (T) pour 1991-2020 (°C)	Changements (ΔT) (°C) projetés			
	Trajectoire de GES	Centile parmi les 14 simulations	2041-2070	2071-2100
0,9	SSP3-7.0	90e	**+3,0**	**+4,7**
		50e	+2,0	+4,1
		10e	+1,3	+3,2
	SSP2-4.5	90e	+2,9	+4,1
		50e	+1,8	+2,5
		10e	**+0,9**	**+1,7**

Tableau 12 : Évolution de la moyenne des températures d'été de Matane

Moyenne (T) pour 1991-2020 (°C)	Changements (ΔT) (°C) projetés			
	Trajectoire de GES	Centile parmi les 14 simulations	2041-2070	2071-2100
16,7	SSP3-7.0	90e	**+3,1**	**+5,5**
		50e	+2,1	+3,7
		10e	+1,5	+2,8
	SSP2-4.5	90e	+3,0	+4,6
		50e	+2,0	+2,6
		10e	**+1,1**	**+1,8**

Tableau 13 : Évolution de la moyenne des températures d'automne de Matane

Moyenne (T) pour 1991-2020 (°C)	Changements (ΔT) (°C) projetés			
	Trajectoire de GES	Centile parmi les 14 simulations	2041-2070	2071-2100
5,7	SSP3-7.0	90e	**+3,1**	**+5,0**
		50e	+2,1	+3,9
		10e	+1,7	+3,1
	SSP2-4.5	90e	+2,9	+4,2
		50e	+1,8	+2,7
		10e	**+1,1**	**+2,1**

Tableau 14 : Évolution de la moyenne des températures d'hiver de Matane

Moyenne (T) pour 1991-2020 (°C)	Changements (ΔT) (°C) projetés			
	Trajectoire de GES	Centile parmi les 14 simulations	2041-2070	2071-2100
-10,2	SSP3-7.0	90e	**+4,5**	**+7,4**
		50e	+3,2	+5,1
		10e	+2,3	+4,5
	SSP2-4.5	90e	+4,4	+5,7
		50e	+2,6	+3,9
		10e	**+1,8**	**+3,2**

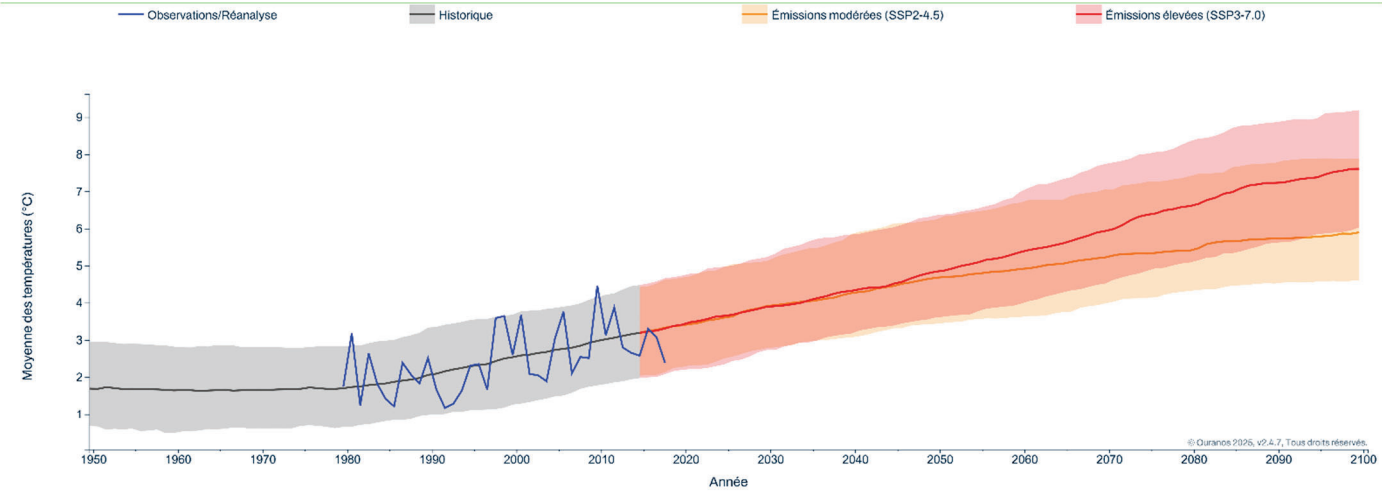


Figure 8 : Évolution de la moyenne annuelle des températures pour la région de la Matanie (côte) (Ouranos, 2025)

4.3.2 Niveau de la mer

Les extraits suivants issus de la synthèse d'Ouranos (2015) établissent un portrait général de la situation à venir pour l'aléa « hausse du niveau de la mer » :

- « Dans le golfe du Saint-Laurent, la projection médiane de l'ensemble du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), basée sur le scénario de fortes émissions de GES, laisse entrevoir une hausse du niveau relatif de la mer de 30 à 75 cm (pour la période 2081 2100 par rapport à la période 1986-2005). »
- « En effet, à une échelle plus régionale, le niveau d'eau dépend fortement des courants marins, de la circulation atmosphérique, de la densité de l'eau de mer (fonction des températures en surface, mais aussi de l'apport d'eau douce par des cours d'eau ou la fonte de glace), de la proximité des calottes et glaciers (effets gravitationnels) ou d'autres phénomènes géophysiques (effets rotationnels). Certains phénomènes se combinent en s'annulant ou bien fluctuent dans le temps à des échelles interannuelles et parfois décennales faisant en sorte qu'il est plus difficile de détecter des tendances significatives. »

Afin d'évaluer l'aléa « hausse du niveau de la mer » à un endroit précis, il est aussi important de prendre en compte l'ajustement isostatique glaciaire, c'est-à-dire le mouvement vertical (soulèvement ou enfoncement) de la croûte terrestre. La combinaison de la hausse locale absolue du niveau de l'eau et du relèvement isostatique local détermine la hausse locale relative du niveau de la mer, qui est la quantité pertinente pour comprendre l'évolution des interactions entre un quai et le plan ou le cours d'eau attenant. À ce propos, la synthèse d'Ouranos (2015) mentionne : « À noter que les

hausses du niveau relatif de la mer seront légèrement plus faibles dans l'estuaire et le long de la Côte-Nord, car ces régions subissent un faible ajustement isostatique d'environ 30 à 45 cm d'ici 2100, tandis que les Îles-de-la-Madeleine et une partie de la Gaspésie se seront enfoncées d'environ 10 cm. »

La figure 9, tirée de l'étude de Robin et coll. (2020), illustre le mouvement vertical à partir d'une combinaison de mesures directes et d'un modèle géophysique. Elle montre les vitesses de déplacement vertical, permettant d'observer les ajustements isostatiques en réponse aux changements historiques de la masse de glace. Les régions qui subissent une subsidence sont indiquées en bleu et celles qui connaissent un soulèvement en rouge. Selon l'étude, la région de Matane est située dans une région prévue pour connaître un léger soulèvement.

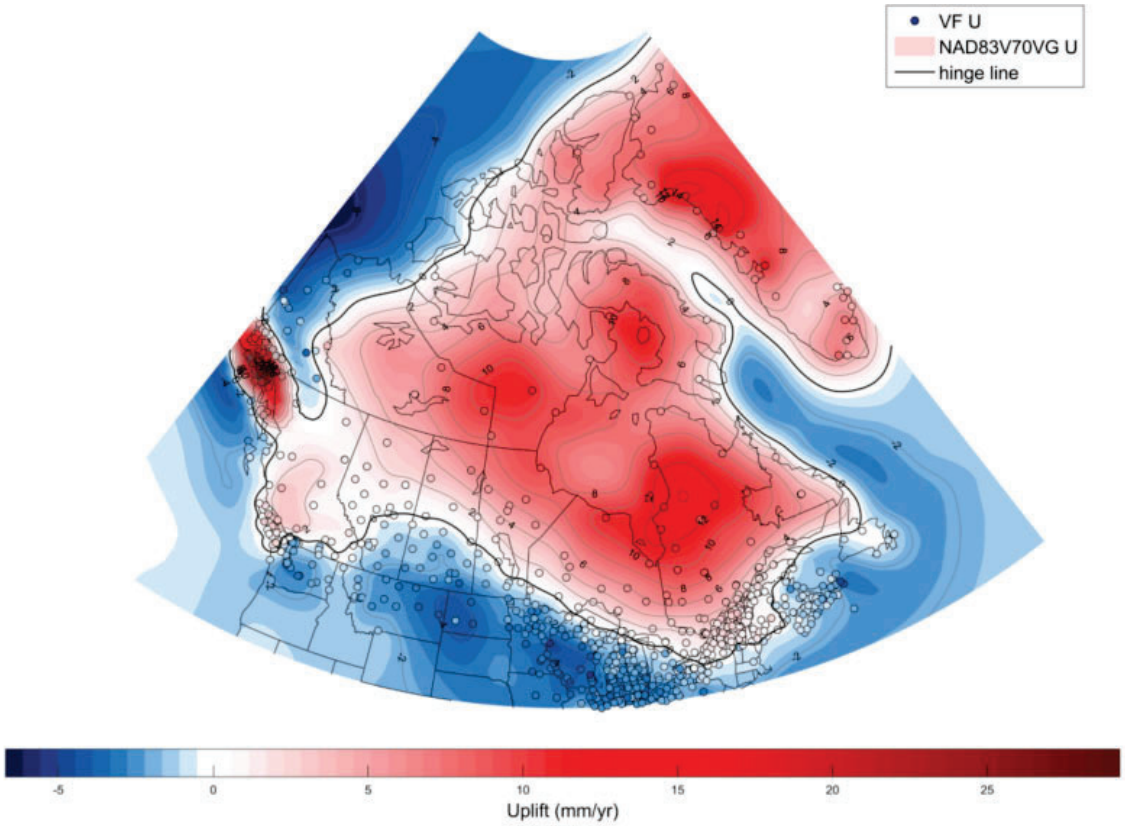


Figure 16 - NAD83v70VG, vertical component, in NAD83(CSRS). The observed velocity field is shown with coloured circles and shaded contours represents the hybrid velocity model which integrates both the observed velocity field and a combined geophysical model.

Figure 9 : Ajustement isostatique au Canada (Robin et coll., 2020)

L'OCANEE, basé sur les données scientifiques du 6e rapport d'évaluation du GIEC, est employé dans cette étude pour déterminer les hauteurs d'élévation nécessaires, soit décrit dans le glossaire de l'outil comme : « les distances verticales recommandées auxquelles les infrastructures côtières doivent s'élever pour prévenir le risque d'inondation dû à l'élévation du niveau de la mer. Ces estimations reposent sur la combinaison de deux facteurs :

– Les projections de l'évolution future du niveau relatif de la mer ainsi que les incertitudes liées à ces projections ;

– Les données historiques sur les niveaux d'eau, y compris les marées et les ondes de tempête (aussi appelées marées de tempête) sur les sites dotés de marégraphes. Dans les ports pour petits bateaux ne disposant pas de données de marégraphe, des modèles d'ondes de tempête sont utilisés pour simuler les marées de tempête historiques. L'OCANEE n'intègre pas les variations des marées de tempête au cours du siècle à venir, car l'état actuel des connaissances liées aux projections de l'activité orageuse est limité. » (MPO, 2024)

L'OCANEE prend en compte des variables clés telles que l'élévation du niveau de la mer, les projections de surcote de tempête et les mouvements verticaux du terrain dus à l'ajustement isostatique glaciaire. Ces facteurs sont cruciaux pour offrir des recommandations précises pour les mesures d'adaptation des infrastructures côtières. Les données de la hauteur d'élévation recommandée pour l'emplacement à Matane (Matane (Nouveau Havre)-Quai des pêcheurs) se trouvent au tableau 15 et reflètent la nécessité d'ajuster l'infrastructure côtière.

Il est important de souligner que l'OCANEE ne prend pas en compte les variations futures des surcotes de tempête en raison des limites actuelles des connaissances sur les projections de l'activité orageuse. Les projections au tableau 15 indiquent une élévation du niveau de la mer pouvant atteindre ou dépasser 1 mètre d'ici 2100 sous le scénario SSP5-8.5, par rapport à l'année de référence 2010

Tableau 15 : Hauteur d'élévation suggéré des infrastructures portuaire au port de Matane

	Hauteur d'élévation (m) relative au niveau moyen de l'eau de 2010		
Scénarios	Matane (Nouveau Havre)-Quai des pêcheurs		
	2050	2070	2100
SSP2-4.5	**+0,20**	+0,36	+0,70
SSP5-8.5	+0,24	+0,47	**+1,10**

Le portail web *Donneesclimatiques.ca* présente également des scénarios d'évolution du niveau de la mer par rapport aux conditions de 1986-2005. Il est à noter que ce site web utilise le CMIP5 et les RCP, contrairement à l'OCANEE qui utilise des données du CMIP6 et les SSP. *Donneesclimatiques.ca*, au sujet des scénarios d'évolution du niveau de la mer, mentionne que « pour les décisions à long terme qui peuvent être influencées par les changements du niveau de la mer, un principe de précaution indiquerait l'utilisation des valeurs du 95e centile du scénario à émissions élevées (RCP 8.5). Dans le cas d'une faible tolérance au risque et pour des périodes de projet s'étendant au-delà de 2100, il serait prudent d'envisager le scénario renforcé décrit ci-dessous. Le scénario renforcé ajoute 65 cm supplémentaires d'élévation du niveau mondial de la mer à la projection médiane du scénario climatique le plus élevé (RCP8.5) pour 2100. Ces 65 cm représentent une contribution supplémentaire potentielle de la calotte glaciaire antarctique. » Les élévations basées sur le RCP8.5 (95e centile) ainsi que le scénario renforcé d'ici 2100 sont de 86 cm et 120 cm au port de Matane.

Considérant cette recommandation et les scénarios de la hausse du niveau relatif de la mer, un score de **P5** est subjectivement attribué (en mode intensité).

4.3.3 Acidification de l'eau

Les portails web de données climatiques (*ClimateAtlas.ca* ; *Donneesclimatiques.ca* ; *Portraits climatiques* d'Ouranos) ne contiennent aucun indicateur correspondant à des projections pour l'acidification des eaux.

Dans le *Rapport de synthèse sur l'état de l'océan Atlantique* de Bernier et coll. (2023) pour le MPO, il est mentionné « Les taux de diminution du pH dans les eaux canadiennes de l'Atlantique (0,03 à 0,04 par décennie) sont généralement plus rapides que la moyenne mondiale à la surface de l'océan (0,017 à 0,027 par décennie) depuis la fin des années 1980 (IPCC 2019). » et il a été ajouté « Sous l'effet des changements dans la circulation dans l'Atlantique Nord-Ouest, les eaux profondes du golfe du Saint-Laurent et de l'estuaire du Saint-Laurent ont reçu moins d'eaux froides et riches en oxygène du courant du Labrador et plus d'eaux chaudes et pauvres en oxygène du centre de l'Atlantique Nord au cours des dernières années. Près de la tête du chenal Laurentien, un pH bas coïncide avec une zone de grave hypoxie. La saturation en oxygène et le pH diminuent depuis 2008, et ils ont atteint des creux records en 2021 ».

De plus dans le dernier rapport du GIEC (2021) il est mentionné : « On estime avec un degré de confiance élevé que les valeurs actuelles du pH de surface sont sans précédent depuis au moins 26 000 ans et que les taux actuels de changement du pH sont sans précédent depuis au moins cette époque ». La figure 10 illustre l'évolution du pH projeté pour les différents scénarios de concentration SSP. Les projections indiquent une diminution puis une stabilisation pour le scénario d'émission le plus faible et une diminution drastique à venir du pH si aucune action n'est prise pour atténuer l'augmentation des émissions des GES.

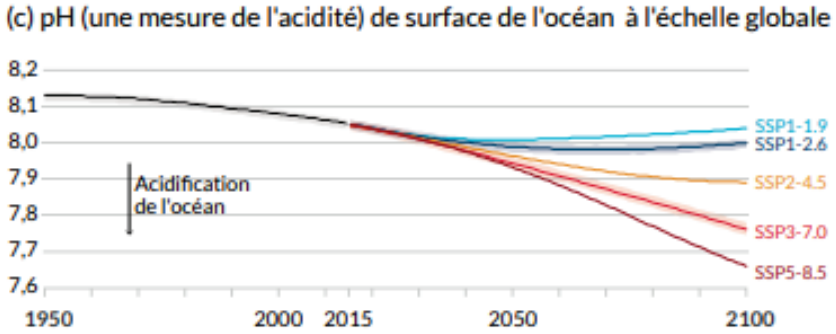


Figure 10 : Historique et projections du pH dans les océans (IPCC AR56 WG1Summary Volume French [figure RID.8])

En l'absence d'indications plus précises à l'égard de l'évolution future de l'acidification de l'eau dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent, le score de probabilité est considéré comme non déterminé **(n. d.)** pour la présente évaluation.

4.3.4 Précipitations extrêmes

Selon les informations du portail d'Ouranos, il est attendu que les précipitations augmentent dans la région de Matane pour les périodes de 2041-2070 (de +53 mm au 10e centile du scénario SSP2-4.5 à +144 mm au 90e centile du scénario SSP3-7.0) et 2071-2100 (de +56 mm au 10e centile du scénario SSP2-4.5 à +215 mm au 90e centile du scénario SSP3-7.0). Toutefois, on prévoit une réduction notable des chutes de neige, particulièrement vers la fin du siècle. En ce qui concerne les précipitations sous forme liquide, elles sont en augmentation. Des hausses en hiver allant de +30 mm au 10e centile du scénario SSP2-4.5 à 134 mm au 90e centile du scénario SSP3-7.0 sont attendues d'ici 2100 selon les différents scénarios d'émissions de GES.

D'après le rapport de Comtois et coll. (2020), les épisodes de fortes pluies impactent significativement les activités de transport maritime, causant une visibilité réduite, des eaux agitées, un accroissement des besoins en dragage et entretien des chenaux d'accès à cause de la sédimentation. Ces conditions peuvent provoquer d'importantes inondations des infrastructures portuaires, retarder les opérations de chargement et de déchargement, rendre difficile l'accès à certains secteurs portuaires et aux voies de

transport vers l'arrière-pays, endommager les infrastructures portuaires, et engendrer de lourdes pertes économiques. De plus, les précipitations intenses peuvent nécessiter l'arrêt des opérations de chargement de vrac sec pour éviter la liquéfaction des matières premières.

Dans le cadre de la présente évaluation, l'aléa « précipitations extrêmes » est représenté par l'indicateur « maximum des précipitations (liquides et solides) cumulées sur 5 jours (mm) » du portail d'Ouranos (section 4.3.4.1) et par l'indicateur « intensité des pluies de courte durée » (section 4.3.4.2), où le concept d'intensité est le même que dans le contexte des courbes intensité-durée-fréquence (IDF).

4.3.4.1 Maximum des précipitations cumulées sur 5 jours

Les changements dans les moyennes de précipitations extrêmes pour Matane sont présentés au tableau 16.

Sur la période de référence 1991-2020, la moyenne annuelle des précipitations cumulées sur 5 jours consécutifs (précipitations liquides et solides) s'établit à 74 mm.

Pour la période projetée de 2041 à 2070, les modélisations climatiques anticipent une variation allant d'une légère augmentation de +3 mm (10e centile du scénario SSP3-7.0) à une augmentation de +14 mm (90e centile du scénario SSP2-4.5). Cela conduit à un **score de P3 à P4**.

Pour la période projetée de 2071 à 2100, les modélisations climatiques anticipent une variation allant d'une légère augmentation de +2 mm (10e centile du scénario SSP2-4.5) à une augmentation de +20 mm (90e centile du scénario SSP2-4.5). Cela conduit à un **score de P3 à P4**.

Tableau 16 : Évolution des précipitations cumulées sur 5 jours annuelles

Moyenne pour 1991-2020 (mm)	Changements (Δ) projetés			
	Trajectoire de GES	Centile parmi les 14 simulations	ΔT (mm) 2041-2070	ΔT (mm) 2071-2100
74	SSP3-7.0	90e	+13	**+20**
		50e	+6	+15
		10e	**+3**	+7
	SSP2-4.5	90e	**+14**	+19
		50e	+7	+7
		10e	+4	**+2**

4.3.4.2 Pluie extrême

Les courbes IDF issues du portail *Donneesclimatiques.ca* de la station de Mont-Joli (Mont-Joli, QC, 7055122) ont été utilisées en raison de sa proximité avec le site de Matane, mais aussi car les données de cette station, s'étendant sur 44 ans de 1968 à 2021, offrent une base de données plus complète comparativement à celles de la station de Matane, qui ne dispose que de 12 ans de données, entre 1981 et 1995.

COURBES IDF HISTORIQUES

Le tableau 3 du *Guide du MELCC* (2021) demande de concevoir le système de drainage de toute aire d'exploitation en considérant une récurrence de 100 ans (pour les débits de pointe de ruissellement). Les paramètres durée-fréquence du port de Matane n'ont pas été indiqués par le promoteur, mais deux ensembles de durée-fréquence potentiellement utiles ont été sélectionnés afin d'illustrer les approches de prise en compte des changements climatiques, soit :

- Durée de 1 heure et fréquence d'une fois tous les 100 ans (ci-après nommé « 1 heure – 100 ans ») ;
- Durée de 24 heures et fréquence d'une fois tous les 5 ans (ci-après nommé « 24 heures – 5 ans »).

Les informations du tableau 17 sont extraites des figures 11 et 12 qui illustrent respectivement sous forme graphique et numérique des courbes IDF historiques fournies sur le portail *Donneesclimatiques.ca* pour la station de Mont-Joli (MONT-JOLI, QC, 7055122). Ces courbes sont basées sur 44 années de données (comprises entre 1968 et 2021) et indiquent l'intensité historique associée au paramètre sélectionné (mises en évidence en vert et en orange dans les figures). De plus, la conversion des intensités horaires moyennes (en mm h^{-1}) en intensités totales (en mm) s'est faite en multipliant simplement l'intensité horaire par la durée.

Tableau 17 : Intensité totale des précipitations

Durée (heures)	Fréquence (années)	Intensité moyenne (mm h^{-1})	Intensité totale (mm)
1	100	28,9 ± 4,9	28,9 ± 4,9
24	5	2,3 ± 0,3	55,2 ± 7,2

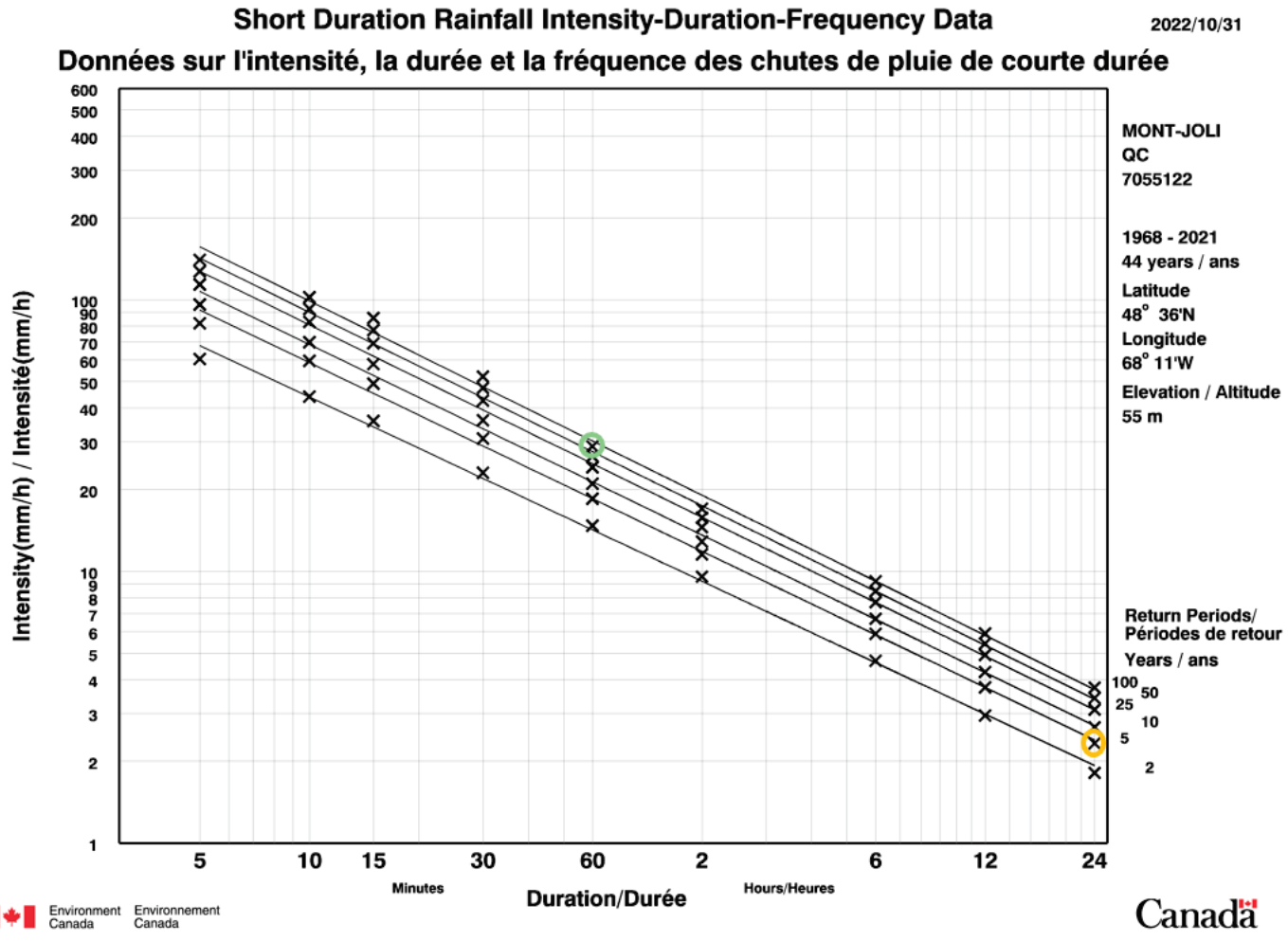


Figure 11 : Courbes IDF historiques pour la station de Mont-Joli (paramètres de travail mis en évidence)

	A	B	C	D	E	F	G
1	Duration	2 year	5 year	10 year	25 year	50 year	100 year
2	5 min	60.6	82.0	96.2	114.1	127.4	140.5
3	10 min	44.0	59.6	70.0	83.0	92.7	102.3
4	15 min	35.8	49.2	58.0	69.2	77.5	85.7
5	30 min	23.1	30.9	36.1	42.6	47.4	52.2
6	1 h	14.8	18.6	21.1	24.2	26.6	28.9
7	2 h	9.6	11.6	12.9	14.6	15.8	17.0
8	6 h	4.7	5.9	6.7	7.7	8.5	9.2
9	12 h	3.0	3.7	4.3	4.9	5.4	5.9
10	24 h	1.8	2.3	2.7	3.1	3.4	3.7
11	5 min_95%_confi	6.5	10.9	14.8	19.9	23.8	27.8
12	10 min_95%_conf	4.7	8.0	10.8	14.5	17.4	20.2
13	15 min_95%_conf	4.1	6.8	9.2	12.4	14.9	17.3
14	30 min_95%_conf	2.4	4.0	5.4	7.3	8.7	10.1
15	1 h_95%_confider	1.1	1.9	2.6	3.5	4.2	4.9
16	2 h_95%_confider	0.6	1.0	1.4	1.9	2.2	2.6
17	6 h_95%_confider	0.4	0.6	0.8	1.1	1.4	1.6
18	12 h_95%_confide	0.2	0.4	0.6	0.7	0.9	1.0
19	24 h_95%_confide	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7

Figure 12 : Fichier numérique des courbes IDF historiques pour la station Mont-Joli (paramètres de travail mis en évidence)

MAJORATION DES COURBES IDF

La majoration des courbes IDF pour considérer les changements climatiques est ici effectuée selon deux approches, soit :

– L'utilisation des facteurs de majoration mentionnés dans le *Guide du MELCCFP* (2021) ;

– L'utilisation de facteurs de mise à l'échelle dépendants des changements de température projetés, comme recommandé par le portail *Donneesclimatiques.ca* et le guide technique *CSA PLUS 4013:19 (Technical guide. Development, interpretation, and use of rainfall intensity-duration-frequency [IDF] information: Guideline for Canadian water resources practitioners)*.

Le tableau 3 du *Guide du MELCCFP* (2021) demande de « concevoir le système de drainage en utilisant un facteur de majoration de 18 % par rapport aux débits de pointe de ruissellement » et ajoute en note de bas de page qu'un document du « MTMDET (2018) spécifie un facteur de majoration de 20 % pour le sud du Québec ». Les débits de ruissellement ne sont pas traités dans cette présente évaluation et la présente section applique les facteurs de majoration aux intensités des pluies extrêmes (présumément à l'origine des débits de ruissellement de même durée-fréquence). Les facteurs de majoration du MELCCFP et du MTMDET ne sont pas fonction de l'horizon de temps futur concerné par un projet.

Le portail Donneesclimatiques.ca et le guide technique *CSA PLUS 4013:19* recommandent, pour projeter les courbes IDF dans le futur, de considérer que les intensités de pluie vont augmenter de 7 % pour chaque degré Celsius (ou Kelvin) de réchauffement local. Cette approche découle du fait bien établi que la capacité de rétention de vapeur d'eau d'une parcelle d'air augmente d'environ 7 % lorsque sa température augmente de 1 °C (reflétant la formule de Clausius-Clapeyron en thermodynamique) ainsi que de la supposition selon laquelle les pluies extrêmes vont suivre cette proportion de +7 % par °C de réchauffement local. Cette supposition contient plusieurs sous-suppositions, dont la couverture dépasserait la portée de la présente évaluation (voir la section 5 du guide technique *CSA PLUS 4013:19* pour une introduction).

Avec cette approche, l'estimation des changements futurs dans les intensités de pluie passe par l'estimation des changements futurs dans la température, en appliquant l'équation suivante :

$$I_{fut} = I_{his}(1.07)^{\Delta T} \quad \text{(équation 2)}$$

où :

I_{fut} est l'intensité future totale (c'est-à-dire intégrée sur toute la durée), en mm

I_{his} est l'intensité historique totale (c'est-à-dire intégrée sur toute la durée), en mm

ΔT est le changement de température projeté, en °C

Considérant *Donneesclimatiques.ca,* le guide technique *CSA PLUS 4013:19* ainsi que les paramètres du projet, les considérations suivantes s'appliquent :

- Le même facteur de mise à l'échelle (+7% par °C) est utilisé pour tous les ensembles de paramètres durée-fréquence ; cela implique que le score de probabilité obtenu pour cet indicateur est indépendant de l'ensemble de paramètres durée-fréquence considéré ;
- Deux ensembles de paramètres durée-fréquence sont ici utilisés pour illustrer la méthode de mise à l'échelle des intensités ; il est à noter que la fréquence est ici exprimée par sa période de retour correspondante (voir section précédente pour la sélection des courbes IDF de référence) ;
- La période de référence (historique) pour les scénarios de ΔT (1991-2020) couvre la période pour laquelle sont établies les courbes IDF de référence (1968-2021) à la station Mont-Joli ;
- L'incertitude sur les changements climatiques futurs est considérée, en construisant un intervalle pour les valeurs I_{fut} à partir des intervalles pour les changements de température (ΔT) reflétant l'incertitude sur les trajectoires de GES ainsi que la diversité des formulations de la physique dans les modèles numériques du climat ;
- Les valeurs de ΔT utilisées correspondent aux changements dans la température moyenne annuelle ; il est à noter qu'il n'y a actuellement pas de consensus scientifique quant au meilleur choix de variable de température pour effectuer la mise à l'échelle des courbes IDF et que des alternatives comme la température moyenne de périodes de l'année particulières, la température moyenne des jours de fortes pluies et la moyenne du point de rosée sont aussi considérées (voir la section 6.3.4.9 du guide technique *CSA PLUS 4013:19*).

Les résultats de l'application de l'équation 2 sur les valeurs de I_{his} sont présentés dans les tableaux 18 et 19 pour les pluies 1 heure – 100 ans d'ici 2041-2070 et 2071-2100 respectivement et les tableaux 20 et 21 pour les pluies 24 heures – 5 ans) d'ici 2041-2070 et 2071-2100 respectivement. Chaque tableau possède la même structure, qui peut être décrite ainsi :

- Chaque rangée correspond à une projection plausible pour les températures moyennes ; l'ensemble des rangées permet de couvrir l'incertitude climatique (voir la section 4.3.1, d'où sont issues les valeurs de la colonne « ΔT ») ; il est à noter que les deux dernières rangées correspondent aux facteurs de majoration fixes mentionnés dans le *Guide du MELCCFP* (2021) ;
- Les 6e, 7e et 8e colonnes (mises en évidence en jaune) représentent la valeur centrale ainsi que l'intervalle de confiance pour I_{his} ; les mêmes valeurs apparaissent dans toutes les rangées du tableau, parce que toutes les projections partent du même état de référence ;
- Les 9e, 10e et 11e colonnes (mises en évidence en rouge) représentent la valeur centrale ainsi que l'intervalle de confiance pour I_{fut} (après mise à l'échelle ou majoration fixe) ; les valeurs diffèrent d'une rangée à l'autre, reflétant l'incertitude sur ΔT ;
- Toutes les valeurs pour I_{his} et I_{fut} sont arrondies à l'unité près subséquemment à l'application de l'équation 2.

Le score de probabilité pour cet indicateur doit être établi en mode intensité. Si l'on suit la recommandation du portail Donneesclimatiques.ca et du guide technique *CSA PLUS 4013:19*, seule la colonne « facteur de mise à l'échelle ($1.07^{\Delta T}$) » importe pour l'attribution du score, puisque l'échelle adoptée porte directement sur le changement.

Dans le présent cas, le plus bas facteur de mise à l'échelle (rangée RCP4.5 – 10e centile) indique une augmentation de 9 % et le plus haut facteur de mise à l'échelle (rangée RCP8.5 – 90e centile) indique une augmentation de 26 %, d'ici 2041-2070.

Pour 2071-2100 le plus bas facteur de mise à l'échelle (rangée RCP4.5 – 10e centile) indique une augmentation de 17 % et le plus haut facteur de mise à l'échelle (rangée RCP8.5 – 90e centile) indique une augmentation de 46 %.

Ces résultats conduisent à l'intervalle de scores allant de **P4 à P5**. Les demandes du MELCCFP (facteur de majoration de 18 %) et du MTMDET (facteur de majoration de 20 %) dictent le score de probabilité P4 sur l'échelle du CVIIP (2021).

Tableau 18 : Évolution projetée pour l'intensité des pluies 1 heure – 100 ans d'ici 2041-2070

Source	Trajectoire de GES	Centile dans l'ensemble des simulations	ΔT (ºC)	Facteur de mise à l'échelle ($1.07^{\Delta T}$)	I_{his} (1981-2010) (mm)			I_{fut} (2041-2070) (mm)		
					Limite basse	Valeur centrale	Limite haute	Limite basse	Valeur centrale	Limite haute
CSA PLUS 4013:19 (+7 % par degré)	RCP8.5	90e	**+3,4°**	1,259	24	29	34	30	36	43
		50e	+2,5°	1,184	24	29	34	28	34	40
		10e	+1,7°	1,122	24	29	34	27	32	38
	RCP4.5	90e	+3,3°	1,250	24	29	34	30	36	42
		50e	+2,0°	1,145	24	29	34	27	33	39
		10e	**+1,3°**	1,092	24	29	34	26	32	37
MELCC (+18 %)	Non applicable				24	29	34	28	34	40
MTMDET (+20 %)					24	29	34	29	35	41

Tableau 19 : Évolution projetée pour l'intensité des pluies 1 heure – 100 ans d'ici 2071-2100

Source	Trajectoire de GES	Centile dans l'ensemble des simulations	ΔT (ºC)	Facteur de mise à l'échelle ($1.07^{\Delta T}$)	I_{his} (1981-2010) (mm)			I_{fut} (2071-2100) (mm)		
					Limite basse	Valeur centrale	Limite haute	Limite basse	Valeur centrale	Limite haute
CSA PLUS 4013:19 (+7 % par degré)	RCP8.5	90e	**+5,6°**	1,461	24	29	34	35	42	49
		50e	+4,2°	1,329	24	29	34	32	38	45
		10e	+3,6°	1,276	24	29	34	31	37	43
	RCP4.5	90e	+4,8°	1,384	24	29	34	33	40	47
		50e	+2,8°	1,209	24	29	34	29	35	41
		10e	**+2,3°**	1,168	24	29	34	28	34	39
MELCC (+18 %)	Non applicable				24	29	34	28	34	40
MTMDET (+20 %)					24	29	34	29	35	41

Tableau 20 : Évolution projetée pour l'intensité des pluies 24 heures – 5 ans d'ici 2041-2070

Source	Trajectoire de GES	Centile dans l'ensemble des simulations	ΔT (ºC)	Facteur de mise à l'échelle ($1.07^{\Delta T}$)	I_{his} (1981-2010) (mm)			I_{fut} (2041-2070) (mm)		
					Limite basse	Valeur centrale	Limite haute	Limite basse	Valeur centrale	Limite haute
CSA PLUS 4013:19 (+7 % par degré)	RCP8.5	90e	**+3,4°**	1,259	48	55	62	60	69	79
		50e	+2,5°	1,184	48	55	62	57	65	74
		10e	+1,7°	1,122	48	55	62	54	62	70
	RCP4.5	90e	+3,3°	1,250	48	55	62	60	69	78
		50e	+2,0°	1,145	48	55	62	55	63	71
		10e	**+1,3°**	1,092	48	55	62	52	60	68
MELCC (+18 %)	Non applicable				48	55	62	57	65	74
MTMDET (+20 %)					48	55	62	58	66	75

Tableau 21 : Évolution projetée pour l'intensité des pluies 24 heures – 5 ans d'ici 2071-2100

Source	Trajectoire de GES	Centile dans l'ensemble des simulations	ΔT (ºC)	Facteur de mise à l'échelle ($1.07^{\Delta T}$)	I_{his} (1981-2010) (mm)			I_{fut} (2071-2100) (mm)		
					Limite basse	Valeur centrale	Limite haute	Limite basse	Valeur centrale	Limite haute
CSA PLUS 4013:19 (+7 % par degré)	RCP8.5	90e	**+5,6°**	1,461	48	55	62	70	81	91
		50e	+4,2°	1,329	48	55	62	64	73	83
		10e	+3,6°	1,276	48	55	62	61	70	80
	RCP4.5	90e	+4,8°	1,384	48	55	62	66	76	86
		50e	+2,8°	1,209	48	55	62	58	67	75
		10e	**+2,3°**	1,168	48	55	62	56	64	73
MELCC (+18 %)	Non applicable				48	55	62	57	65	74
MTMDET (+20 %)					48	55	62	58	66	75

4.3.5 Couvert de glace



L'évolution des types particuliers de problèmes que pose l'action de la glace pour l'infrastructure du port de Matane est fort complexe et certaines de ces raisons sont présentées ci-après :

- Un affaiblissement du couvert de glace (glace de mer et de rive) pourrait favoriser la dérive de plaques de glace près des structures (Bernier et coll., 2016) et la hausse du niveau moyen de l'eau pourrait causer la dérive et l'empilement de ces plaques de glace plus haut et plus loin dans les terres, causant des dommages à des sols ou à des structures auparavant hors de portée ;
- Avec la hausse du niveau de la mer, le phénomène de formation du pied de glace (glace à même la surface et dans le sol) pourrait s'étendre vers l'intérieur des terres ;
- « Les conditions de glace dépendent non seulement de la température, mais également du vent, de la marée, des courants océaniques et de la présence de glace des années antérieures. La littérature identifie plusieurs indicateurs en lien avec le régime de glace dont 1) la concentration de glace ; 2) le mouvement des glaces ; et 3) le cycle de gel et dégel (nombre de jours où la température maximale est supérieure à 0 °C et la température minimale inférieure à 0 °C). » (Comtois et coll., 2020).

Afin de pouvoir évaluer un score de probabilité, deux contextes sont à prendre en compte selon les répercussions possibles sur les infrastructures: l'englacement (glace fixe) et les glaces mobiles qui peuvent s'empiler et exercer de la pression sur les infrastructures.

4.3.5.1 Englacement

Le document synthèse d'Ouranos (2015) stipule : « Pour le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent, on projette un englacement plus tardif de l'ordre de 10 à 20 jours, tandis que la fonte des glaces pourrait être devancée de 20 à 30 jours pour 2041-2070 par rapport à la période 1982-2011. De plus, la concentration de glace maximale annuelle est appelée à diminuer de 67 % dans cette région. »

L'indicateur *indice de gel* du portail d'Ouranos a été utilisé afin de représenter l'aléa « englacement ». Cet indicateur est défini ainsi par le portail : « Un degré-jour de gel est la différence, en °C, entre la température quotidienne moyenne et un seuil de 0 °C. Par exemple, si la température moyenne quotidienne est de -5 °C, le nombre de degrés-jours de gel pour cette journée est égal à 5. » Les valeurs de référence de 1991-2020 et les changements projetés aux périodes 2041-2070 et 2071-2100 sont présentés au tableau 22.

Les projections suggèrent une diminution dans cet indicateur pour la période de 2041-2070. L'incertitude va d'une diminution de 523 DJG (10e centile du scénario SSP3-7.0, correspondant à une diminution de 48 % par rapport à la valeur de référence) à une diminution de 218 DJG (90e centile du scénario SSP2-4.5, correspondant à une diminution de 20 % par rapport à la valeur de référence). Cela conduit à un **score de P2**.

Les projections suggèrent une diminution dans cet indicateur pour la période de 2071-2100. L'incertitude va d'une diminution de 759 DJG (10e centile du scénario SSP3-7.0, correspondant à une diminution de 70 % par rapport à la valeur de référence) à une diminution de 371 DJG (90e centile du scénario SSP2-4.5, correspondant à une diminution de 34 % par rapport à la valeur de référence de 1 529 jours). Cela conduit à un intervalle de scores allant de **P1 à P2**.

Tableau 22 : Degrés-jours de gel (DJG)

Moyenne (T) pour 1991-2020 (°C)	Changements (ΔT) projetés			
	Trajectoire de GES	Centile parmi les 14 simulations	ΔT (°C) 2041-2070	ΔT (°C) 2071-2100
1 083	SSP3-7.0	90e	-273	-538
		50e	-375	-573
		10e	**-523**	**-759**
	SSP2-4.5	90e	**-218**	**-371**
		50e	-304	-446
		10e	-509	-642

4.3.5.2 Glaces mobiles

En l'absence d'indications plus précises à l'égard de l'évolution future du complexe de glace dans l'estuaire bordant le site à l'étude, le score de probabilité pour la période future est considéré comme non déterminé (n. d.) pour la présente évaluation.

4.3.6 Couvert de neige

Les portails web de données climatiques (*ClimateAtlas.ca* ; *Donneesclimatiques.ca* ; *Portraits climatiques* d'Ouranos) ne contiennent aucun indicateur relié aux projections du couvert de neige.

Selon les extraits suivants tirés de la synthèse d'Ouranos (2015) :

– « Le Québec connaît une tendance au réchauffement des températures et à l'augmentation des précipitations durant la saison froide. La façon dont le couvert de neige réagira aux tendances de ces deux variables variera selon les régions en fonction de l'altitude, du régime climatique, du type de surface et de la végétation. »
– « Une évaluation préliminaire des projections des modèles climatiques de l'ensemble CMIP5 basées sur le scénario RCP8.5 suggère une réduction de la durée de l'enneigement pour la période 2041-2070 par rapport à la moyenne de 1970-1999. Les réductions médianes atteignent jusqu'à 25 jours dans le Nord-du-Québec, 25 à 45 jours dans le Centre, 45 à 75 jours pour le golfe du Saint-Laurent et 45 à 65 jours pour le sud du Québec. »

Le chapitre 5 du *Rapport sur le climat changeant du Canada* par Bush et Lemmen (2019) mentionne également : « Les changements projetés de l'équivalent en eau de neige saisonnier maximal (l'EEN_{max}) indiquent que les réductions seront considérables (de 5 % à 10 % par décennie jusqu'en 2050, ou une perte cumulative de 15 % à 30 % sur toute la période de 2020 à 2050) dans une grande partie du sud du Canada […] ». La figure 13 tirée de l'extrait précédent représente la tendance projetée de l'équivalent en eau de la neige maximale entre 2020 à 2050.

De plus, le dernier rapport du GIEC (2021) abonde dans le même sens : l'effet de la hausse des températures hivernales, qui favorisera les précipitations liquides aux dépens des précipitations glacées et fera fondre la neige au sol davantage, devrait de manière générale l'emporter sur l'effet de la hausse des précipitations hivernales, ce qui résulterait en une diminution de la moyenne de l'épaisseur maximale de neige au cours du 21e siècle pour l'Amérique du Nord (et à l'exception des latitudes arctiques). Cependant, la variabilité interannuelle demeurera élevée et des bordées de neige pourraient encore se traduire, certaines années, par des épaisseurs élevées du couvert de neige.

Malgré l'absence d'indicateurs publiquement disponibles et présentant une résolution suffisante pour permettre d'évaluer quantitativement (en probabilité ou en intensité) les changements liés au couvert de neige au sol pour la région de Matane, un intervalle de scores de probabilité allant de **P1 à P2** est attribué à cet aléa, afin de refléter les considérations scientifiques générales actuelles pour la zone d'étude.

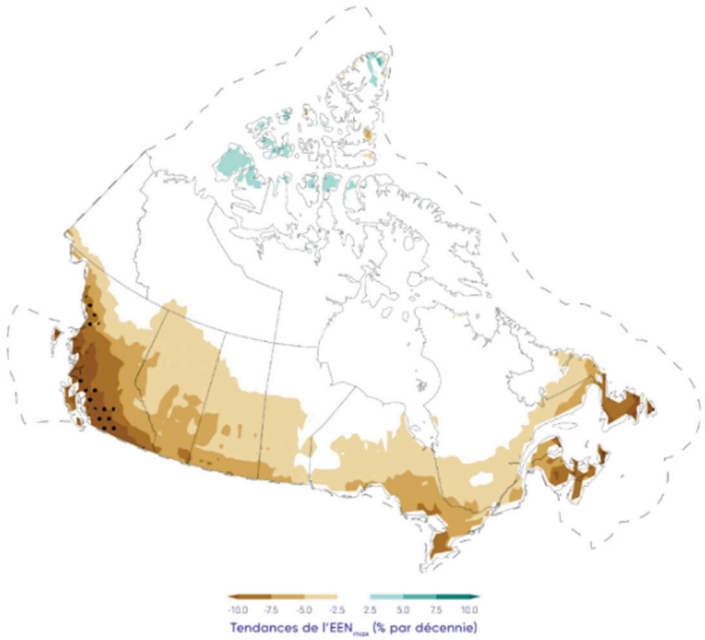


Figure 13 : Tendance de l'équivalent en eau de la neige maximale en % par décennie

4.3.7 Vents forts

4.3.7.1 Rafales de 70+ km/h

Les portails web de données climatiques (*ClimateAtlas.ca* ; *Donneesclimatiques.ca* ; *Portraits climatiques* d'Ouranos) ne contiennent aucun indicateur correspondant à des projections pour les vents.

Les documents de synthèse des connaissances des centres de services climatiques (Ouranos, 2015 ; Bush et Lemmen, 2019) ne présentent pas de recommandations pouvant guider la prise en compte de l'évolution future des statistiques liées aux vents dans les évaluations de résilience climatique.

Le degré de confiance des climatologues à l'égard des projections pour les vents forts est généralement très limité. La raison générale en est que les vents forts sont souvent liés à des phénomènes météorologiques difficiles à modéliser, et ce, même pour le climat historique. En particulier, plusieurs aspects du cycle de vie des tempêtes (formation, intensification et déclin) ne sont pas complètement compris par les climatologues et les modèles numériques du climat présentent des difficultés avec le positionnement des trajectoires de tempêtes (Ouranos, 2015).

Dans ce contexte, l'étude de Cheng et coll. (2014) est utilisée pour attribuer un score de probabilité à l'aléa « vents forts ». L'indicateur utilisé est « nombre de journées avec vitesse maximale du vent atteignant ou dépassant le seuil de 70 km/h ». Ce seuil est l'un des seuils utilisés comme critère de lancement d'un avertissement de vents forts par ECCC. L'étude de Cheng et coll. (2014) divise le Canada en régions correspondant à différents régimes de rafales de vent et le port de Matane est compris dans la région étiquetée A1. Les projections pour les vents forts dans la région A1 de Cheng et coll. (2014) sont basées sur les données de sept stations météorologiques (Mont-Joli, Moncton, Halifax, Sydney, Shearwater, Greenwood, Yarmouth) ainsi que sur un ensemble de simulations issues de huit modèles numériques du climat et couvrant deux scénarios d'émissions de GES (nommés A2 et B1 et datant d'avant l'adoption des *Representative concentration pathways* [RCP] par la communauté scientifique). Les projections du « nombre de journées avec vitesse maximale du vent atteignant ou dépassant le seuil de 70 km/h » pour la région A1 correspondent à des changements de l'ordre de +8% à +14 % entre 1961-2000 et 2046-2065 et à des changements de l'ordre de +5 à +17 % entre 1961-2000 et 2081-2100. Retenant l'horizon 2081-2100, l'intervalle de **scores P3-P4** est attribué à cet aléa. Il est à noter que ces projections correspondent à l'année entière (plutôt qu'à une saison particulière).

Il convient de souligner que le score de probabilité pour l'indicateur sélectionné est basé sur les résultats d'une seule étude divisant le Canada en zones très vastes et que d'éventuelles méta-analyses pourraient mener à l'attribution d'un score différent pour le port de Matane.

4.3.7.2 Tempête tropicale

Le dernier rapport du GIEC (2021) mentionne :

– « Il est probable que la proportion de cyclones tropicaux intenses a augmenté au cours des quatre dernières décennies et que la variabilité naturelle ne peut expliquer entièrement cette tendance. Les changements observés récemment concernant le nombre total de cyclones extratropicaux dans les deux hémisphères bénéficient d'un degré de confiance faible. La proportion de cyclones tropicaux intenses devrait augmenter (degré de confiance élevé), mais le nombre total de cyclones tropicaux dans le monde devrait diminuer ou rester inchangé (degré de confiance moyen). »

– « L'intensité moyenne et maximale des pluies associées aux cyclones tropicaux et extratropicaux, aux rivières atmosphériques et aux violentes tempêtes convectives augmentera donc également avec le réchauffement futur (degré de confiance élevé). Dans certaines régions, l'intensité maximale des précipitations des cyclones tropicaux augmentera de plus de 7 % par °C de réchauffement en raison de la convergence accrue de l'humidité à basse altitude causée par l'intensification des vents (degré de confiance moyen). »

– « Il est estimé avec un degré de confiance élevé que la vitesse moyenne des vents de pointe liés aux cyclones tropicaux et la proportion de cyclones de catégorie 4 ou 5 augmenteront avec le réchauffement et que les vents maximaux accompagnant les systèmes les plus intenses augmenteront »

D'après l'article de Choi et coll. (2024), les vagues de chaleurs marines, devenues plus fréquentes et intenses avec le réchauffement climatique, renforcent significativement l'intensité des cyclones tropicaux. Il a été démontré que leur force maximale augmente de 35,4 % et qu'ils entraînent également plus de précipitations autour du centre des cyclones.

En conclusion, les récentes études confirment que les cyclones tropicaux s'intensifient, avec des vents plus forts et plus de précipitations, notamment à cause de l'élévation de la température des océans. Cette chaleur accrue permet aux tempêtes remontant vers l'est du Canada de maintenir leur force sur une plus grande distance. Cependant, la prédiction d'une augmentation du nombre de ces tempêtes est compliquée par des facteurs comme le cisaillement du vent, qui peut empêcher leur formation. L'évolution future du régime de tempêtes tropicales dans l'est du Canada est incertaine, un score de probabilité n.d. est alors attribué.

4.3.8 Ondes et vagues de tempêtes

Les portails web de données climatiques (*ClimateAtlas.ca* ; *Donneesclimatiques.ca* ; *Portraits climatiques* d'Ouranos) ne contiennent aucun indicateur correspondant à des projections pour les surcotes et vagues.

Les ondes de tempête, qui entraînent le phénomène de surcote (élévation temporaire du niveau d'eau par rapport à la marée prédite) ainsi que les vagues, sont associées au passage de dépressions ou de tempêtes (systèmes de basses pressions atmosphériques). Les vents associés à ces tempêtes s'intensifient à mesure que la pression atmosphérique diminue, ce qui peut générer de puissantes vagues. De plus, la trajectoire des tempêtes déterminera les régions les plus à risque au phénomène de surcote.

D'après la synthèse du rapport du GIEC (2021) : « La probabilité d'inondations composites (surcote marine due à une onde de tempête, pluies extrêmes et/ou débit fluvial extrême) a augmenté à certains endroits et continuera d'augmenter à cause de l'élévation du niveau de la mer et de l'augmentation des fortes précipitations, y compris les changements d'intensité des précipitations qui accompagnent les cyclones tropicaux (degré de confiance élevé) ».

De plus dans la synthèse d'Ouranos (2015), il est mentionné : « Dans le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent, les changements climatiques vont globalement augmenter les risques de submersion des terres basses. […] Les infrastructures de transports terrestres et maritimes, comme les ports, les routes côtières et de nombreux bâtiments commerciaux (hôtels, restaurants, etc.) et gouvernementaux, seront exposées à plus de vagues de tempêtes à la suite de la réduction de 90 % du volume des glaces marines et côtières d'ici 2100. Les surcotes et les niveaux extrêmes, de plus en plus élevés, permettront aux vagues de tempêtes de déferler plus haut sur la côte et avec plus d'énergie, augmentant ainsi leur impact sur les infrastructures côtières et sur l'érosion de berges friables. »

En l'absence de résultats d'études publiques pour Matane, les données réalisées par les ingénieurs de Lasalle | NHC et présentée à la section 3.1.3.1 et 3.1.3.2 seront utilisées pour anticiper l'évolution future liée aux surcotes et aux vagues en termes de hauteur et périodes de retour pour le site du port de Matane. De plus, l'évolution du couvert de glace étant projeté à la baisse d'ici 2100 et le niveau de la mer étant projeté à la hausse, le risque de surcote et vagues pourrait s'accroître, notamment durant l'hiver. Un score de probabilité pour les surcotes et vagues de **P3 à P4** est attribué pour la présente évaluation.

4.3.9 Chaleur extrême

Pour la composante « Humains (employés et usagers) », l'indicateur « nombre annuel de jours de vague de chaleur » du portail web *Portraits climatiques* d'Ouranos a été utilisé afin de représenter l'aléa « chaleur extrême ». Cet indicateur correspond aux nombres de jours (J) où la température est au-dessus d'un certain seuil pour lesquels T_{max} > 31 °C et T_{min} > 16 °C, suivant la recommandation de l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) pour la région sociosanitaire du Bas-Saint-Laurent. Les valeurs de référence et les changements projetés de 1991-2020 aux périodes 2041-2070 et 2071-2100 sont présentés dans le tableau 23. Les projections suggèrent une augmentation substantielle pour cet indicateur ainsi qu'un score de probabilité de **P4 à P5**.

Il est à noter que les valeurs de température présentées dans cette section concernent des points de grille dont la résolution ne permet pas de prendre en compte les phénomènes de rafraîchissement lié à l'eau de la Rivière-Matane ou de réchauffement lié aux surfaces minéralisées (de telles modulations sont très localisées et peuvent dépendre d'autres variables météorologiques).

Pour la composante « matériel » l'indicateur « nombre de jours très chauds » du portail web *Portraits climatiques* d'Ouranos a été utilisé afin de représenter le nombre de jours annuel > 32° et est représenté au tableau 24. Les projections suggèrent une augmentation substantielle pour cet indicateur ainsi qu'un score de probabilité de **P4 à P5**.

Tableau 23 : Nombre annuel de jours de vague de chaleur

Moyenne (J) pour 1991-2020	Changements (ΔJ) projetés			
	Trajectoire de GES	Centile parmi les 14 simulations	2041-2070	2071-2100
0,1	SSP3-7.0	90e	+1,4	**+7,3**
		50e	+0,4	+2,5
		10e	+0,2	+0,7
	SSP2-4.5	90e	**+1,6**	+2,3
		50e	+0,5	+0,8
		10e	**+0,1**	**+0,1**

Tableau 24 : Nombre de jours très chauds

Moyenne (T) pour 1991-2020 (°C)	Changements (ΔT) (°C) projetés			
	Trajectoire de GES	Centile parmi les 14 simulations	2041-2070	2071-2100
0,2	SSP3-7.0	90e	**+2,4**	**+9,1**
		50e	+1,0	+3,5
		10e	+0,5	+1,3
	SSP2-4.5	90e	+2,2	+3,7
		50e	+0,8	+1,4
		10e	**+0,3**	**+0,4**

4.3.10 Brouillard

Les portails web de données climatiques (*ClimateAtlas.ca* ; *Donneesclimatiques.ca* ; *Portraits climatiques* d'Ouranos) ne contiennent aucun indicateur relié à des projections pour le brouillard.

Les documents de synthèse des connaissances des centres de services climatiques (Ouranos, 2015 ; Bush et Lemmen, 2019) ne contiennent aucune occurrence du mot « brouillard » (*fog*). Le rapport de Comtois et coll. (2020) mentionne : « La littérature sur la dynamique du brouillard et de la brume dans le système Saint Laurent est limitée. Le brouillard n'est pas dominant durant tous les mois de l'année.

Les conditions de brouillard sont surtout observées en novembre, décembre et mars. Les conditions atmosphériques et la couverture de glace de l'automne et du printemps favorisent la présence de brouillard (Toth et al., 2010 ; GCC, 2012). Par ailleurs, plusieurs segments du système Saint-Laurent sont marqués par la formation de brouillard sur de longues périodes en raison d'étés plus chauds ».

Dans ce contexte, le score de probabilité pour le brouillard est considéré comme non déterminé **(n. d.)** pour la présente évaluation.

4.3.11 Verglas

4.3.11.1 Épisodes intenses

Le portail Web de données climatiques *Portraits climatiques* d'Ouranos contient un indicateur nommé « Épisodes intenses de pluie verglaçante ». Cet indicateur décrit le nombre annuel d'épisodes avec au moins 10 mm de pluie verglaçante. Les valeurs de référence et les changements projetés de 1981-2010 à 2071-2100 sont présentés dans le tableau 25 pour la période annuelle.

– Un intervalle d'incertitude majeure d'épisodes avec au moins 10 mm de pluie verglaçante est attendu pour la période 2041-2070 avec une incertitude des projections allant d'une augmentation de 0,17 épisode (pour SSP3-7.0, 90e percentile) à une diminution de -0,16 épisode (pour SSP3-7.0, 10e percentile) soit de +100 % à -100% respectivement. Sur la base de cette information, un score de probabilité de P1 à P5 est considéré dans le cadre de la présente étude reflétant une incertitude majeure de l'indicateur.

– Un intervalle d'incertitude majeure d'épisodes avec au moins 10 mm de pluie verglaçante est attendu pour la période 2071-2100 avec une incertitude des projections allant d'une augmentation de 0,31 épisode (pour SSP3-7.0, 90e percentile) à une diminution de -0,16 épisode (pour SSP3-7.0, 10e percentile) soit de +193 % à -100% respectivement. Sur la base de cette information, un score de probabilité de P1 à P5 est considéré dans le cadre de la présente étude reflétant une incertitude majeure de l'indicateur.

Tableau 25 : Épisodes de verglas ≥10 mm annuels à Matane

Moyenne pour 1991-2020 (nombre d'épisodes)	Changement (Δ) projeté de 1981-2010 à		2041-2070	2071-2100
	Trajectoire de GES	Centile parmi les 14 simulations	Δ (épisodes)	Δ (épisodes)
0,16	SSP3-7.0	90e	+0,06	-0,02
		50e	-0,09	-0,15
		10e	**-0,16**	**-0,16**
	SSP2-4.5	90e	**+0,17**	**+0,31**
		50e	-0,10	-0,08
		10e	-0,16	-0,16

4.3.11.2 Épisodes de longue durée

Le portail Web de données climatiques *Portraits climatiques* d'Ouranos contient également un indicateur nommé « Épisodes de pluie verglaçante de longue durée » qui décrit le nombre annuel d'épisodes de pluie verglaçante de longue durée (>=6h). Les valeurs de référence et les changements projetés de 1981-2010 à 2071-2100 sont présentés dans le tableau 26 pour la période annuelle.

– Des changements d'épisodes ≥6h de pluie verglaçante sont attendues pour la période 2041-2070 avec une incertitude des projections allant d'une augmentation de 0,7 épisode (pour SSP2-4.5, 90e percentile) à une diminution de 0.8 épisode (pour SSP3-7.0, 10e percentile) soit de +58 % à -67% respectivement. Il est à noter que les deux scénarios d'émissions sont identiques.

– Des changements d'épisodes ≥6h de pluie verglaçante sont attendues pour la période 2041-2070 avec une incertitude des projections allant d'une augmentation de 1 épisode (pour SSP2-4.5, 90e percentile) à une diminution de 1,1 épisode (pour SSP3-7.0, 10e percentile) soit de +83 % à -83% respectivement.

Sur la base de cette information, un score de probabilité de **P1 à P5** est considéré dans le cadre de la présente étude.

Tableau 26 : Épisodes de verglas ≥6 annuel à Matane

Moyenne pour 1991-2020 (nombre d'épisodes)	Changement (Δ) projeté de 1981-2010		2041-2070	2071-2100
	Trajectoire de GES	Centile parmi les 14 simulations	Δ (épisodes)	Δ (épisodes)
1,2	SSP3-7.0	90e	+0,7	0,0
		50e	-0,6	-0,9
		10e	**-0,8**	**-1,1**
	SSP2-4.5	90e	**+0,7**	**+1,0**
		50e	-0,6	-0,6
		10e	-0,8	-0,9

4.3.12 Foudre

Les portails web de données climatiques (*ClimateAtlas.ca* ; *Donneesclimatiques.ca* ; *Portraits climatiques* d'Ouranos) ne contiennent aucun indicateur correspondant à des projections pour la foudre.

Les documents de synthèse des connaissances des centres de services climatiques (Ouranos, 2015 ; Bush et Lemmen, 2019) ne présentent pas de recommandations pouvant guider la prise en compte de l'évolution future des statistiques liées à la foudre dans les évaluations de résilience climatique. Certains des énoncés de la synthèse d'Ouranos (2015) concernant la foudre et les orages sont les suivants :

– « Il n'est pas encore possible de se prononcer sur le comportement de la foudre en climat futur. En effet, les connaissances sur plusieurs processus sont encore limitées et leur prise en compte dans les modèles climatiques doit être grandement améliorée. De plus, les aérosols influencent la formation de la foudre, mais le niveau de confiance est très faible quant à leur évolution. »
– « L'état actuel des connaissances sur la foudre et le verglas ne permet pas encore d'effectuer des projections pour ces phénomènes. En ce qui a trait aux orages, quelques études préliminaires laissent entrevoir une hausse de leur fréquence et de leur intensité au fur et à mesure que l'on s'approche de l'année 2100 sans toutefois pouvoir établir un niveau de confiance dans ces projections […]. »

Afin de quantifier l'évolution de la foudre, une indication générale tirée de l'article de Romps et coll. (2014) est utilisée, soit une augmentation projetée de l'ordre de 12 ± 5 % par °C de réchauffement global pour le taux d'éclairs (nombre d'éclairs nuage-sol par km^2 par heure). Cette valeur a été obtenue pour les États-Unis. Elle est utilisée dans le cadre de la présente évaluation étant donné l'absence de projections pour la région de Matane.

Avec cette approche, l'estimation des changements futurs dans le taux d'éclairs passe par l'estimation des changements futurs dans la température, en appliquant l'équation suivante :

$$\frac{Éclairs_{fut}}{Éclairs_{his}} = (1+p)^{\Delta T} \qquad \text{(équation 3)}$$

où :

Éclairs$_{fut}$ / Éclairs$_{his}$ est le ratio entre les taux d'éclairs des périodes future et passée

p est le paramètre spécifié par Romps et coll. (2014) et égal à 0,12 ± 0,05

$^{\Delta T}$ est le changement de température projeté, en °C

Les résultats de l'application de l'équation 3 sont présentés dans le tableau 27, pour lequel :

– Chaque rangée correspond à une projection plausible pour les températures moyennes ; l'ensemble des rangées permet de couvrir l'incertitude climatique (voir la section 4.3.1, d'où sont issues les valeurs de la colonne « $^{\Delta T}$ ») ;

– Les 4e, 5e et 6e colonnes représentent la valeur centrale ainsi que l'intervalle de confiance pour le facteur de mise à l'échelle $(1+p)^{\Delta T}$; il est à noter que les valeurs pour Éclairs$_{his}$ et Éclairs$_{fut}$ ne sont pas requises dans le cadre de la présente évaluation, puisque le score de probabilité est basé sur le changement, exprimé ici par le facteur de mise à l'échelle.

L'ensemble des facteurs du tableau 28 reflètent l'incertitude sur l'ampleur du réchauffement climatique local ainsi que sur le paramètre spécifié par Romps et coll. (2014). Dans le présent cas, pour la période de 2041-2070 le plus bas facteur de mise à l'échelle (rangée SSP2-4.5 – 10e centile et colonne « limite basse ») indique une augmentation de 9 % et le plus haut facteur de mise à l'échelle (rangée SSP3-7.0 – 90e centile et colonne « limite haute ») indique une augmentation de 71 %, conduisant à l'intervalle de scores allant de P3 à P5.

Pour la période de 2071-2100 le plus bas facteur de mise à l'échelle (rangée SSP2-4.5 – 10e centile et colonne « limite basse ») indique une augmentation de 17 % et le plus haut facteur de mise à l'échelle (rangée SSP3-7.0 – 90e centile et colonne « limite haute ») indique une augmentation de 141 %, conduisant à l'intervalle de scores allant de **P4 à P5**.

Il est à noter que les facteurs de mise à l'échelle utilisés dans le cadre de la présente évaluation sont plus élevés que les facteurs indiqués par Romps et coll. (2014), puisque les simulations climatiques projettent généralement de plus forts réchauffements sur les continents que pour l'échelle globale.

Tableau 27 : Évolution projetée pour le taux d'éclairs pour 2041-2070

Trajectoire de GES	Centile dans l'ensemble des simulations	Changement (ΔT) de 1991-2020 à 2041-2070 (°C)	Facteur de mise à l'échelle		
			Limite basse ($1.07^{\Delta T}$)	Valeur centrale ($1.12^{\Delta T}$)	Limite haute ($1.17^{\Delta T}$)
SSP3-7.0	90^{e}	+6,77	1,26	1,47	**1,71**
	50^{e}	+5,92	1,18	1,33	1,48
	10^{e}	+4,00	1,12	1,21	1,31
SSP2-4.5	90^{e}	+3,94	1,25	1,45	1,68
	50^{e}	+3,04	1,14	1,25	1,37
	10^{e}	+1,77	**1,09**	1,16	1,23

Tableau 28 : Évolution projetée pour le taux d'éclairs pour 2071-2100

Trajectoire de GES	Centile dans l'ensemble des simulations	Changement (ΔT) de 1989-2020 à 2071-2100 (°C)	Facteur de mise à l'échelle		
			Limite basse ($1.07^{\Delta T}$)	Valeur centrale ($1.12^{\Delta T}$)	Limite haute ($1.17^{\Delta T}$)
SSP3-7.0	90e	**+6,77**	1,46	1,89	**2,41**
	50e	+5,92	1,33	1,61	1,93
	10e	+4,00	1,28	1,50	1,76
SSP2-4.5	90e	+3,94	1,38	1,72	2,12
	50e	+3,04	1,21	1,37	1,55
	10e	**+1,77**	**1,17**	1,30	1,43

4.3.13 Cycles de gel/dégel

Le portail Web de données climatiques *Portraits climatiques* d'Ouranos contient un indicateur nommé « Nombre annuel d'événements de gel-dégel ». Cet indicateur décrit un événement quotidien de gel-dégel qui survient quand, dans une période de 24 heures, la température minimale est inférieure à 0 °C et la température maximale est supérieure à 0 °C. Les valeurs de référence et les changements projetés de 1991-2020 à 2071-2100 sont présentés dans le tableau 29 pour la période annuelle et le tableau 30 pour la période hivernale. Globalement, il est prévu une légère baisse des événements de gel-dégel d'ici la fin du siècle, avec une diminution marquée durant l'automne et le printemps, mais une hausse de ces phénomènes est attendue en hiver.

Pour la période annuelle, l'incertitude des projections va d'une augmentation de +6 jours (pour SSP3-7.0, 90e percentile) à une diminution inférieure à 4 jours (pour SSP3-7.0, 10e percentile) que cela soit pour la période de 2041-2070 et 2071-2100. Sur la base de cette information, un score de probabilité de P3 est considéré dans le cadre de la présente étude.

Pour la période hivernale, une augmentation des projections de + 3,9 jours à + 11,7 jours (pour SSP2-4.5, 10e percentile et 90e percentile respectivement) est prévue pour la période 2041-2070. Une augmentation des projections de + 7,0 jours à + 20,0 jours (pour SSP2-4.5, 10e percentile et pour SSP3-7.0, 90e percentile respectivement) est prévue pour la période 2071-2100. Un score de probabilité de **P5** est considéré dans le cadre de la présente étude.

Tableau 29 : Événements de gel-dégel annuel à Matane

Moyenne (T) pour 1991-2020 (°C)	Changements Δ (jours) projetés			
	Trajectoire de GES	Centile parmi les 14 simulations	2041-2070	2071-2100
65,1	SSP3-7.0	90e	**+6,5**	**+6,7**
		50e	+0,7	-0,1
		10e	**-4,5**	**-6,0**
	SSP2-4.5	90e	+6,5	+6,4
		50e	+0,9	+1,1
		10e	-3,5	-4,3

Tableau 30 : Événements de gel-dégel hivernal à Matane

Moyenne (T) pour 1991-2020 (°C)	Changements Δ (jours) projetés			
	Trajectoire de GES	Centile parmi les 14 simulations	2041-2070	2071-2100
13,4	SSP3-7.0	90e	+11,4	**+20,0**
		50e	+8,3	+14,2
		10e	+5,2	+9,9
	SSP2-4.5	90e	**+11,7**	+14,7
		50e	+7,6	+10,1
		10e	**+3,9**	**+7,0**



5 Sensibilités et risques

5.1 Critères d’attribution des scores de sensibilité et de risque

Les scores de sensibilité des composantes face aux aléas climatiques ont été attribués indépendamment des scores de probabilité des aléas. L’échelle utilisée pour les scores de sensibilité est présentée dans le tableau 31. Les qualificatifs allant de « très bas » (pour le score S1) à « très élevé » (pour le score S5) sont repris du CVIIP (2021). Des critères généraux ont été développés pour complémenter les qualificatifs du CVIIP, avec pour objectif d’uniformiser autant que possible l’attribution des scores. Ces critères couvrent deux catégories distinctes de sensibilité, la première correspondant aux dommages physiques (DP) relatifs à la composante et la deuxième correspondant aux contraintes opérationnelles (CO) relatives à la composante. Les scores attribués doivent être interprétés comme des jugements provisoires, la portée du mandat ne permettant pas de rassembler tous les détails factuels et tous les avis d’experts qui seraient nécessaires à une éventuelle attribution de scores plus intersubjectifs et plus définitifs. De plus, afin d’évaluer la sensibilité de certaines composantes, les données de la section 3.1 ont été utilisées.

Tableau 31 : Critères d'attribution des scores de sensibilité

Score de sensibilité	Qualificatif du CVIIP	Dommages physiques (DP)	Contraintes opérationnelles (CO)
S5	Très élevé	Dommages irréparables ou destruction de la composante Défaillance effective et complète Composante ne pouvant plus jouer son rôle	Accès à la composante quasiment impossible Travail d'entretien quasiment impossible
S4	Élevé	Dommages majeurs réparables Dégradation fortement accélérée Défaillance potentielle	Accès à la composante fortement limité Travail d'entretien fortement entravé Gestion d'opérations supplémentaires
S3	Modéré	Dommages mineurs réparables Dégradation accélérée Dysfonctionnement	Accès à la composante limité Travail d'entretien ralenti Gestion d'opérations supplémentaires
S2	Faible	Dommages superficiels Fonctionnement sous-optimal	Aucun problème d'accès Travail d'entretien ralenti Gestion d'opérations supplémentaires
S1	Très faible	Aucun dommage à la composante Aucun problème de fonctionnement	Aucun problème d'accès Aucune entrave au travail d'entretien

5.2 Attribution des scores de sensibilité

Les tableaux 32 à 40 correspondent aux fiches de sensibilité. Chaque fiche concerne une composante et contient les scores de sensibilité face aux aléas correspondants (suivant la sélection de la section 3.3). Ces fiches de sensibilité contiennent quelques notes factuelles ainsi que des extraits du rapport de Lasalle | NHC (2024), afin de décrire au mieux la composante (également présentée à la section 3.3.1) dans son état actuel (en noir). Elles incluent aussi des notes sur les réfections projetées (en vert) visant à limiter le score de sensibilité en fonction des informations disponibles au moment de la rédaction du rapport. Une ou plusieurs images illustrant la composante ont également été ajoutées pour en faciliter la compréhension.

Les fiches 32 à 39 traitent de la réfection ou de la reconstruction des segments du brise-lames ouest, principalement des enrochements, alors que la fiche 40 porte sur les infrastructures projetées des deux nouveaux quais, du côté du havre. L'évaluation de la sensibilité de la fiche 40 est donc réalisée sur des éléments non existants, mais suggérés par le Consortium Norda Stelo-Englobe (2025a) dans l'étude d'impact sur l'environnement. La variante 4 – configuration B17 prend en considération les besoins, les critères de sélection et les aléas climatiques dans sa conception. La fiche de risque sert d'outil récapitulatif des risques qui demeurent présents, malgré la conception adéquate des quais.

Les niveaux d'eau extrêmes et les hauteurs des vagues proviennent du rapport de Lasalle | NHC (2024), alors que la hausse du niveau de la mer utilisée pour évaluer la sensibilité de certaines composantes s'appuie sur les données de l'OCANEE (MPO, 2024) présentées à la section 4.3.2. Cette élévation, plus élevée que celle étudiée dans le rapport de Lasalle | NHC (2024), représente donc un scénario extrême. De plus, bien que l'horizon 2100 ait été pris en compte dans cette évaluation pour offrir une vue d'ensemble, il est important de noter que tel que souligné dans les réponses aux questions du rapport Lasalle | NHC 2024, les études actuelles ne permettent pas de déterminer précisément les changements futurs du régime des vents et des vagues, ni leur effet sur les sollicitations moyennes ou extrêmes. Le score de sensibilité s'appuie principalement sur les projections pour 2070.

Sous ces éléments se trouve le résultat de l'évaluation. Pour chaque rangée, la colonne de gauche contient le nom de l'aléa, la colonne du centre contient le score de sensibilité attribué à la paire composante-aléa et la colonne de droite contient les éléments de justification pour le score. Le score attribué correspond au score le plus élevé entre celui pour « dommages physiques » (DP) et celui pour « contraintes opérationnelles » (CO).

Il est à noter que les scores de sensibilité sont attribués en considérant la situation a priori, c'est-à-dire en considérant les informations disponibles et les choix de conception envisagés au moment de l'évaluation. Pour chaque composante, les conséquences des opérations portuaires sont prises en compte. Les conséquences potentielles des paramètres climatiques et environnementaux peuvent se traduire par le ralentissement, l'interruption isolée ou encore l'arrêt généralisé des opérations.

5.2.1 Navigation

Tableau 32 : Fiche de sensibilité climatique pour la navigation

Description de la composante et / ou image générique
Extraits du rapport de Lasalle | NHC (2024): – 2.1.1 Bathymétrie et topographie : « Les profondeurs d'eau à l'intérieur du havre varient en moyenne entre 2 et 10 m. L'entrée du havre présente un chenal dont la profondeur est d'environ 10 m et dont celle-ci atteint également le quai commercial et la gare fluviale avec une réduction des profondeurs autour de 8 m à l'approche des quais. » – 2.6 Courantométrie : « L'intensité des courants demeure très faible (voir nulle) dans tout le havre de Matane en conditions actuelles et projetées, à l'exception de l'entrée du havre où les courants de marée sont relativement plus élevés. » – 2.7 Régime des glaces : « Le chariot rend la navigation très difficile pour rentrer et sortir du port. » – 5.1.2 Conditions d'agitation configuration existante : « lorsque les vents soufflent autour du secteur nord-est (NE) ou nord-ouest (NO) à des vitesses supérieures à 20-25 nœuds, la poussée du vent sur les navires devient un enjeu qui peut notamment empêcher les pilotes d'accoster au quai commercial. Dans ce contexte, le facteur limitant qui gouverne pour la navigation est alors le vent et non les vagues générées à l'intérieur du havre par ces mêmes vents. Il est à noter que les conditions de glaces peuvent également s'avérer un facteur limitant pour la navigation durant la saison froide. »



Source : SPBSG 2024a

Aléa	Score	Justification
Niveau de la mer	S1	**CO** : Complexification des manœuvres : entrée et sortie dans le havre de Matane difficile à cause des courants changeants [**Opérations** : navigation accoutumée aux courants variables dans cette zone]
Précipitations extrêmes	S2	**CO** : Complexification des manœuvres en raison d'une faible visibilité
Couvert de glace	S3	**CO** : Accès au port bloqué par les glaces en raison d'un effet de chariot (endommagement des navires possibles) + complexification des manœuvres entraînant un délai dans les opérations [**Opérations** : Recours aux brise-glaces de la garde côtière canadienne]
Vents forts	S4	**CO** : Complexification des manœuvres et vigilance accrue lors des déplacements sur le navire. Navigation dangereuse en cas de tempête et opérations annulées
Onde de tempête et vagues	S3	**CO** : Complexification des manœuvres et mouvement de la marchandise dans les navires. Formation d'embruns verglaçants sur le navire pouvant causer un déséquilibre. Navigation dangereuse et accès à la composante limité pour une période prolongée
Brouillard	S2	**CO** : Complexification des manœuvres en raison d'une faible visibilité en cas de mauvais éclairage

5.2.2 Humains

Tableau 33 : Fiche de sensibilité climatique pour les humains

Description de la composante et / ou image générique
Cette composante réfère aux travailleurs sur le site.



Source : Radio-Canada / Claude Côté

Aléa	Cote	Justification
Précipitations extrêmes	S2	**CO** : Visibilité faible et risque d'accident lors des opérations
Vents forts	S2	**CO** : Perte de balance possible et blessures en raison des objets soufflés par le vent
Onde de tempête et vagues	S2	**CO** : Déplacements difficiles en cas de débordement des vagues sur les différents segments, formation de plaque de glace sur les chemins (lors de la saison froide) et risques de projection de glaces et de débris sur les occupants
Chaleur extrême	S2	**CO** : Coup de chaleur ; déshydratation ; inconfort ; baisse de productivité des employés [**Opérations** : mesures d'atténuation prises par le département des ressources humaines en cas de canicule]
Brouillard	S2	**CO** : Visibilité faible à nulle ; risque d'accident lors des opérations si éclairage insuffisant
Verglas	S2	**CO** : Potentiel de chute sur des plaques de glace et blessures

5.2.3 Chemin d’accès, guérite, bureau (segments 1 à 2)

Tableau 34 : Fiche de sensibilité climatique pour le chemin d’accès, la guérite et le bureau

Description de la composante et image
Extraits et résumé du rapport de Lasalle | NHC (2024) lors de l’inspection visuelle du 10 octobre 2023 : – **4.3 Inspection visuelle 2023** : « […] Ce dernier a notamment évoqué les problématiques fréquentes liées au franchissement de la structure par les vagues qui déposent des débris sur le chemin d’accès et qui endommagent certaines infrastructures situées proches de l’enrochement (guérite de réception, bureau du maître de port, etc.). » – **4.3.1 Segment 1 (chemin d’accès)** « Les relevés topographiques indiquent quant à eux que la crête du revêtement se situe à une élévation approximative de **+6,5 m ZC**, soit environ 0,5 m plus bas que l’élévation d’origine. » – **Observations** : L'enrochement le long du chemin d'accès est constitué de pierres semi-anguleuses avec une masse variant de 0,5 à 7,0 tonnes. La majorité des pierres pèsent entre 1,0 et 3,5 tonnes, ce qui est inférieur aux spécifications originales (4,5 à 8,2 tonnes). La crête de l'enrochement est à +6,5 m ZC, environ 0,5 m plus bas que l'élévation originale. – **État** : Pas de déficiences majeures observées malgré des détériorations dues à l'âge et à l'exposition aux éléments. Une rangée de grosses pierres a été ajoutée le long de l'accotement du chemin, près de l'entrée du port. – **4.3.2 Segment 2 (Guérite et bureau)** « Les relevés terrestres indiquent que la crête conserve malgré tout une élévation approximative de **+6,5 m** ZC. » – **Observations :** L'enrochement est hétérogène avec des blocs en "Y" en crête et des pierres de lithologie différente devant le bureau du maître de port. La masse de ces pierres varie entre 3,5 et 12,5 tonnes. La crête est plus basse qu'aux autres endroits et des petites pierres sont visibles sur la surface. – **État** : Le profil transversal du revêtement a une pente légèrement adoucie à 2,2 H:1 V. Des débris et des pierres sont souvent projetés par-dessus l'enrochement durant les tempêtes, endommageant les infrastructures derrière

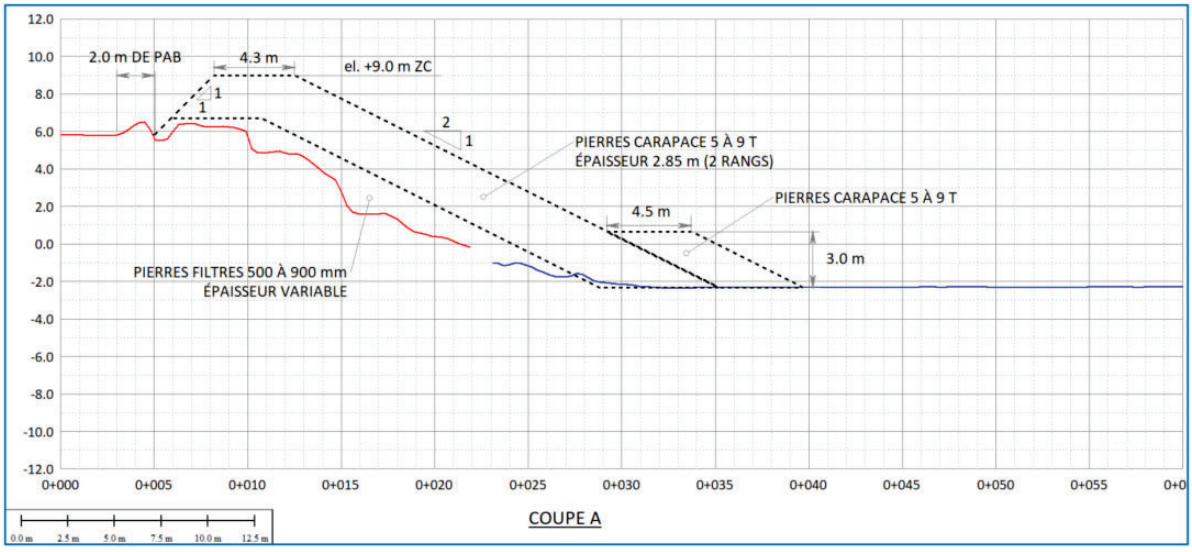


Figure 3-16 Coupe-type A recommandée pour la réfection de l’enrochement sur les segments 1 et 2

Source : rapport Lasalle | NHC (2024)

Aléa	Cote	Justification
Niveau de la mer	S1	**DP :** [**Conception** : rehaussement de la crête à +9 m ZC] 2070 (hausse du niveau de la mer de 0,47 m) : Niveau de l'eau extrême (retour aux 2 ans) + hausse du niveau de la mer 4,4 m + 0,47 m = 4,87 m 2100 (hausse du niveau de la mer de 1,10 m) : Niveau de l'eau extrême (retour aux 2 ans) + hausse du niveau de la mer 4,4 m + 1,10 m = 5,50 m Niveau de l'eau extrême (retour aux 100 ans) + hausse du niveau de la mer 4,94 m + 1,10 m = 6,04 m Rehaussement de la crête à +9 m ZC suffisant même dans le pire scénario **CO** : Aucune problématique identifiée
Acidification	S2	**DP** : [**Conception** : installation d'une butée au pied est prévue pour contrer l'affouillement] Dégradation des matériaux utilisés pour l'enrochement **CO** : Surveillance accrue de l'état des matériaux de l'enrochement
Couvert de glace	S2	**DP :** Possibilité d'empilement de blocs de glace surtout à marée haute. Détérioration des matériaux due aux forces de frictions, compressions, impacts des blocs glaces poussées par les vagues ou courants **CO :** Surveillance accrue de l'état des matériaux de l'enrochement
Vents forts	S2	**DP** : Endommagement du bureau et de la guérite en cas de vents de forces d'ouragans ou d'objets lourds propulsés dans les airs **CO :** Risque de blessures et impossibilité d'accéder aux composantes
Onde de tempêtes et vagues	S2	**DP :** [**Conception** : rehaussement de la crête à +9 m ZC] [**Conception** : - Pente transversale de 2 H : 1 V pour une meilleure stabilité de l'enrochement. - Le revêtement existant devrait être recouvert avec deux rangs de pierres de carapace sur les segments 1 et 2] 2070 (hausse du niveau de la mer de 0,47 m) : Niveau de l'eau extrême (retour aux 2 ans) + hausse du niveau de la mer + hauteur des vagues (retour 50 ans) : 4,4 m + 0,47 m + 2,5 m = 7,37 m Niveau de l'eau extrême (retour aux 100 ans) + hausse du niveau de la mer + hauteur des vagues (retour 100 ans et majoré) : 4,94 m + 0,47 m + 3,3 m = 8,71 m 2100 (hausse du niveau de la mer de 1,10 m) : Niveau de l'eau extrême (retour aux 2 ans) + hausse du niveau de la mer + hauteur des vagues (retour 50 ans) : 4,4 m + 1,10 m + 2,5 m = 8,0 m Niveau de l'eau extrême (retour aux 100 ans) + hausse du niveau de la mer + hauteur des vagues (retour 100 ans et majoré) : **4,94 m + 1,10 m + 3,3 m = 9,34 m** Hauteur de la crête suffisante pour limiter les dégâts en cas de surcote et vagues dans la majorité des scénarios. Franchissement des vagues possible en cas de rares tempêtes extrêmes produisant des vagues > 3 m associé avec une forte onde de tempêtes + hausse du niveau de la mer dépassant les 1 m d'ici 2100 **CO** : Nettoyage requis pour éliminer les débris en cas de dépassement et vérification des infrastructures proches de l'enrochement
Cycle de gel/dégel	S2	**DP** : Fissure et désagrégation progressive des pierres de l'enrochement entraînant un affaiblissement de la structure et augmentation des risques d'érosion. **CO :** Aucune problématique identifiée

5.2.4 Aire d'entreposage et entrepôt (segment 3)

Tableau 35 : Fiche de sensibilité climatique pour l'aire d'entreposage et l'entrepôt

Description de la composante et image
Extraits et résumé du rapport de Lasalle | NHC (2024) lors de l'inspection visuelle du 10 octobre 2023 : – **4.3.3 Segment 3 (Entrepôt)** : « Certains blocs ont subi de légers déplacements, mais le parement demeure contigu, avec une crête relativement uniforme à l'élévation **+7,0 m** ZC. Sans ces blocs, la crête de l'enrochement serait plutôt autour de +6,4 m ZC. » – **Observations** : L'état de l'enrochement est meilleur que dans les segments 1et 2, bien que les pierres ne soient pas optimales en termes d'enchevêtrement et de taille. Les pierres varient de 0,5 à 11 tonnes, avec une majorité entre 3 et 8 tonnes. – **État** : Présence d'une rangée de blocs en "Y" en crête sur toute la longueur du segment. La pente transversale est d'environ 2,1 H:1 V, et malgré quelques détériorations, il n'y a pas de déficiences majeures ou critiques.

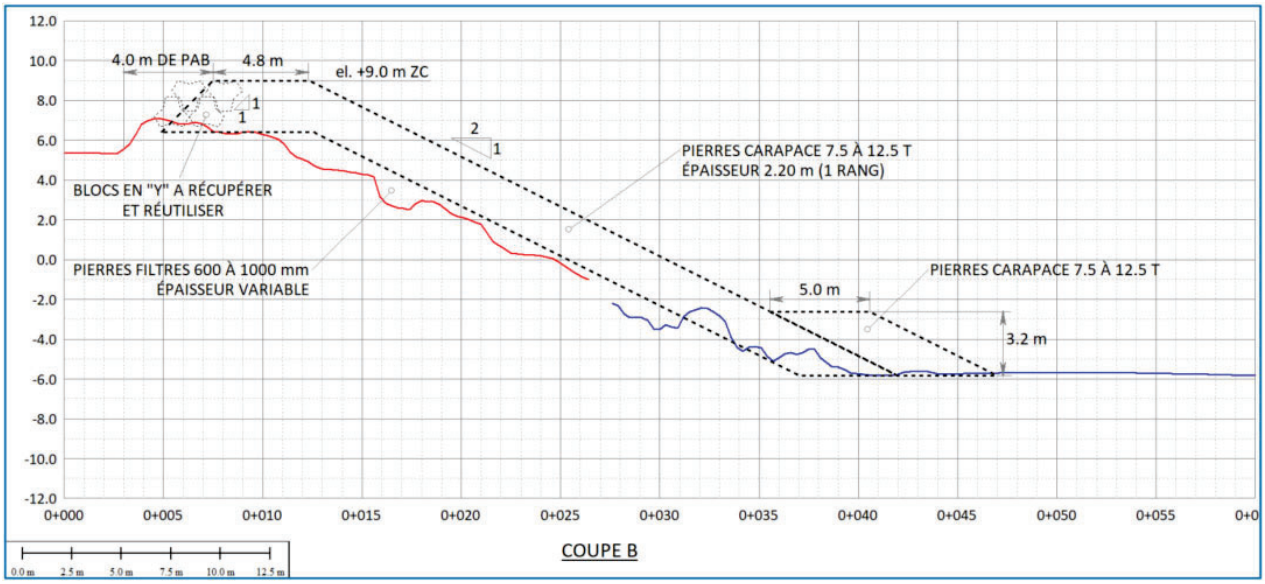


Figure 3-17 Coupe-type B recommandée pour la réfection de l'enrochement sur le segment 3

Source : rapport Lasalle | NHC (2024)

Aléa	Cote	Justification
Niveau de la mer	S1	**DP :** [**Conception** : rehaussement de la crête à +9 m ZC] 2070 (hausse du niveau de la mer de 0,47 m) : Niveau de l'eau extrême (retour aux 2 ans) + hausse du niveau de la mer 4,4 m + 0,47 m = 4,87 m 2100 (hausse du niveau de la mer de 1,10 m) : Niveau de l'eau extrême (retour aux 2 ans) + hausse du niveau de la mer 4,4 m + 1,10 m = 5,50 m Niveau de l'eau extrême (retour aux 100 ans) + hausse du niveau de la mer 4,94 m + 1,10 m = 6,04 m Hauteur de la crête suffisante même dans le pire scénario **CO** : Aucune problématique identifiée
Acidification de l'eau	S2	**DP** : Dégradation des matériaux utilisés pour l'enrochement **CO** : Surveillance accrue de l'état des matériaux de l'enrochement
Précipitations extrêmes	S2	**DP :** Infiltration d'eau et inondation de l'entrepôt en cas de mauvais drainage pouvant affecter la marchandise [**Conception** : majoration du débit de conception requise pour prendre en compte l'évolution future des courbes IDF] **CO :** Gestion accrue d'entretien

Couvert de glace	S2	**DP :** Possibilité d'empilement de blocs de glace surtout à marée haute. Détérioration des matériaux de l'enrochement due aux forces de friction, compressions, ou du aux impacts des blocs de glace poussés par les vagues ou le courant **CO :** Surveillance accrue de l'état des matériaux de l'enrochement
Couvert de neige	S2	**DP** : Endommagement de la structure dû au poids de la neige sur le toit **CO** : Accès difficile à l'entrepôt et gestion accrue de déneigement
Vents forts	S2	**DP** : Possibilité d'objets lourds propulsés sur l'entrepôt en cas de vents de forces d'ouragans ou endommagement de la structure par les vents **CO** : Gestion accrue d'entretien
Onde de tempêtes et vagues	S3	**DP :** [**Conception** : rehaussement de la crête à +9m ZC] [**Conception** : - Pente transversale de 2 H : 1 V pour une meilleure stabilité de l'enrochement - Le revêtement existant devrait être recouvert d'un seul rang sur le segment 3, pour renforcer la structure contre les vagues - Les blocs en forme de « Y » existants seront réutilisés sur la crête du segment 3 pour continuer à offrir une protection efficace contre les vagues] 2070 (hausse du niveau de la mer de 0,47 m) : Niveau de l'eau extrême (retour aux 2 ans) + hausse du niveau de la mer + hauteur des vagues (retour 50 ans et majoré) : 4,4 m + 0,47 m + 3,1 m= 7,97 m Niveau de l'eau extrême (retour aux 100 ans) + hausse du niveau de la mer + hauteur des vagues (retour 100 ans et majoré) : 4,94 m + 0,47 m + 3,5 m= 8,91 m 2100 (hausse du niveau de la mer de 1,10 m) : Niveau de l'eau extrême (retour aux 2 ans) + hausse du niveau de la mer + hauteur des vagues (retour 50 ans) : 4,4 m + 1,10 m + 3,1 m = 8,6 m Niveau de l'eau extrême (retour aux 100 ans) + hausse du niveau de la mer + hauteur des vagues (retour 100 ans et majoré) : **4,94 m + 1,10 m + 3,5 m = 9,54 m** Hauteur de la crête suffisante pour limiter les dégâts en cas de surcote et vagues dans la majorité des scénarios. Franchissement des vagues possible en cas de rares tempêtes extrêmes produisant des vagues > 3 m associé avec une forte onde de tempêtes + hausse du niveau de la mer dépassant les 1m d'ici 2100 **CO** : Nettoyage requis pour éliminer les débris en cas de dépassement et vérification des infrastructures proches de l'enrochement
Chaleur extrême	S2	**DP** : Surchauffe de l'entrepôt et dégradation de la marchandise **CO** : Gestion accrue d'entretien
Verglas	S2	**DP** : Poids de la glace pouvant détériorer l'entrepôt **CO** : Accès glissant et portes ou autres composantes gelées et inutilisables temporairement
Foudre	S2	**DP** : Endommagement possible direct sur la structure via la foudre ou endommagement dû à un risque de gros grêlons **CO** : Risque de blessure, opérations suspendues
Cycle de gel/dégel	S2	**DP** : Fissure et désagrégation progressive des pierres entraînant un affaiblissement de la structure et augmentation des risques d'érosion. **CO :** Aucune problématique identifiée

5.2.5 Quai commercial, quai nord (segment 4)

Tableau 36 : Fiche de sensibilité climatique pour l'enrochement au nord du quai commercial existant

Description de la composante et image
Extraits et résumé du rapport lors de l'inspection visuelle du 10 octobre 2023 : – **Segment 4 (quai nord)** : Les relevés terrestres indiquent pour leur part que la crête du revêtement se trouve à une élévation approximative de +6,3 m ZC et la pente transversale est d'environ 1,4 H : 1 V. Selon les témoignages du maître de port, ce segment d'enrochement demeure vulnérable au franchissement par les vagues ». – Observations : L'enrochement au nord du quai est constitué de pierres de plus petit calibre que celles utilisées sur les parements extérieurs du brise-lame. Cette configuration est adaptée aux conditions moins intenses du bassin portuaire comparées à celles du côté mer. Les pierres dans cette zone pèsent entre 0,5 et 3,0 tonnes, conformément aux calibres prévus dans les plans originaux. Il est à noter que cette composante inclut l'enrochement au nord du quai commercial actuel (voir figure2). Les deux nouveaux quais sont traités à la fiche 40.

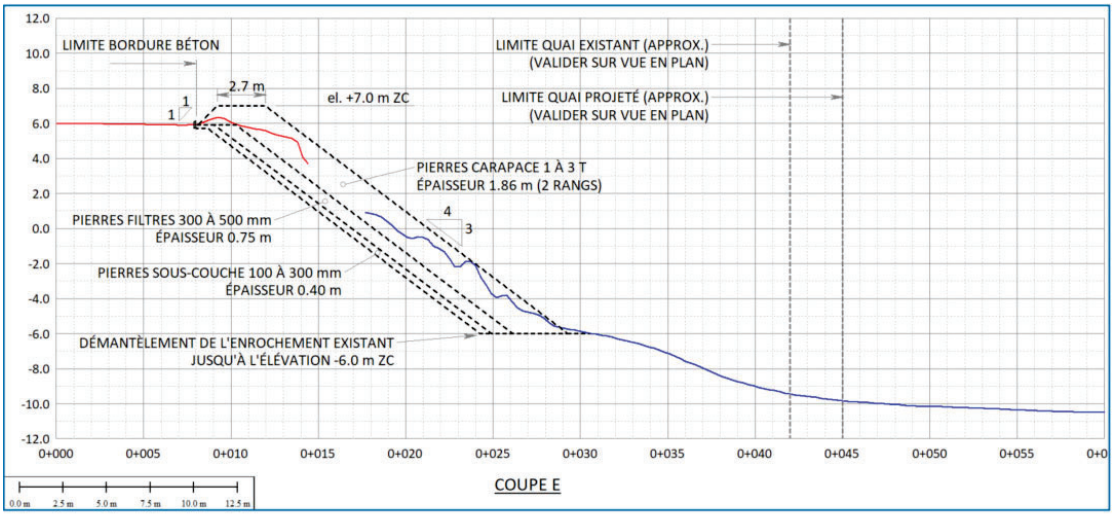


Figure 3-22 Coupe-type E recommandée pour la réfection de l'enrochement sur le segment 4

Source : rapport Lasalle | NHC (2024)

Aléa	Cote	Justification
Niveau de la mer	S1	**DP** : [**Conception** : rehaussement de la crête à +7 m ZC] 2070 (hausse du niveau de la mer de 0,47 m) : Niveau de l'eau extrême (retour aux 2 ans) + hausse du niveau de la mer 4,4 m + 0,47 m = 4,87 m 2100 (hausse du niveau de la mer de 1,10 m) : Niveau de l'eau extrême (retour aux 2 ans) + hausse du niveau de la mer 4,4 m + 1,10 m = 5,50 m Niveau de l'eau extrême (retour aux 100 ans) + hausse du niveau de la mer 4,94 m + 1,10 m = 6,04 m Hauteur des quais suffisante même dans le pire scénario **CO** : Aucune problématique identifiée
Acidification de l'eau	S2	**DP** : Dégradation des matériaux utilisés pour l'enrochement **CO** : Surveillance accrue de l'état des matériaux de l'enrochement
Couvert de glace	S2	**DP** : Possibilité d'empilement de blocs de glace surtout à marée haute. Détérioration des matériaux de l'enrochement due aux forces de friction, de compressions, ou du aux impacts des blocs de glace poussés par les vagues ou le courant **CO :** Surveillance accrue de l'état des matériaux de l'enrochement

Onde de tempêtes et vagues	S2	**DP :** **[Conception** : rehaussement de la crête à +7 m ZC] **[Conception** : Pente transversale de 4 H : 3 V] 2070 (hausse du niveau de la mer de 0,47 m) : Niveau de l'eau extrême (retour aux 2 ans) + hausse du niveau de la mer + hauteur des vagues (retour 50 ans) : 4,4 m + 0,47 m + 1,2 m = 6,07 m Niveau de l'eau extrême (retour aux 100 ans) + hausse du niveau de la mer + hauteur des vagues (retour 50 ans et majoré) : 4,9 m + 0,47 m + 1,2 m = 6,57 m 2100 (hausse du niveau de la mer de 1,10 m) : Niveau de l'eau extrême (retour aux 2 ans) + hausse du niveau de la mer + hauteur des vagues (retour 50 ans) : 4,4 m + 1,10 m + 1,2 m = 6,70 m Niveau de l'eau extrême (retour aux 100 ans) + hausse du niveau de la mer + hauteur des vagues (retour 50 ans) : **4,9 m + 1,10 m + 1,2 m = 7,20 m** Hauteur de la crête suffisante pour limiter les dégâts en cas de surcote et vagues dans la majorité des scénarios. Franchissement des vagues possible en cas de rares tempêtes extrêmes produisant des vagues > 1 m associé avec une forte onde de tempêtes + hausse du niveau de la mer dépassant les 1m d'ici 2100 **CO** : Visibilité réduite et danger accrus d'accident
Foudre	S2	**DP** : Dommages structurels (fissures ou détérioration de matériaux) **CO :** Aucune problématique identifiée
Cycle de gel et de dégel	S2	**DP** : Dégradation accélérée du béton de surface, surtout en cas de mauvais drainage **CO** : Aucune problématique identifiée

5.2.6 Brise-lames ouest (segments 5 à 7)

Tableau 37 : Fiche de sensibilité climatique pour le brise-lame ouest

Description de la composante et image		
Extraits et résumé du rapport de Lasalle | NHC (2024) lors de l'inspection visuelle du 10 octobre 2023 : – **4.3.5 Segment 5 (Brise- lame, pierres) :** « Les relevés terrestres indiquent pour leur part que la crête de l'enrochement se trouve à une élévation approximative de **+7,5 m ZC**, soit environ 0,5 m plus bas que l'élévation indiquée sur les plans de réfection » – **Observations :** Ce segment est composé exclusivement de pierres anguleuses de grandes dimensions et bien enchevêtrées. Il a été rénové en 2008. – **État :** L'enrochement est en très bon état, avec des pentes latérales et un niveau de crête uniforme. Aucun signe d'affaissement, de décrochement, ni de pierres fissurées n'ont été observés. – **4.3.6 Segment 6 (Brise-lame, tétrapode**) : « Les relevés terrestres indiquent pour leur part que la crête de l'enrochement se trouve à une élévation approximative de **+7,9 m ZC** ». – **Observations** : Ce segment comprend une carapace en tétrapodes à l'extérieur et des pierres sur la crête et l'intérieur. La crête a été refaite en 2008, mais les parois latérales sont restées intactes. – **État** : Bien que le revêtement extérieur montre des signes de vieillissement, il est globalement en bon état. Des défaillances sont principalement observées sur le parement intérieur, avec des zones où le revêtement contigu est absent, exposant les couches internes. La pente transversale varie, avec 1,4 H : 1 V en haut et adoucissement à 3,3 H : 1 V en bas, indiquant des amoncellements potentiels au pied du brise-lame. – **4.3.7 Segment 7 (Brise-lame, musoir**) : « Selon les relevés terrestres, la crête de l'enrochement atteint une élévation approximative de **+8,3 m ZC** et les pentes transversales sont de l'ordre de 2 H : 1 V ». – **Observations** : L'enrochement au musoir est constitué de pierres et de blocs angulaires bien enchevêtrés. – **État** : L'état général est bon sans déformations ni problèmes structurels notables.		
Aléa	**Cote**	**Justification**
Niveau de la mer	S1	**DP** : [**Conception** : réfection en 2008, secteurs résilients face au franchissement des vagues] 2070 (hausse du niveau de la mer de 0,47 m) : Niveau de l'eau extrême (retour aux 2 ans) + hausse du niveau de la mer 4,4 m + 0,47 m = 4,87 m 2100 (hausse du niveau de la mer de 1,10 m) : Niveau de l'eau extrême (retour aux 2 ans) + hausse du niveau de la mer 4,4 m + 1,10 m = 5,50 m Niveau de l'eau extrême (retour aux 100 ans) + hausse du niveau de la mer 4,94 m + 1,10 m = 6,04 m Hauteur des enrochements suffisante même dans le pire scénario **CO** : [Aucune problématique identifiée]
Acidification de l'eau	S2	**DP** : Dégradation des matériaux utilisés pour l'enrochement **CO** : Surveillance accrue de l'état des matériaux de l'enrochement
Couvert de glace	S2	**DP** : Possibilité d'empilement de blocs de glace sur le brise-lames si niveau d'eau **CO :** Surveillance accrue de l'état des matériaux de l'enrochement
Vents forts	S2	**DP** : Pierres possiblement déplacées **CO** : Accès difficile et risque de blessure en cas d'entretien

Onde de tempêtes et vagues	S3	**DP** : [**Conception** : réfection en 2008, secteurs résilients face au franchissement des vagues] 2070 (hausse du niveau de la mer de 0,47 m) : Niveau de l'eau extrême (retour aux 2 ans) + hausse du niveau de la mer + hauteur des vagues (retour 50 ans) : **4,4 m + 0,47 m + 3,9 m = 8,77 m** Niveau de l'eau extrême (retour aux 100 ans) + hausse du niveau de la mer + hauteur des vagues (retour 100 ans et majoré) : **4,94 m + 0,47 m + 3,9 m = 9,31 m** 2100 (hausse du niveau de la mer de 1,10 m) : Niveau de l'eau extrême (retour aux 2 ans) + hausse du niveau de la mer + hauteur des vagues (retour 50 ans) : 4,4 m + 1,10 m + 2,5 m= 9,4 m Niveau de l'eau extrême (retour aux 100 ans) + hausse du niveau de la mer + hauteur des vagues (retour 100 ans et majoré) : **4,94 m + 1,10 m + 3,3 m = 9,94 m** Hauteur de la crête suffisante pour limiter les dégâts en cas de surcote et vagues dans la majorité des scénarios. Franchissement des vagues possible en cas de rares tempêtes extrêmes produisant des vagues > 3 m associé avec une forte onde de tempêtes + hausse du niveau de la mer dépassant les 1m d'ici 2100 **CO** : Opérations interrompues
Cycle de gel et de dégel	S2	**DP** : Fissure et désagrégation progressive des pierres de l'enrochement entraînant un affaiblissement de la structure et augmentation des risques d'érosion. **CO :** Aucune problématique identifiée

5.2.7 Système de drainage et traitement des eaux huileuses

Tableau 38 : Fiche de sensibilité climatique pour le système de drainage, de captation des eaux pluviales et de traitement des eaux huileuses

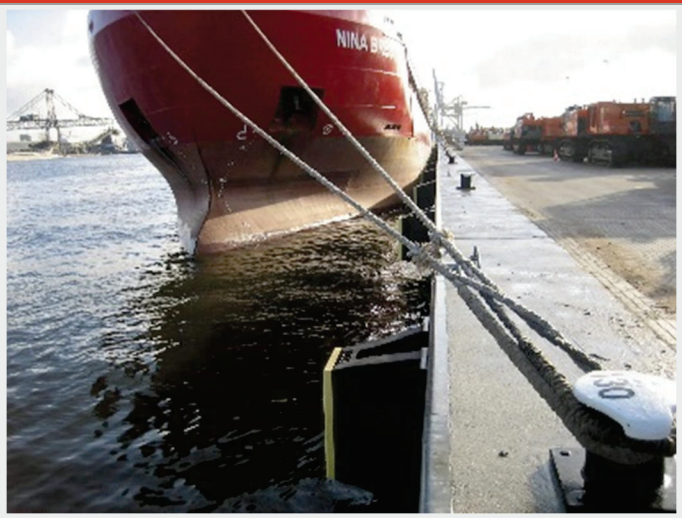
Description de la composante et / ou image générique

Référence de l'image : Global.hauraton https://global.hauraton.com/asia/application-area/container-terminals-ports/

Aléa	Score	Justification
Niveau de la mer	S2	**DP** : Excès de la capacité d'évacuation et obstruction du système (dépôt de débris) Capacité de traitement des eaux potentiellement excédée, conduisant à la défaillance du bassin de récupération des eaux huileuses **CO** : Nettoyage requis pour éliminer les débris
Précipitations extrêmes	S3	**DP** : Excès de la capacité d'évacuation et obstruction du système (dépôt de débris) Capacité de traitement des eaux potentiellement excédée en cas d'importante quantité de pluie, conduisant à la défaillance du bassin de récupération des eaux huileuses **CO** : Nettoyage requis pour éliminer les débris
Onde de tempête et vagues	S3	**DP** : Excès de la capacité d'évacuation et obstruction du système (dépôt de débris) Capacité de traitement des eaux potentiellement excédée en cas d'importante quantité de pluie, conduisant à la défaillance du bassin de récupération des eaux huileuses **CO** : Nettoyage requis pour éliminer les débris
Couvert de neige	S2	**DP** : Excès de la capacité d'évacuation des eaux lors de la période de fonte **CO** : Aucune problématique identifiée

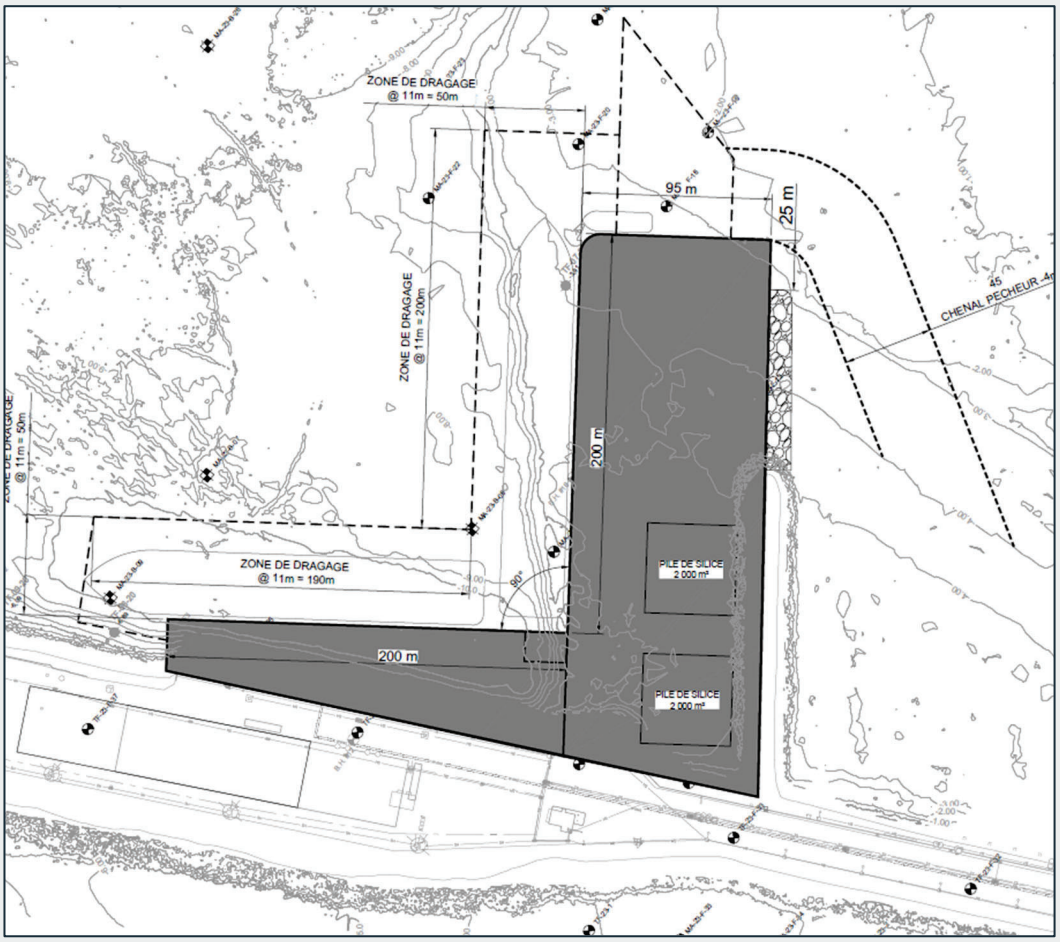
5.2.8 Autres équipements

Tableau 39 : Fiche de sensibilité climatique pour les autres équipements (bollards, lampadaires, défenses, etc.)

Description de la composante		
 *Référence de l'image : Nauticexpo.fr https://www.nauticexpo.fr/prod/shibatafenderteam/product-32739-433195.html*		
Aléa	**Cote**	**Justification**
Niveau de la mer	S2	**DP** : Corrosion accélérée des matériaux exposés à l'eau **CO** : Aucune problématique identifiée
Acidification de l'eau	S2	**DP** : Corrosion accélérée des matériaux exposés à l'eau **CO** : Aucune problématique identifiée
Précipitations extrêmes	S2	**DP** : Corrosion accélérée des matériaux exposés à l'eau **CO** : Aucune problématique identifiée
Couvert de glace	S2	**DP** : Dégradation accélérée des défenses en raison du frottement et des pressions latérales de la glace lorsque le niveau de la mer est élevé Pression latérale, friction et effet de cisaillement par la glace sur les palplanches **CO** : Aucune problématique identifiée
Vents forts	S2	**DP** : Possibilité d'équipements roulants soufflés ou renversés par le vent Défaillance de fonction des bollards si résistance du bollard excédée Endommagement des lampadaires par des objets soufflés Pression latérale et déformation sur les palplanches **CO** : Aucune problématique identifiée
Onde de tempêtes et vagues	S2	**DP** : Tension et force, impact répété des vagues entraînant la dégradation accélérée des bollards et des palplanches **CO** : Entretien accru
Chaleur extrême	S2	**DP** : Surchauffe d'appareils électriques **CO** : Entretien accru
Verglas	S2	**DP :** Accumulation de glace sur les lampadaires ou autres équipements **CO** : Surface rendue glissante et danger accru d'accident avec le matériel roulant
Foudre	S2	**DP** : Effet indirect : incendie sur le quai, endommagement des équipements électriques **CO :** Risque de foudroiement impliquant l'arrêt ou le ralentissement des opérations

5.2.9 Quais 1 et 2 projetés

Tableau 40 : Fiche de sensibilité climatique pour les deux postes à quai et les aires d'entreposage projetés (variante 4 – configuration B17)

Description de la composante
 Il est à noter que cette composante inclut la surface du quai et ses aménagements. *Référence de l'image : Englobe 2025b*

Aléa	Cote	Justification
Niveau de la mer	S1	**DP** : La hauteur des nouveaux quais est prévue à +6,45 m ZC, ce qui couvre l'augmentation du niveau de la mer et des conditions d'agitation, ainsi que les prévisions de vagues pour la durée de vie des infrastructures. Très faible risque de force hydrostatique supplémentaire pouvant déstabiliser le mur de palplanches **CO** : Aucune problématique identifiée
Acidification de l'eau	S2	**DP** : Corrosion accélérée des matériaux exposés à l'eau. Plusieurs mesures anticorrosion sont envisagées. Entretien régulier pour le maintien en service du système de protection cathodique (si solution retenue). **CO** : Aucune problématique identifiée
Précipitations extrêmes	S2	**DP :** Aucune problématique identifiée pour les quais. Toutefois, une mauvaise configuration des pentes et du système de drainage pourrait entrainer de l'infiltration d'eau et l'inondation de l'entrepôt qui se trouve 15 cm plus bas. **CO :** Réduction de la visibilité et ralentissement des opérations

Description de la composante		
Couvert de glace	S2	**DP** : Pression latérale, friction et effet de cisaillement par la glace sur les palplanches et l'enrochement au sud. Possibilité d'empilement de blocs de glace sur le quai si combinaison d'un niveau d'eau extrême et de vagues, et dommages structurels malgré la structure adéquate. **CO** : Surveillance accrue de l'état des matériaux
Couvert de neige	S2	**DP** : Aucune problématique identifiée **CO** : Accès entravés par la neige et opérations aux ralentis
Vents forts	S3	**DP** : Endommagement des infrastructures et des matériaux entreposés en raison de la possibilité d'équipements ou de matériaux soufflés ou renversés par le vent **CO** : Opérations de chargement et déchargement des navires compromises et utilisation des grues dangereuses. Risque de blessure
Onde de tempêtes et vagues	S2	**DP** : Tension et force, impact répété des vagues entraînant la dégradation accélérée des palplanches et de l'enrochement **CO** : Entretien accru. Visibilité réduite et danger accrus d'accident
Verglas	S2	**DP :** Accumulation de glace sur les quais **CO** : Surface rendue glissante et danger accru d'accident avec le matériel roulant
Foudre	S2	**DP** : Dommages structurels (fissures ou détérioration de matériaux) **CO :** Risque de foudroiement impliquant l'arrêt ou le ralentissement des opérations

5.3 Matrice des risques

5.3.1 Scores de risque

Comme présenté à la section 2.1, les scores de risque du CVIIP (2021) sont déterminés par la multiplication des scores d'exposition (0 ou 1), de probabilité (variant de 1 à 5) et de sensibilité (variant de 1 à 5). Il en résulte donc la grille de détermination présentée au tableau 41, pour les interactions composante-aléa sélectionnées à l'étape du traitement de l'exposition (c'est-à-dire pour lesquelles E = 1). Dans le cadre de la présente évaluation, le score de risque découlant d'un intervalle de scores de probabilité est déterminé en considérant le plus haut score de probabilité (l'incertitude est donc réduite à cette étape, en appliquant une certaine forme du principe de précaution). Par exemple, une interaction composante-aléa caractérisée par les scores P2 - P3 et S4 serait caractérisée par un score de risque de 12. La démarche du CVIIP (2021) suggère en outre de traiter les risques selon trois grandes catégories de scores et de distinguer ces catégories au moyen d'un code de couleur (vert pour les scores de risque inférieurs à 10 ; jaune pour les scores de risque compris entre 10 et 16, inclusivement ; et rouge pour les scores de risque supérieurs à 16).

Tableau 41 : Grille de détermination des scores de risque de la démarche du CVIIP

S5	Sensibilité	5	10	15	20	25
S4		4	8	12	16	20
S3		3	6	9	12	15
S2		2	4	6	8	10
S1		1	2	3	4	5
		Probabilité				
		P1	P2	P3	P4	P5

5.3.2 Synthèse de l'analyse de risque

Le tableau 42 présente les scores de sensibilité et de risque attribués aux interactions composante-aléa (les scores de probabilité déjà présentés à la section 4.1 y sont aussi présentés, ce qui fait du tableau une synthèse de l'analyse de risque). Les éléments de justification des scores de sensibilité sont présentés à la section 5.3. Pour chaque case du tableau 42, correspondant à une interaction

composante-aléa analysée, la couleur d'arrière-plan correspond au code de couleur présenté au tableau 41. Un score de probabilité ou de sensibilité non déterminé (n. d.) entraîne la même situation pour le score de risque correspondant (les cases correspondantes apparaissent en gris).

Tableau 42 : Synthèse de l'analyse de risque

Composantes	Aléa climatique											
	Graduel* (intensité)		Épisodique (fréquence)									
	Niveau de la mer	Acidification des océans	Précipitations extrêmes	Couvert de glace	Couvert de neige	Vents forts	Onde de tempête et vagues	Chaleur extrême	Brouillard	Verglas	Foudre	Cycle de gel/dégel
Navigation	5		8	6		16	12		n. d.			
Humains			8			8	8	10	n. d.	10		
Chemin d'accès, guérite, bureau (segments 1 à 2)	5	n. d.		4		8	8					10
Aire d'entreposage et entrepôt (segment 3)	5	n. d.	8	4	4	8	12	10		10	10	10
Quai nord (segment 4), Enrochement au nord du quai commercial	5	n. d.		4			8				10	10
Brise-lames ouest (segments 5 à 7)	5	n. d.		4		8	12					10
Système de drainage	10		12		6		12					
Autres équipements extérieurs	10	n. d.	8	4		8	8	10		10	10	
Quais projetés 1 et 2, nouvelles aires d'entreposage	5	n. d.	10	4	4	8	8			10	10	

5.4 Approche générale

Le tableau 43 présente une approche générale pour l'identification de mesures d'adaptation visant à favoriser la résilience aux changements climatiques. Les catégories de risque et le code de couleur (vert, jaune, rouge) correspondent à ceux de la grille de détermination des scores de risque (section 5.2.1) et de la synthèse de l'analyse de risque (section 5.2.2).

Tableau 43 : Classification et approche générale de traitement des risques

Score de risque	Qualificatif du CVIIP	Approche générale
17 à 25	Élevé	Actions significatives requises. Par exemple : – S'interroger sur sa tolérance au risque ainsi que sur le choix de localisation du projet ; – Envisager la possibilité d'aller au-delà des normes d'aménagement et d'entretien reconnues et appropriées pour cette interaction composante-aléa ; – Tenter d'obtenir des aides gouvernementales dans le but de réduire substantiellement la sensibilité ; – Recommander une étude technique détaillée afin de réduire l'incertitude.
10 à 16	Modéré	Actions significatives potentiellement requises. Par exemple : – Identifier et suivre des normes d'aménagement et d'entretien reconnues et appropriées pour cette interaction composante-aléa ; – Surveiller cette interaction composante-aléa en phase d'aménagement et d'entretien.
1 à 9	Bas	Actions minimales requises. Par exemple : – Agir selon le sens commun et/ou des normes appropriées.

5.5 Mesures d'adaptation proposées

Le tableau 44 présente les mesures d'adaptation proposées afin de potentiellement réduire les risques « modérés ». Aucun risque « élevé » n'a été identifié. Ces mesures ne résument pas nécessairement tout ce qui est entrepris par le promoteur (SPBSG) pour favoriser la résilience aux changements climatiques ; certaines mesures d'adaptation sont implicites dans la conception (normes de construction et habitudes de travail tenant compte des événements météorologiques marquants), alors que d'autres ont été mentionnées ou supposées à l'étape de l'évaluation des scores de sensibilité. Il est donc ici question de mesures supplémentaires.

Enfin, il est à noter que les mesures sont formulées du point de vue de la résilience climatique et ne constituent que des propositions à l'intention du promoteur. Les mesures n'ont pas été formulées du point de vue réglementaire et il revient au promoteur de vérifier leur adéquation avec les lois et règlements municipaux, provinciaux et fédéraux.

Tableau 44 : Recommandations d'adaptation pour les risques modérés

Interaction climat-infrastructure	Score de risque	Recommandations d'adaptation
Navigation Vents forts + Onde de tempêtes et vagues	16	– Renforcement des bollards et des défenses pour résister aux accostages dynamiques
Segments 3 et 5 à 7 Hausse du niveau de la mer + Onde de tempêtes et vagues	12	– Suivre l'évolution des données scientifiques sur le niveau de la mer combiné aux ondes de tempêtes et vagues afin d'adapter la conception de certains segments à la possibilité d'un niveau de PMSGM plus élevé (section 4.3.2) vers la fin du siècle que celle projetée (section 3.1.3.1). – Mettre en place un programme de surveillance continue pour détecter les signes de dégradation ou d'affouillement notamment pour les segments 5 à 7. – Réévaluer la possibilité d'une adaptation graduelle, c'est-à-dire une conception permettant une éventuelle ré-élévation des quais et segments du brise-lames dans quelques décennies.
Système de drainage Hausse du niveau de la mer et pluie extrême	10	– S'assurer que les débits de conception sont majorés de manière à tenir compte des projections futures pour les intensités des pluies de courte durée (courbes IDF) et de la montée des eaux.
Humains Chaleur extrême	10	– Éviter autant que possible le travail d'entretien extérieur pendant les épisodes de chaleur extrême. – Suivre les recommandations de l'INSPQ (https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2792-mesures-adaptation-chaleur.pdf) et de la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST) (https://www.cnesst.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/travailler-a-la-chaleur-fiche-complementaire-employeurs.pdf) relativement aux chaleurs extrêmes. – Assurer la gestion de la température en cas de chaleur extrême.
Bassin de récupération des eaux huileuses Hausse du niveau de la mer	10	– Intégrer un facteur de sécurité dans la capacité de traitement des eaux, qui soit suffisant pour les chances accrues de débordement des vagues sur le quai résultant de la hausse du niveau de la mer afin d'éviter toute contamination.
Segment 3 Foudre, verglas	10	– Installer des systèmes appropriés de protection contre la foudre sur les quais. – Surveillance et entretien préventif de l'entrepôt et mise en place d'une procédure en cas de verglas.
Autres équipements Hausse du niveau de la mer	10	– Assurer un entretien régulier



6 Conclusion

6.1 Limites de l’évaluation

L’évaluation de résilience aux changements climatiques pour le projet est basée sur des résultats scientifiques reconnus, crédibles et récents. De plus, une approche holistique a été adoptée afin de favoriser la cohérence de la vision d’ensemble sur la problématique. Enfin, les limites, incertitudes et suppositions ont été clairement indiquées tout au long du rapport. Certaines des limites de l’évaluation sont les suivantes :

- La compréhension du contexte local et des interactions potentielles entre les composantes du projet et les aléas climatiques s’est appuyée sur une combinaison de sources complémentaires, incluant la documentation fournie par la SPBSG (2022), l’analyse d’images satellites via Google Earth Pro, ainsi que les échanges techniques avec les ingénieurs de Norda Stelo et Lasalle | NHC. Cette approche a permis de cerner adéquatement les enjeux pour les fins de l’évaluation. Il convient de noter qu’aucune visite spécifique du site n’a été effectuée dans le cadre de cette étude sectorielle, mais les observations recueillies lors des visites réalisées pour d’autres volets du projet ont contribué à enrichir la compréhension globale du milieu ;
- Il existe un grand manque d’informations pour les indicateurs qui ne sont pas directement liés aux températures et aux précipitations, une situation qui n’est pas indépendante de l’absence de projections pour ces variables sur les portails web de données climatiques ;
- Le traitement de l’incertitude climatique future n’est pas uniforme d’un indicateur à l’autre. Les scénarios de concentration de GES ont servi de bornes autant que possible, mais, pour certains indicateurs (p. ex. acidification de l’eau), l’information disponible ne correspond pas à cette paire de scénarios ;
- Les scores de sensibilité découlent d’un accord intersubjectif impliquant un nombre limité de parties prenantes et reflètent l’état de la conception à un moment précis du déroulement du projet.

6.2 Énoncés préliminaires de résilience

Une évaluation de résilience aux changements climatiques (ÉRCC) a été réalisée afin de mieux appréhender les risques du projet de réaménagement des infrastructures portuaires de Matane face aux changements climatiques projetés scientifiquement d'ici 2070-2100. À la suite d'une analyse de la documentation du projet, 56 interactions potentielles entre les principaux aléas climatiques ou hydroclimatiques pouvant affecter le site et les principales catégories de composantes du projet ont été sélectionnées. L'analyse détaillée a mené à l'attribution d'une majorité de scores de risque bas et quelques risques modérés, notamment face aux aléas tels que les ondes de tempêtes et vagues, la hausse du niveau de la mer ou encore le cycle de gel et dégel. Aucun score de risque élevé n'a été identifié. Pour les interactions en lien avec l'acidification des océans et le brouillard, aucun score n'a pu être attribué en raison du manque de renseignements sur l'évolution future de ces aléas.

Les ingénieurs de Norda Stelo et Lasalle | NHC ont mené des études approfondies pour évaluer et concevoir le réaménagement des infrastructures portuaires de Matane face aux changements climatiques. Ils ont effectué des modélisations des niveaux d'eau extrêmes, des vagues, des surcotes, et des courants marins et ont validés leurs modèles avec des données historiques de marégraphes régionaux.

Ils ont aussi analysé la dynamique des glaces, l'impact sur la navigation, et la qualité de l'eau lors des opérations de dragage. Leurs recommandations incluent des mesures pour renforcer les infrastructures, comme le rehaussement des structures et l'ajout de protections contre l'affouillement. L'équipe a aussi proposé des solutions de résilience basées sur l'analyse des impacts environnementaux et des risques associés aux futurs changements climatiques.

L'enjeu principal reste la « hausse du niveau de la mer » combinée aux « ondes de tempêtes et vagues », qu'il sera essentiel de suivre de près avec l'évolution des données scientifiques. La mise en place d'un programme de surveillance est recommandée, tout comme l'évaluation future de la nécessité de rehausser chaque segment en cas d'aggravation des conditions climatiques.

Cette évaluation est basée notamment sur les lignes directrices de la norme ISO 14091:2021 et de l'exigence Optique des changements climatiques d'Infrastructure Canada, et le rapport intègre le jugement d'experts issus de diverses disciplines ainsi que les renseignements disponibles au moment de l'évaluation.



7 Références

BERNATCHEZ, P. ET J-M DUBOIS. 2004. *Bilan des connaissances de la dynamique de l'érosion des côtes du Québec maritime laurentien.* Géographie physique et Quaternaire 58(1), 45-71. [En ligne] : https://www.erudit.org/fr/revues/gpq/2004-v58-n1-gpq1200/013110ar/ (consulté en octobre 2023).

BERNATCHEZ, P. 2015. *Bilan des connaissances sur l'érosion et la submersion côtière au Québec : enjeux, causes et perspectives.* [En ligne] : https://www.securitepublique.gouv.qc.ca/fileadmin/Documents/securite_civile/colloques/2015/presentations/bernatchez2015.pdf.

BERNIER, M., GIGNAC, C., CHOKMANI, K., POULIN, J. ET GAUTHIER, Y. 2016. *Projet IcePAC : Un atlas interactif sur la probabilité de l'aléa glace à l'échelle des infrastructures maritimes et côtières dans un contexte de changements climatiques* (Rapport final). Ouranos. [En ligne] : https://www.ouranos.ca/sites/default/files/2022-07/proj-201419-emat-bernier-rapportfinal.pdf

BERNIER, R. Y., JAMIESON, R. E., KELLY, N. E., LAFLEUR, C., & MOORE, A. M. (ÉDS.). 2023. *Rapport de synthèse sur l'état de l'océan Atlantique.* Pêches et Océans Canada, Région du golfe. [En ligne] : https://publications.gc.ca/collections/collection_2023/mpo-dfo/Fs97-6-3544-fra.pdf

BUSH, E. ET D.S. LEMMEN. 2019. *Rapport sur le climat changeant du Canada*. Gouvernement du Canada, Ottawa, Ontario, 446 pages. [En ligne] : https://changingclimate.ca/CCCR2019/fr/a-propos/.

CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC (CEHQ). 2013. *Atlas hydroclimatique du Québec méridional : Impacts des changements climatiques sur les régimes de crue, d'étiage et d'hydraulicité à l'horizon 2050.* Québec, Centre d'expertise hydrique du Québec. [En ligne] : https://www.cehq.gouv.qc.ca/hydrometrie/atlas/Atlas_hydroclimatique_2013.pdf

CHENG, C.S., E. LOPES, C. FU ET Z. HUANG. 2014. *Possible Impacts of Climate Change on Wind Gusts under Downscaled Future Climate Conditions: Updated for Canada*. Journal of Climate, vol. 27, p. 1255-1270, doi : 10.1175/JCLI-D-13-00020.1.

CHOI, HY., PARK, MS., KIM, HS. 2024. *Marine heatwave events strengthen the intensity of tropical cyclones.* Communications Earth & Environment, article 69. [En ligne] : https://doi.org/10.1038/s43247-024-01239-4

COMTOIS, C. ET COLL. 2020. *Vulnérabilité des ports du Saint-Laurent aux changements climatiques*. Projet de recherche nº 510019.

COMITÉ SUR LA VULNÉRABILITÉ DE L'INGÉNIERIE DE L'INFRASTRUCTURE PUBLIQUE (CVIIP). 2021. *PIEVC High Level Screening Guide*. Beta Version 1.01 – Nov. 10, 2021.

CONSORTIUM NORDA STELO-ENGLOBE. 2024. *Bathymétrie.*

CONSORTIUM NORDA STELO-ENGLOBE. 2025a. *SRI-1 Rapport de concept et analyse des variantes.*

CONSORTIUM NORDA STELO-ENGLOBE. 2025b. *Étude d'impact sur l'environnement*

DREJZA, S., MARIE, G., C. PELLETIER-BOILY, FRASER, C. ET P. BERNATCHEZ. 2021*. Indice de vulnérabilité de la zone côtière à l'érosion - Rapport méthodologique.* Chaire de recherche en géoscience côtière, Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. 209 pages. [En ligne] : https://ldgizc.uqar.ca/Web/docs/default-source/default-document-library/indicevulnerabilite_finala81a9510478f4302bd997580300c0e13.pdf?sfvrsn=e4331975_0

ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA (ECCC). 2024a. *Graphique de la couverture maximale de glace pour la côte est, de 1968 à 2020*. [En ligne] : https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/previsions-observations-glaces/conditions-glaces-plus-recentes/climatologie/graphique-couverture-cote-est-1968-2016.html

ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA (ECCC). 2024b. *Normales climatiques canadiennes*. [En ligne] : https://climat.meteo.gc.ca/climate_normals/index_f.html (consulté en décembre 2024).

GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT (GIEC). 2013. *Résumé à l'intention des décideurs – Changements climatiques 2013 : Les éléments scientifiques*. Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [sous la direction de Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex et P.M. Midgley]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York (État de New York), États-Unis d'Amérique.

GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT (GIEC). 2021. *Résumé technique. In : Changement climatique 2021 : Les bases scientifiques physiques. Contribution du Groupe de travail I au sixième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*. Cambridge University Press, Cambridge, UK et New York, NY, États-Unis, 289 p.

GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT (GIEC). 2023. *Sections*. In: *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115.

ICI GASPÉSIE-ÎLES-DE-LA-MADELEINE. 2018. *De la glace catapultée dans les maisons par la mer à Matane*. [En ligne] : https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1076388/de-la-glace-catapultee-dans-les-maisons-par-la-mer-a-matane (consulté en novembre 2024).

ICI BAS-SAINT-LAURENT. 2016. *Déferlement de vagues et débordements dans l'est du Québec.* [En ligne] : https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/759062/vague-deferlement-debordement-perce-gaspesie-meteo

ICI RADIO-CANADA, 2016. *Lendemain de tempête difficile.* [En ligne] : https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/759212/tempete-matane-gaspesie-perce-bonaventure-inondation-marees (consulté en novembre 2024).

INFRASTRUCTURE CANADA. 2023. *Optique des changements climatiques – Lignes directrices générales*. Gouvernement du Canada. [En ligne] : https://logement-infrastructure.canada.ca/alt-format/pdf/other-autre/cl-occ-fra.pdf

LE SOLEIL. 2018. *La tempête sème la désolation dans l'Est-du-Québec.* [En ligne] : https://www.lesoleil.com/2018/01/04/la-tempete-seme-la-desolation-dans-lest-du-quebec-06b722f7e249f787ec45c3bb28568333/ (consulté en novembre 2024)

LASALLE | NHC. 2024. *Réaménagement des installations portuaires de Matane - évaluation du climat maritime, des conditions d'agitation, de la dynamique hydrosédimentaire et réfection du brise-lame ouest*. Rapport préfinal, septembre 2024.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCCFP). 2021. *Les changements climatiques et l'évaluation environnementale : Guide à l'intention de l'initiateur de projet*. [En ligne]. www.environnement.gouv. qc.ca/evaluations/directive-etude-impact/guideintention-initiateur-projet.pdf.

MORNEAU, F. 2014. *Environnement maritime, vulnérabilité, impacts et adaptation : « Vers une gestion adaptative des zones côtières ».* Ouranos. [En ligne] : https://www.ouranos.ca/sites/default/files/2022-07/prog-enviromarit-doc.pdf

NEUMEIER, U., JOLY, S. 2021*. Stations d'observation des conditions maritimes 2019-2021 dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent pour les problèmes d'érosion côtière. Projet MTQ-ISMER R841.1. Rapport final final présenté au ministère des Transports du Québec. Institut des sciences de la mer de Rimouski, Université du Québec à Rimouski, xiii + 97 p.*

OURANOS. 2015. *Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec.* Édition 2015. *Ouranos*, Montréal, Québec. 415 pages.

OURANOS. 2024. *Comment les changements climatiques affecteront-ils le Québec dans les prochaines années?* [Vidéo]. YouTube. [En ligne] https://www.youtube.com/watch?v=A7E3DsutYd8

OURANOS. 2025. *Portraits climatiques*. [En ligne] : https://portraits.ouranos.ca/fr

OURANOS. s.d. *Comprendre la science du climat – Modélisation climatique*. [En ligne] : https://www.ouranos.ca/fr/science-du-climat-modelisation-climatique

PÊCHES ET OCÉANS CANADA (MPO). 2024. *Outil canadien d'adaptation aux niveaux d'eau extrêmes (OCANEE)*. Centre d'expertise sur les applications. Gouvernement du Canada. [En ligne] : https://egisp.dfo-mpo.gc.ca/portal/apps/experiencebuilder/experience/?id=f79b85c7bfeb4a3b8701565977bf71f5&locale=fr&page=francais, consulté en décembre 2024

QUINTIN, C., BERNATCHEZ, P., JOLIVET, Y. 2013. *Impacts de la tempête du 6 décembre 2010 sur les côtes du Bas-Saint-Laurent et de la baie des Chaleurs*. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières et Chaire de recherche en géoscience côtière, Université du Québec à Rimouski. Rapport remis au ministère de la Sécurité publique du Québec, Février 2013, Volume I : 48p. + Volume II : 170

ROBIN, C. M. I., CRAYMER, M., FERLAND, R., JAMES, T. S., LAPELLE, E., PIRASZEWSKI, M., & ZHAO, Y. 2020. *NAD83v70VG: A new national crustal velocity model for Canada (Geomatics Canada, Open File 0062).* Natural Resources Canada. https://doi.org/10.4095/327592

ROMPS, D.M., SEELEY, J.T., VOLLARO, D. AND MOLINARI, J. 2014. *Projected increase in lightning strikes in the United States due to global warming.* Science, vol. 346, issue 6211, p. 851-854, doi : 10.1126/science.1259100.

SOCIÉTÉ PORTUAIRE DU BAS-SAINT-LAURENT ET DE LA GASPÉSIE (SPBSG). 2022. *Agrandissement, reconstruction et dragage des installations portuaires de Matane. Avis de projet – Janvier 2022.* [En ligne] : https://www.ree.environnement.gouv.qc.ca/dossiers/3211-04-069/3211-04-069-1.pdf

SOCIÉTÉ PORTUAIRE DU BAS-SAINT-LAURENT ET DE LA GASPÉSIE (SPBSG).2024a. *Réaménagement des infrastructures portuaires de Matane.* [En ligne] : https://spbsg.com/reamenagement-des-infrastructures-portuaires-de-matane/

SOCIÉTÉ PORTUAIRE DU BAS-SAINT-LAURENT ET DE LA GASPÉSIE (SPBSG).2024b. *Port de Matane*. [En ligne] : https://spbsg.com/services-portuaires/port-de-matane/



englobecorp.com

Réaménagement des installations portuaires de Matane

Empreinte carbone préliminaire du projet

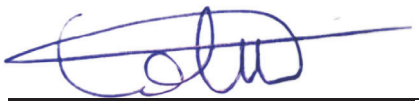
Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG)
Version finale
N° de référence (client) :
40-2223-001/002/004

Juin 2025
16-02301790.000-0400-EN-R-1100-00

A-720

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG)
No de référence (client) : 40-2223-001/002/004

Préparé par :



Aline Cobut, ing. PRT, Ph. D.
Norda Stelo

Vérifié par :



Patrick Desaulniers, ing., M. Ing
Norda Stelo

Approuvé par :



Catherine Lalumière, biologiste, MBA
Englobe

Équipe de réalisation

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG)

Chargés de projet	Caroline Ratté, coordonnatrice à l'environnement et au développement durable David Parent, ingénieur, directeur des infrastructures portuaires

Norda Stelo | Englobe Corp.

Chargé de projet	Stéphan Ferrero, ingénieur
Coordonnatrice en environnement	Catherine Lalumière, biologiste (MBA)
Coordonnatrice adjointe en environnement	Annie Taillon, biogéographe (M. Sc. Eau)
Collaborateurs	André Boilard, ing. en qualité de l'air (MBA) Patrick Desaulniers, ing. (M. ing.)
Cartographie/SIG	Manuel Pronovost, géomaticien
Édition	Julie Korell, réviseure

Registre des révisions et émissions

Nº DE RÉVISION	DATE	DESCRIPTION
0A	Avril 2025	Émission de la version préliminaire pour commentaires
00	Juin 2025	Émission de la version finale

Propriété et confidentialité

« Ce document est destiné exclusivement aux fins qui y sont mentionnées. Toute utilisation du rapport doit prendre en considération l'objet et la portée du mandat en vertu duquel le rapport a été préparé ainsi que les limitations et conditions qui y sont spécifiées et l'état des connaissances scientifiques au moment de l'émission du rapport. Le Consortium Norda Stelo/Englobe ne fournit aucune garantie ni ne fait aucune représentation autre que celles expressément contenues dans le rapport.

Ce document est l'œuvre du Consortium Norda Stelo/Englobe. Toute reproduction, diffusion ou adaptation, partielle ou totale, est strictement prohibée sans avoir préalablement obtenu l'autorisation écrite du Consortium Norda Stelo/Englobe et de son Client. Pour plus de certitude, l'utilisation d'extraits du rapport est strictement interdite sans l'autorisation écrite du Consortium Norda Stelo/Englobe et de son Client, le rapport devant être lu et considéré dans sa forme intégrale.

Aucune information contenue dans ce rapport ne peut être utilisée par un tiers sans l'autorisation écrite du Consortium Norda Stelo/Englobe. et de son Client. Le Consortium Norda Stelo/Englobe. se dégage de toute responsabilité pour toute reproduction, diffusion, adaptation ou utilisation non autorisée du rapport.

Si des essais ont été effectués, les résultats de ces essais ne sont valides que pour l'échantillon décrit dans le présent rapport.

Les sous-traitants du Consortium Norda Stelo/Englobe qui auraient réalisé des travaux au chantier ou en laboratoire sont dûment évalués selon la procédure relative aux achats de notre système qualité. Pour toute information complémentaire ou de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec votre chargé de projet. »

Table des matières

1 Introduction 1
1.1 Mise en contexte 1
1.2 Zones d'étude de l'ÉIE 2

2 Objectifs et portée de l'étude 5
2.1 Objectifs de l'étude 5
2.2 Portée de l'étude 5
2.2.1 Description du système 5
2.2.2 Unité fonctionnelle 6
2.2.3 Frontières du système 6
2.2.4 Représentativité 9
2.2.5 Revue critique 9

3 Méthodologie 11
3.1 Méthode d'analyse d'impact et indicateurs sélectionnés 11
3.2 Traitement du carbone biogénique 11
3.3 Allocations et règles d'imputations 12
3.4 Logiciel de modélisation 12
3.5 Carbone noir 12

4 Inventaire du cycle de vie 13
4.1 Collecte de données 13
4.2 Description de l'inventaire 13
4.2.1 Scénario 1 : Dragage du chenal des pêcheurs 14
4.2.2 Scénario 2 : Dragage du poste à quai nº 2 15
4.2.3 Scénario 3 : Dragage des autres secteurs du port et construction du poste à quai nº 2 16
4.2.4 Scénario 4 : Démolition et reconstruction du poste à quai nº 1 18
4.2.5 Scénario 5 : Réfection du brise-lames ouest, reconstruction du réseau d'aqueduc et travaux de voirie 19
4.2.6 Scénario 6 : Exploitation des nouvelles installations 21
4.3 Analyse de la qualité des données 23
4.4 Classification des émissions de GES 23

5 Résultats et interprétation 25
5.1 Analyse des impacts du cycle de vie 25
5.2 Interprétation 28

6 Incertitudes et analyses de sensibilité 31
6.1 Analyse des incertitudes 31

6.2 Analyses de sensibilité 32
6.2.1 Matériaux de remblai et autres pierres 32
6.2.2 Processus d'infrastructures 34

7 Limitations 35

8 Conclusions et recommandations 37

9 Références 39

TABLEAUX

Tableau 1 : Étapes du cycle de vie et activités reliées incluses aux frontières du système étudié et leur équivalent ISO 21930:2017 (ISO, 2017) 8
Tableau 2 : Potentiel de réchauffement global selon le gaz à effet de serre 11
Tableau 3 : Facteurs de charge par défaut des équipements utilisés dans les frontières du système étudié 14
Tableau 4 : Inventaire des équipements hors route utilisés lors du scénario 1 15
Tableau 5 : Données utilisées pour le transport des sédiments non contaminés au large du port 15
Tableau 6 : Inventaire des équipements hors route utilisés lors du scénario 2 15
Tableau 7 : Données utilisées pour le transport des sédiments contaminés et non contaminés (scénario 2) 16
Tableau 8 : Inventaire des équipements hors route utilisés lors du scénario 3 17
Tableau 9 : Inventaire des intrants matériaux utilisés pour la construction du quai n° 2 17
Tableau 10 : Données utilisées pour le transport des sédiments non contaminés au large du port (scénario 3). 18
Tableau 11 : Inventaire des équipements hors route utilisés lors du scénario 4 18
Tableau 12 : Inventaire des intrants matériaux utilisés pour la construction du quai n° 1 19
Tableau 13 : Données utilisées pour la modélisation des résidus de démolition (scénario 4) 19
Tableau 14 : Inventaire des équipements hors route utilisés lors du scénario 5 20
Tableau 15 : Inventaire des intrants matériaux utilisés pour le scénario 5 21
Tableau 16 : Inventaire des processus d'infrastructure utilisés pour le scénario 5 21
Tableau 17 : Tendance d'augmentation du tonnage à la suite du projet de réaménagement 22
Tableau 18 : Inventaire de référence des équipements de manutention utilisés lors du scénario 6 22
Tableau 19 : Données de référence pour les navires visiteurs. Nombre de visite par type et taille de navire sur une année 22
Tableau 20 : Classification des émissions de GES par type et description des activités correspondantes 23
Tableau 21 : Empreinte carbone du réaménagement des installations portuaires 25
Tableau 22 : Empreinte carbone de l'unité fonctionnelle, ventilée par GES obligatoires 26
Tableau 23 : Empreinte carbone du réaménagement des installations portuaires ventilée par émissions directes et indirectes de GES 26
Tableau 24 : Analyse Monte Carlo pour l'indicateur GWP100 du modèle ACV 31
Tableau 25 : Résultats sur l'empreinte carbone de l'UF du changement de densité pour les matériaux de remblai et pierres 32
Tableau 26 : Résultats sur l'empreinte carbone de l'UF du changement du mode de transport pour les matériaux de remblai et pierres 33

Tableau 27 : Résultats sur l’empreinte carbone de l’UF du changement du mode de transport pour les matériaux de remblai et pierres..... 34

FIGURES

Figure 1 : Frontières du système étudié dans le cadre de l’étude..... 7
Figure 2 : Émissions de GES du cycle de vie du projet de réaménagement du port de Matane par année et pour une durée de vie de 50 ans..... 27
Figure 3 : Proportion d’émissions directes et indirectes de GES par scénario..... 28
Figure 4 : Contribution des scénarios aux impacts sur les changements climatiques du cycle de vie du système..... 29
Figure 5 : Contribution des scénarios par type d’émissions (directes et indirectes) aux émissions de GES du cycle de vie du système..... 30
Figure 6 : Contribution des scénarios aux émissions de GES directes et indirectes du cycle de vie du système..... 30
Figure 7 : Résultats d’analyse de sensibilité pour l’indicateur GWP100. Densité des matériaux de remblai et pierres. 32
Figure 8 : Résultats d’analyse de sensibilité pour l’indicateur GWP100. Transport des matériaux de remblai et pierres. 33
Figure 9 : Résultats d’analyse de sensibilité pour l’indicateur GWP100. Exclusion des UP d’infrastructure. 34

ANNEXES

Annexe A Analyse de la qualité des données
Annexe B Scénario 6 : Inventaire pour navires
Annexe C Carbone noir



1 Introduction

1.1 Mise en contexte

La Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG) doit procéder à des travaux de réfection de ses installations portuaires à Matane en raison de leur état de dégradation observé selon les dernières inspections. Elle souhaite profiter de ces travaux afin de réaménager ses installations portuaires en ajoutant notamment un deuxième poste à quai et de procéder à du dragage dans le havre de manière à assurer des opérations optimales et sécuritaires pour les usagers.

Conformément à l'article 4 (port, quai et terminal portuaire) de la partie II de l'annexe I du *Règlement relatif à l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement de certains projets* (chap. Q 2, r. 23.1), ce projet est assujetti à la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement (PÉEIE). Afin de satisfaire la directive spécifique émise par le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement (ÉIE) du projet, une étude portant sur la quantification des émissions de gaz à effet de serre (GES) a été réalisée dans le but de documenter à la fois la présence de cette composante du milieu naturel de la zone d'étude délimitée pour le projet (émissions directes de GES), mais aussi des émissions indirectes du projet.

Le présent rapport servira de document de référence à la production de l'ÉIE pour tous les aspects liés aux émissions de GES exigés dans la directive émise spécifiquement dans le cadre du projet. Il contient l'ensemble des données qui permettront d'abord de justifier l'identification des enjeux propres au projet et, par la suite, leur sélection ou non comme composante valorisée de l'environnement (CVE) pour l'évaluation des impacts. La législation relative à la qualité de l'air relève, au provincial, de la *Loi sur la qualité de l'environnement* et du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (RAA, chap. Q-2, r 4.1).

1.2 Zones d’étude de l’ÉIE

Deux zones d’étude ont été délimitées dans le contexte du réaménagement des installations portuaires de Matane (carte 1-1). Leurs portions terrestres se trouvent sur le territoire de la ville de Matane, laquelle est comprise dans la municipalité régionale de comté (MRC) de La Matanie, dans la région administrative du Bas-Saint-Laurent (région nº 1). Quant à la portion marine, elle est également incluse dans les limites du territoire non organisé (TNO) aquatique de la MRC de La Matanie ainsi que dans les limites de la ville de Matane. Elle correspond à une partie de l’estuaire maritime du Saint-Laurent.

D’une superficie de 6 721 ha, la zone d’étude élargie permet de bien situer le projet dans le milieu où il s’insère. Elle permet de tenir compte des principales caractéristiques du milieu d’accueil, notamment les milieux marin et humain, afin d’en établir un portrait général. Cette zone d’étude est suffisamment étendue pour inclure le site d’immersion en mer. Recoupant en grande majorité le milieu maritime ceinturant les infrastructures portuaires de Matane, la portion sud de la zone d’étude élargie comprend une bande de terres d’environ 2 km, qui permet d’inclure l’ensemble de la zone industrialo-portuaire, les quartiers résidentiels à proximité ainsi que la partie aval et l’embouchure de la rivière Matane.

Plus petite, la zone d’étude locale a une superficie de 341 ha et se limite aux terrains limitrophes au port de Matane. Délimitée au sud par la route 132, elle s’étend à environ 500 m de part et d’autre des infrastructures portuaires ainsi qu’à environ 1 km au large. En plus des infrastructures portuaires exploitées par la SPBSG, la zone d’étude locale comprend également les installations de la Société des traversiers du Québec (STQ), le traversier-rail, le quai des pêcheurs de Pêches et Océans Canada (MPO) ainsi que l’ensemble du milieu bâti de la rue de Matane-sur-Mer.

Il est important de noter que dans le cadre d’une analyse de cycle de vie, l’ensemble des acteurs des différentes chaînes de valeur associées directement ou indirectement à ce projet est pris en compte. Ce qui veut dire que bien que le projet ait une limitation géographique, ses implications sont généralement globales.



Emplacement: P:\121119.001\200-CONTENU\26-Geomatique\TRAVAIL\Qualite_Air\121119-001_QualiteAir_20250306\121119-001_QualiteAir_20250306.aprx

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie

Zone d'étude élargie
Zone d'étude locale
Limite de la modélisation
Limite municipale

Réseau ferroviaire

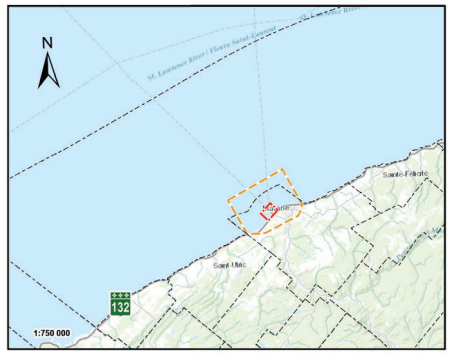
Voie ferrée
Transbordeur

Réseau routier

Route nationale
Réseau local
Liaison maritime

Hydrographie *(GRHQ, 2019)*

Permanent
Intermittent
Cours d'eau surfacique



Réaménagement des installations portuaires de Matane

Modélisation de la qualité de l'air - Zones d'étude

CONSORTIUM NORDA STELO/ENGLOBE

MARS, 2025

121119-001_C1-1_Zone_etude_20250311.pagx

Base carto : Maxar, 2022

Carte 1.1

Préparé : AB Dessiné : MPRO Vérifié : AB



2 Objectifs et portée de l'étude

2.1 Objectifs de l'étude

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'empreinte carbone préliminaire, soit les émissions de GES générées tout au long du cycle de vie du réaménagement des installations du port de Matane, situé dans la province de Québec.

L'audience visée par l'étude est composée de la SPBSG, des membres du Consortium Norda Stelo/Englobe, et autres parties prenantes concernées par le projet dans un contexte d'EIE.

2.2 Portée de l'étude

2.2.1 Description du système

Comme mentionné dans le chapitre précédent, le projet de réaménagement des installations portuaires du port de Matane consiste à effectuer la réfection des installations existantes (quai nº 1 et brise-lames ouest) ainsi qu'à la construction d'un deuxième poste à quai (quai nº 2) et l'agrandissement de l'aire d'entreposage. Il inclut également des activités de dragage. Tout au long du projet de réaménagement, les activités du port continuent, au quai n° 1 lors de la construction du quai n° 2, et, au quai n° 2 lors de la reconstruction du quai n° 1. Cependant, ces dernières ne sont pas considérées dans le système, car elles auront lieu indépendamment du déroulement du projet. Le système essaie de refléter au mieux les conséquences liées à la réalisation du projet de réaménagement.

Le projet de réaménagement se déroulera sur une période de cinq années, de 2027 à 2032. Ensuite, l'exploitation des nouvelles installations se fera pendant la durée de vie utile des infrastructures portuaires (quais), soit 50 ans (2032 à 2082). Il est attendu que le réaménagement des installations, et particulièrement, la construction du deuxième quai, engendre une augmentation de la capacité de

manutention du port, qui passerait de 311 000 t/a à 451 000 t/a au bout de 10 ans. L'augmentation sera graduelle sur dix ans (KPMG, 2024).

Par souci de cohérence avec l'étude de la qualité de l'air, les émissions de GES ont été évaluées pour les mêmes six scénarios, soit :

- Le scénario 1 : Dragage du chenal des pêcheurs ;
- Le scénario 2 : Dragage du poste à quai nº 2 ;
- Le scénario 3 : Dragage des autres secteurs du port et construction du poste à quai nº 2 ;
- Le scénario 4 : Démolition et reconstruction du poste à quai nº 1 ;
- Le scénario 5 : Reconstruction du réseau d'aqueduc et travaux de voirie ;
- Le scénario 6 : Exploitation des deux postes à quai.

Une représentation visuelle des scénarios dans la chronologie du réaménagement des installations est disponible à la figure 1.

Le système étudié fait référence à la variante 4 des concepts proposés pour le réaménagement des installations, soit l'option d'une structure en pieux-palplanches pour les deux quais.

2.2.2 Unité fonctionnelle

L'unité fonctionnelle (UF) pour l'étude est le réaménagement des installations portuaires du port de Matane (QC, Canada) et leur exploitation pendant 50 ans.

Cette étude est une analyse de cycle de vie (ACV) du berceau à l'exploitation. L'ACV n'inclut pas la fin de vie des installations portuaires, ces dernières étant considérées comme encore en exploitation après la période de 50 ans.

2.2.3 Frontières du système

Les frontières du système et les étapes du cycle de vie incluses et exclues sont présentées aux figure 1 et tableau 1.

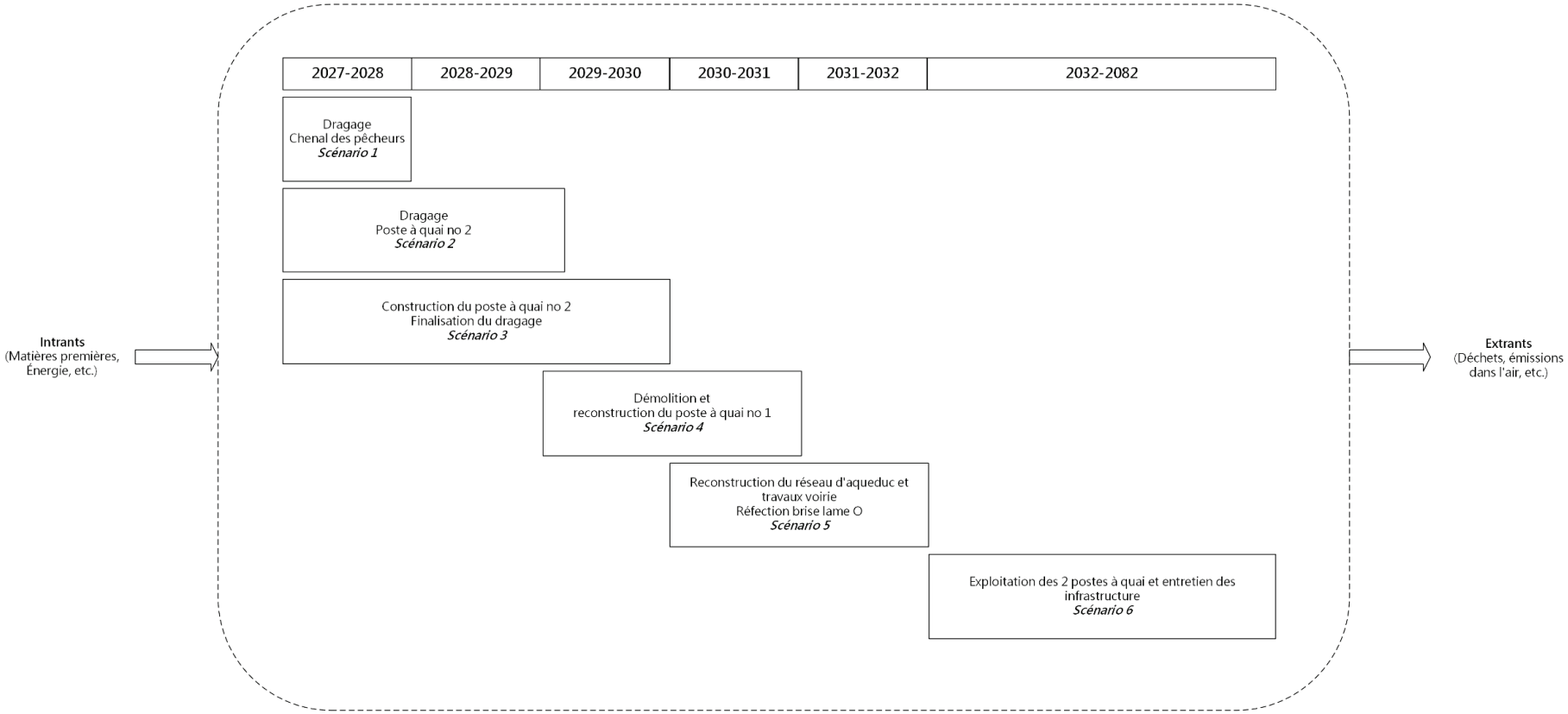


Figure 1 : Frontières du système étudié dans le cadre de l'étude

Tableau 1 : Étapes du cycle de vie et activités reliées incluses aux frontières du système étudié et leur équivalent ISO 21930:2017 (ISO, 2017)

Étapes du cycle de vie	Équivalence ISO 21930 :2017	Activités incluses	Activités exclues	Raison pour exclusion
Fabrication des matériaux pour la construction/reconstruction des quais (scénarios 3 à 5)	Modules A1 à A3	– Extraction et transformation des matières premières – Transport des matières premières aux usines de fabrication des différents éléments structuraux et de finition des quais	– Fabrication des bâtiments – Fabrication des autres actifs du site, autres que les quais, brise-lames et surfaces de roulement	En dehors de la portée des études préliminaires d'ingénierie
Transport des matériaux au site du chantier (scénarios 3 à 5)	Module A4	– Transport routier – Transport maritime – Transport ferroviaire	Aucune	s. o.
Construction/Reconstruction des quais (scénarios 1 à 5)	Module A5	– Dragage – Utilisation de la machinerie hors route – Transport et traitement des déchets générés	– Perturbation du trafic maritime ou routier et déviation – Transport des employés	Aucune perturbation du trafic maritime prévue, car les travaux sont prévus pour que les opérations continuent
Opérations, maintenance (scénario 6)	Modules B1 à B7	– Émissions liées à l'amarrage et manœuvre des navires – Maintenance typique des infrastructures portuaires – Utilisation d'équipements de manutention des marchandises	– Réparations faites sur les quais – Remplacements d'éléments de quai ou surface de roulement – Dragage d'entretien – Travaux majeurs à la suite d'un événement climatique ou accident majeur impliquant le(s) quai(s)	Données non disponibles
Fin de vie	Modules C1 à C4	*Non considérée dans le cadre du projet*		

2.2.3.1 Implications potentielles des exclusions sur les résultats de l'étude

L'exclusion des données de réparation et de remplacement d'éléments structuraux ou de surface des quais ne devrait pas avoir de conséquence sur les résultats de cette étude. En effet, les nouvelles infrastructures doivent avoir une durée de vie de 30 ans sans rénovations majeures d'après les critères de conception. Sur les 20 années restantes, d'après une étude de Saravia de los Reyes et coll. (2020), un tel entretien aurait un impact GES négligeable (environ 1 %), émissions directes et indirectes confondues, par rapport aux étapes initiales de construction.

En ce qui concerne le dragage d'entretien, il est difficile d'estimer la contribution que cette activité pourrait avoir sur les émissions de GES de la période d'exploitation. D'après notre étude, les émissions directes et indirectes liées au dragage lors de la construction sont plus faibles comparativement aux seules émissions directes de GES générées annuellement par les navires amarrés et en manœuvre. Il est donc possible que l'exclusion de ces activités n'ait pas d'influence sur le portrait final de notre étude.

Quant aux travaux majeurs nécessaires lors de la phase d'exploitation découlant d'un événement climatique majeur ou d'un accident majeur (p. ex. tempête ou navire percutant un quai), ils ont été exclus en raison de la grande incertitude entourant les besoins de réparation qui y seraient liés et le manque de données. Les implications de cette exclusion sur les résultats de cette étude préliminaire ne sont quantifiables pour le moment.

2.2.4 Représentativité

Les données utilisées pour la modélisation proviennent d'études d'ingénierie préliminaires pour le réaménagement du port de Matane. Ces données sont jugées représentatives du concept retenu et étudié ici dans le cadre de cette analyse de cycle de vie.

2.2.5 Revue critique

Ce rapport a été révisé par un pair indépendant interne à Norda Stelo.



3 Méthodologie

3.1 Méthode d'analyse d'impact et indicateurs sélectionnés

L'estimation d'une empreinte carbone est obligatoirement basée sur la méthodologie ACV (ISO, 2006a et b) et ne considère qu'une catégorie d'impacts environnementaux, soit la caractérisation du forçage radiatif cumulatif des GES émis qui ont un impact à plus court-terme sur les changements climatiques. Pour calculer l'empreinte carbone préliminaire du projet, la méthode d'analyse d'impacts utilisée est celle du GIEC, aussi dénommée *IPCC 2021* dans SimaPro, pour le calcul du potentiel de réchauffement global horizon 100 ans (GWP100) (tableau 2). Celle-ci se base sur le rapport AR6 du GIEC (IPCC, 2021).

Tableau 2 : Potentiel de réchauffement global selon le gaz à effet de serre

Gaz à effet de serre	Potentiel de réchauffement global (GWP100) (kg CO_2 eq/kg)
Dioxyde de carbone (CO_2)	1
Méthane (CH_4)	29,8
Protoxyde d'azote (N_2O)	273
NF_3	17 400
SF_6	25 200
Autres	GIEC AR6 (IPCC, 2021)

3.2 Traitement du carbone biogénique

Dans le cadre de ce projet, aucune source ou aucun puits de CO_2 biogénique n'ont été identifiés à l'intérieur des frontières du système analysé.

3.3 Allocations et règles d'imputations

Pour les systèmes à produits multiples, il est nécessaire d'affecter certains impacts environnementaux et l'utilisation de certaines ressources entre le produit étudié et les co-produits. Cette allocation doit se faire selon les lignes directrices émises dans la norme ISO 14044 :2006 (ISO, 2006b).

Dans le cadre de cette étude, aucune allocation n'a été nécessaire. Pour les processus provenant de bases de données d'inventaire qui pourraient être multifonctionnels, la méthode d'allocation originale a été conservée. Pour les déclarations environnementales de produit (DEP) et la base de données DataSmart (U.S. LCI, *ecoinvent* v2.2), une allocation physique est généralement employée. Pour les processus provenant de la base de données ICV, *ecoinvent* v3.9.1 *cut-off*, une allocation économique est généralement appliquée. Pour le traitement du contenu recyclé, dans la base de données *ecoinvent* avec système de modèle de type *cut-off,* les déchets sont la responsabilité du producteur (« pollueur payeur »). Il y a donc une incitation à utiliser des produits recyclables, car ils sont exemptés des impacts environnementaux des activités se trouvant en amont du recyclage (*cut-off).*

Aucune règle d'imputation n'a été appliquée sur les flux d'entrées de matières premières ou d'énergie. Les exclusions sont documentées à la section 2.2.3.

3.4 Logiciel de modélisation

Le modèle ACV a été monté dans SimaPro Analyst v.9.6.0.1 Multi user (PRé Sustainability, s.d.) de Pré Consultants.

3.5 Carbone noir

Selon le *Guide de quantification des émissions de gaz à effet de serre* publié par le MELCCFP[1], le carbone noir (CN) doit être comptabilisé avec les émissions de GES.

Le carbone noir est un aérosol (particules en suspension dans l'air) émis au cours du processus de combustion dont la durée de vie dans l'atmosphère est courte et qui a des effets sur le réchauffement climatique et sur la santé[1]. Le carbone noir n'est pas émis seul ; il fait partie, avec d'autres composants, de particules d'un diamètre inférieur ou égal à 2,5 microns ($PM_{2,5}$)[1].

Comme les émissions de GES directes du projet proviennent d'équipement hors route et des navires qui manœuvreront aux nouvelles installations, les méthodologies du Guide qui ont été utilisées sont les équations 50 et 52 qui sont respectivement associées aux sources mobiles hors route et aux émissions attribuables aux navires.

Le potentiel de réchauffement global (PRG) du carbone noir fourni dans le Guide du MELCCFP est de 460 kg CO_2 eq par kg CN.

La quantité de carbone noir attribuable aux émissions directes du projet est présentée à l'annexe C.

NOTE : Comme l'approche méthodologie utilisée pour estimer l'empreinte carbone est basée sur l'ACV et que les logiciels ACV (et méthodes de calcul) n'incluent pas le carbone noir dans le calcul des émissions de GES, le retraçage des émissions de CN est quasiment impossible dans le modèle et le logiciel ou les données tierces utilisées pour bâtir le modèle (p. ex. DEP). L'ensemble de la chaîne de valeur, modélisée à partir de bases de données, implique la chaîne logistique, la combustion d'équipement ou toutes autres sources/puits de GES, donc essayer de quantifier et de distinguer les sources de CN n'est pas faisable présentement. L'auteure de ce rapport a donc décidé de déterminer les émissions de CN avec les données facilement retraçables, soit les émissions directes liées aux équipements mobiles hors route et les navires.

[1] https://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/ges/guide-quantification/guide-quantification-ges.pdf



4 Inventaire du cycle de vie

4.1 Collecte de données

La majorité des données et des hypothèses, en lien avec les travaux et les opérations au port de Matane, ont été fournies par l'équipe d'ingénierie en portuaire de Norda Stelo (type de machinerie hors route, temps d'utilisation de la machinerie, durée des travaux, quantité de matériaux, types de navires visitant le port, etc.) et par l'expert en qualité de l'air de Norda Stelo (consommation de carburant des équipements et véhicules hors route). Les quantités de matériaux présentées aux tableaux 9, 12 et 15 sont basées sur des estimations.

Pour une grande partie des intrants matériaux utilisés lors des travaux de construction, des déclarations environnementales de produits (DEP) ont été utilisées : l'acier structural, les palplanches, les bollards de protection, l'enrobé, ainsi que la fonte ductile. Davantage d'information est disponible dans les sections descriptives ci-après.

Pour les autres flux entrants et sortants du système, les bases de données ICV *ecoinvent* v3.9.1 cut-off (ecoinvent, s.d.) et DATASMART LCI Package v2023.1 (LTS, s.d.) ont été utilisées.

4.2 Description de l'inventaire

De manière générale, les équipements et véhicules hors route sont modélisés principalement à partir de processus *ecoinvent* et adaptés lorsque nécessaire pour correspondre à la consommation spécifique de l'équipement qui provient de l'étude de modélisation de la qualité de l'air faite pour ce même projet[2].

[2] Consortium Norda Stelo/Englobe par A. Boilard. « Réaménagement des installations portuaires de Matane. Modélisation de la qualité de l'air ». 2025. 138 pages.

Pour les équipements, les processus suivants ont été utilisés :

– « machine operation, diesel, >= 74.57 kW, high load factor | Cut-off, U »;

– « machine operation, diesel, >= 74.57 kW, low load factor | Cut-off, U »;

– « machine operation, diesel, >= 74.57 kW, steady state | Cut-off, U ».

La classification, par facteur de charge (*load factor*, LF), des différents équipements utilisés est basée sur le rapport de la U.S. EPA sur la modélisation des émissions d'engins hors route (tableau 3) (EPA, s.d.).

Tableau 3 : Facteurs de charge par défaut des équipements utilisés dans les frontières du système étudié

Équipement	LF élevé	LF bas	Régime permanent	Processus *ecoinvent* correspondant
Paveuse	x			machine operation, diesel, >= 74.57 kW, high load factor | Cut-off, U
Chargeuse sur roue	x			machine operation, diesel, >= 74.57 kW, high load factor | Cut-off, U
Compacteur	x			machine operation, diesel, >= 74.57 kW, high load factor | Cut-off, U
Grue			x	machine operation, diesel, >= 74.57 kW, steady state | Cut-off, U
Pelle mécanique		x		machine operation, diesel, >= 74.57 kW, low load factor | Cut-off, U
Chariot élévateur	x			machine operation, diesel, >= 74.57 kW, high load factor | Cut-off, U
Bouteur	x			machine operation, diesel, >= 74.57 kW, high load factor | Cut-off, U
Convoyeur		x		machine operation, diesel, >= 74.57 kW, low load factor | Cut-off, U
Dragues			x	machine operation, diesel, >= 74.57 kW, steady state | Cut-off, U
Remorqueur	x			machine operation, diesel, >= 74.57 kW, high load factor | Cut-off, U

De plus, comme la consommation de diesel est importante à l'intérieur des frontières de notre système, il a été décidé de régionaliser les processus *ecoinvent* appropriés en tenant compte de la provenance du diesel consommé pour la province de Québec en se basant sur les données de l'État de l'Énergie au Québec, 2025 (Whitmore et Pineau, 2021).

4.2.1 Scénario 1 : Dragage du chenal des pêcheurs

Le premier scénario modélise le dragage du chenal des pêcheurs qui durerait 107 jours d'après les premières estimations (Consortium Norda Stelo/Englobe, 2024). Afin de respecter les contraintes liées à l'habitat du poisson, la période de dragage dans le port de Matane est d'environ 90 jours par année. Ainsi, dans les faits, le scénario 1 devrait se dérouler sur plus d'une année. Cependant, dans le cadre de cet exercice et considérant que la grande majorité des émissions de GES serait émise la première année, l'ensemble des GES ont été imputés au scénario 1.

Pendant ce scénario, l'utilisation de deux grues dragueuses montées sur des barges et de quatre remorqueurs est envisagée. Les quatre remorqueurs servent à déplacer les grues montées sur barge. Les détails utilisés pour l'inventaire sont présentés aux tableaux 4 et 5. Le remorquage présenté au tableau 4 n'inclut pas le transport au large des sédiments non contaminés, qui lui est présenté au tableau 5.

Tableau 4 : Inventaire des équipements hors route utilisés lors du scénario 1

Activité	Durée (jours)	Équipement (puissance)	Carburant (consommation)	Quantité équipement	Taux d'utilisation (h/j)	Utilisation totale (h/scenario)
Dragage mécanique	107	Drague mécanique (405 HP)	Diesel (43,1 kg/h)	2	24	2 568
Remorquage	107	Remorqueur (750 HP)	Diesel (79,8 kg/h)	4	10 % du temps de dragage (Webb et coll., 2015)	256,8

Tableau 5 : Données utilisées pour le transport des sédiments non contaminés au large du port

Activité	Volume sédiments (m^3)	Densité (kg/m^3)	Distance (km)	Mode de transport	Quantité transportée (t.km)
Transport sédiments	37 200	2 000	3	Barge	223 200

4.2.2 Scénario 2 : Dragage du poste à quai nº 2

Le scénario 2 décrit le dragage de la zone où sera construit le quai n° 2. En plus d'une drague mécanique déplacée par deux remorqueurs, une drague hydraulique sera utilisée. La durée du dragage mécanique sera de 257 jours et se déroulera donc sur 3 années. Le dragage hydraulique sera effectué durant 10 jours.

Des sédiments non contaminés et contaminés sont dragués à cette étape. Le remorquage présenté au tableau 6 n'inclut pas le transport au large des sédiments non contaminés, qui lui est présenté au tableau 7. Les sédiments contaminés sont acheminés par voies terrestres à un lieu d'enfouissement technique (LET) qui accepte les sols contaminés. Considérant le volume important de sédiments contaminés et ne connaissant pas la capacité d'accueil des différents LET identifiés par le MELCCFP (2024), la distance de transport vers le LET est une moyenne considérant la localisation du LET à Matane (3,7 km) et du LET à Rimouski (96,3 km).

Le traitement des sédiments contaminés au LET est modélisé par défaut avec le processus *ecoinvent* « Inert waste {RoW}| treatment of inert waste, sanitary landfill | Cut-off, U ». Aucun processus n'existe pour les sédiments.

Les détails utilisés pour l'inventaire sont présentés aux tableaux 6 et 7.

Tableau 6 : Inventaire des équipements hors route utilisés lors du scénario 2

Activité	Durée (jours)	Équipement (puissance)	Carburant (consommation)	Quantité équipement	Taux d'utilisation (h/j)	Utilisation totale (h/scenario)
Dragage mécanique	257	Drague mécanique (405 HP)	Diesel (43,1 kg/h)	1	24	6 168
Dragage hydraulique	10	Drague hydraulique (2 000 HP)	Diesel (212,7 kg/h)	1	24	240
Remorquage	257	Remorqueur (750 HP)	Diesel (79,8 kg/h)	2	10 % du temps de dragage [13]	616,8

Tableau 7 : Données utilisées pour le transport des sédiments contaminés et non contaminés (scénario 2)

Activité	Volume sédiments (m^3)	Densité (kg/m^3)	Distance (km)	Mode de transport	Quantité transportée (t.km)
Transport sédiments non contaminés	102 100	2 000	3	Barge	612 600
Transport sédiments contaminés	7 510	2 000	50	Camion	751 000

4.2.3 Scénario 3 : Dragage des autres secteurs du port et construction du poste à quai nº 2

Pour ce scénario, la construction du quai n° 2 se fait parallèlement aux opérations de dragage qui se poursuivent en face du quai n° 1. Le quai n° 2 est construit perpendiculairement au quai existant. La structure du nouveau quai en pieux-palplanches sera mise en place à l'aide de deux grues et d'une chargeuse sur roues. Le remorquage présenté au tableau 8 n'inclut pas le transport au large des sédiments non contaminés, qui lui est présenté au tableau 10.

Les palplanches en acier ont été modélisées à partir de données de DEP provenant d'ArcelorMittal (Guimaraes, 2023). Les pieux ont été modélisés avec un processus *ecoinvent* à partir de données fournies par ArcelorMittal sur la mise en forme des pieux utilisés pour ce genre de structure (pieux-palplanches) (ArcelorMittal, 2010), c'est-à-dire du formage à froid suivi de soudage à arc hélicoïdal, et en utilisant une DEP provenant d'ArcelorMittal Dofasco pour l'acier structural (Lipkowski, 2024).

Les autres fournitures en acier, incluant les tirants, moises, etc., ont été modélisées avec de l'acier faiblement allié et un processus moyen de transformation métallurgique provenant d'*ecoinvent*.

Les défenses de quai ont été modélisées à partir de processus *ecoinvent* en suivant la documentation technique disponible sur le site d'un fabricant (Trelleborg, 2020).

Les bollards de 50T et 100T et les bollards de protection ont été modélisés à partir d'une DEP sur des composants de fonte ductile produits aux États-Unis (Zhu et coll., 2023) et d'une DEP de Safetyflex Barriers Limited (Southwest Environmental Limited, s.d.) respectivement.

Le remblai et la pierre nette ont été modélisés avec le même processus unitaire d'*ecoinvent* « Gravel, crushed {CA-QC}| market for gravel, crushed | Cut-off, U ». Ce processus ne tient pas compte de la taille de concassage, ce qui peut sous-estimer ou surestimer l'empreinte carbone des pierres qui sont respectivement concassées finement ou grossièrement.

Le remblayage se fera à l'aide d'une pelle mécanique, d'une chargeuse sur roues, d'un bouteur et d'un compacteur. Les matériaux de remblai proviendront des carrières aux alentours du site, mais peut-être aussi d'ailleurs au Québec considérant la grande quantité de remblai nécessaire. Le transport du remblai et la pierre nette a alors été conservé comme multimodal (93 % routier, 4 % ferroviaire et 3 % maritime) en utilisation les estimations par défaut d'*ecoinvent* pour cette catégorie de commodité.

Lorsque les processus utilisés pour la modélisation n'incluaient pas de transport, les distances de transport par défaut d'*ecoinvent* ont été utilisées par groupes de commodités (Borken-Kleefeld, 2012).

Les détails de l'inventaire pour le scénario 3 sont présentés aux tableaux 8, 9 et 10.

Tableau 8 : Inventaire des équipements hors route utilisés lors du scénario 3

Activité	Durée (jours)	Équipement (puissance)	Carburant (consommation)	Quantité équipement	Taux d'utilisation (h/j)	Utilisation totale (h/scenario)
Dragage mécanique	70	Drague mécanique (405 HP)	Diesel (43,1 kg/h)	1	24	1 680
Remorquage	70	Remorqueur (750 HP)	Diesel (79,8 kg/h)	2	10 % du temps de dragage (Webb et coll., 2015)	168
Construction	150	Chargeuse sur roues (432 HP)	Diesel (44,2 kg/h)	1	8,1	1 215
		Grue (405 HP)	Diesel (44,2 kg/h)	2	8,1	1 215
Remblayage	145	Pelle mécanique (131 HP)	Diesel (8,8 kg/h)	1	8,1	1 174,5
		Chargeuse sur roues (432 HP)	Diesel (44,2 kg/h)	1	9	1 305
		Compacteur (131 HP)	Diesel (11,1 kg/h)	1	2,25	326,25
		Bouteur (265 HP)	Diesel (23,0 kg/h)	1	2,25	326,25

Tableau 9 : Inventaire des intrants matériaux utilisés pour la construction du quai n° 2

Matériau	Quantité	Unité	Informations complémentaires
Palplanches en acier	777 000	kg	Type AZ 26-700
Béton type V MTMD (50 MPa)	4 356	m³	Inclut : béton des pieux, couronnement en béton, blocs d'ancrage des pieux et bollards, béton pour plaques de défenses, pour base de bollards, et massif de béton au coin du quai
Pieux en acier	2 412 000	kg	Deux dimensions Diamètre : 1 372 mm; épaisseur : 25,4 mm Diamètre : 1 372 mm; épaisseur : 13 mm
Fournitures en acier	172 300	kg	Inclut : pieux pour massifs de coin, tirants pour pieux, moises, tirants pour bollards
Défenses de quai, type leg	28		Poids unitaire (Nbre / défense) Face en polyéthylène très haute densité : 373 kg (1) Panneau en acier carbone : 400 kg (1) Éléments d'attache : 4 819 kg (2)
Bollard, type T, 50T et 100T	4 710	kg	Poids unitaire (Nbre d'unité) 50T : 165 kg (16 p) 100T : 345 kg (6 p)
Bollard de protection	10		Représentant 8 types de bollards de protection anti-véhicule
Remblai	264 000	m³	Densité moyenne 2 700 kg/m³
Pierre nette	6 000	m³	

Tableau 10 : Données utilisées pour le transport des sédiments non contaminés au large du port (scénario 3).

Activité	Volume sédiments (m³)	Densité (kg/m³)	Distance (km)	Mode de transport	Quantité transportée (t.km)
Transport sédiments	55 768	2 000	3	Barge	334 608

4.2.4 Scénario 4 : Démolition et reconstruction du poste à quai nº 1

Lorsque la construction du quai n° 2 sera terminée, les activités de démolition et de reconstruction du quai n° 1 commenceront (scénario 4). La machinerie utilisée pour ce scénario sera sensiblement la même que dans le cadre du scénario 3 et la construction du quai n° 2. Le même type de structure est réalisé donc les mêmes méthodes et matériaux seront utilisés (cf. section 4.2.3 ci-dessus).

La démolition du quai existant (quai n° 1) génère une quantité de résidus qui seront acheminés à l'extérieur du chantier pour être traités. Les résidus incluent :

– Acier provenant des anciens pieux structuraux qui sont coupés à ras le fond marin;
– Béton provenant de la structure du quai et du tunnel existants;
– Bollards;
– Défenses de quai.

Lorsque les processus utilisés pour la modélisation n'incluaient pas de transport, les distances de transport par défaut d'*ecoinvent* ont été utilisées par groupes de commodités (Borken-Kleefeld, 2012).

Les détails de l'inventaire pour le scénario 4 sont présentés aux tableaux 11, 12 et 13.

Tableau 11 : Inventaire des équipements hors route utilisés lors du scénario 4

Activité	Durée (jours)	Équipement (puissance)	Carburant (consommation)	Quantité équipement	Taux d'utilisation (h/j)	Utilisation totale (h/scénario)
Démolition	130	Chargeuse sur roues (432 HP)	Diesel (44,2 kg/h)	1	4,5	585
		Grue (405 HP)	Diesel (44,2 kg/h)	2	4,5	585
		Pelle mécanique (131 HP)	Diesel (8,8 kg/h)	2	4,5	585
Construction	90	Chargeuse sur roues (432 HP)	Diesel (44,2 kg/h)	1	8,1	729
		Grue (405 HP)	Diesel (44,2 kg/h)	2	8,1	729
Remblayage	100	Pelle mécanique (131 HP)	Diesel (8,8 kg/h)	1	8,1	810
		Chargeuse sur roues (432 HP)	Diesel (44,2 kg/h)	1	9	900
		Compacteur (131 HP)	Diesel (11,1 kg/h)	1	2,25	225
		Bouteur (265 HP)	Diesel (23,0 kg/h)	1	2,25	225
		Convoyeur (n/d)	Diesel (6,0 kg/h)	1	8,1	810

Tableau 12 : Inventaire des intrants matériaux utilisés pour la construction du quai n° 1

Matériau	Quantité	Unité	Informations complémentaires
Palplanches en acier	552 200	kg	Type AZ 26-700
Béton type V MTMD (50 MPa)	3 338	m³	Inclut : béton des pieux, couronnement en béton, blocs d'ancrage des pieux et bollards, béton pour plaques de défenses, pour base de bollards, et massif de béton au coin du quai
Pieux en acier	2 151 000	kg	Deux dimensions Diamètre : 1 372 mm; épaisseur : 25,4 mm Diamètre : 1 372 mm; épaisseur : 13 mm
Fournitures en acier	112 000	kg	Inclut : pieux pour massifs de coin, tirants pour pieux, moises, tirants pour bollards
Défenses de quai, type leg	27		Poids unitaire (Nbre / défense) Face en polyéthylène très haute densité : 373 kg (1) Panneau en acier carbone : 400 kg (1) Éléments d'attache : 4 819 kg (2)
Bollard, type T, 50T et 100T	2 550	kg	Poids unitaire (Nbre d'unité) 50T : 165 kg (11 p) 100T : 345 kg (5 p)
Bollard de protection	6	p	
Remblai	76 600	m³	Densité moyenne 2 700 kg/m³
Pierre nette	6 000	m³	

Tableau 13 : Données utilisées pour la modélisation des résidus de démolition (scénario 4)

Type de résidu	Quantité (p)	Volume (m³)	Densité (kg/m³)	Poids linéaire (kg/m)	Quantité totale (kg)	Processus *ecoinvent*
Pieux du quai existant (500 mm)	300	-	-	640 kg/m[14]	96 000	Scrap steel {RoW}| market for scrap steel | Cut-off, U
Béton (quai)	-	5 100	2 332	-	1,19E7	Waste concrete {RoW}| market for waste concrete | Cut-off, U
Béton (tunnel)	-	700	2 332	-	1,63E6	Waste concrete {RoW}| market for waste concrete | Cut-off, U
Acier (bollards)	11	-	-	-	2 355	Scrap steel {RoW}| market for scrap steel | Cut-off, U
Acier (défenses de quai)	21	-	-	-	1,10E5	Scrap steel {RoW}| market for scrap steel | Cut-off, U
Polyéthylène (défenses de quai)	21	-	-	-	7 826,3	Waste polyethylene {RoW}| market for waste polyethylene | Cut-off, U

4.2.5 Scénario 5 : Réfection du brise-lames ouest, reconstruction du réseau d'aqueduc et travaux de voirie

Dans le scénario 5, on considère la réfection du brise-lames ouest avec de l'enrochement et la finition du réaménagement avec la reconstruction du réseau d'aqueduc et les travaux de voirie pour les accès aux quais.

Les matériaux d'enrochement, pierres de carapace (1T à 2T) et pierres filtre (100 à 1 000 mm) ont été modélisés avec le même processus unitaire d'*ecoinvent* « Gravel, crushed {CA-QC}| market for gravel, crushed | Cut-off, U ». Ce processus ne tient pas compte de la taille de concassage, ce qui peut sous-

estimer ou surestimer l'empreinte carbone des pierres qui sont respectivement concassées finement ou grossièrement.

L'enrochement se fera à l'aide de deux pelles mécaniques. Les matériaux d'enrochement proviendront des carrières aux alentours, mais peut-être aussi d'ailleurs au Québec considérant la grande quantité de matière nécessaire. Le transport du remblai et la pierre nette a alors été conservé comme multimodal (93 % routier, 4 % ferroviaire et 3 % maritime) en utilisation les estimations par défaut d'*ecoinvent* pour cette catégorie de commodité. Les travaux de voirie incluent le nouveau pavage pour les surfaces de roulement des quais et du chemin d'accès qui sera composé de deux couches : une couche de 300 mm d'enrobé MG20 et une de 600 mm d'enrobé MG112. Le bitume requis pour les zones 2 par le MTMD est le bitume PG 58H-34 pour la couche de base et le PG 58E-34 pour la couche de surface (MTMD, 2023). Pour modéliser les enrobés, les résultats de la DEP du fabricant d'enrobé ontarien, Miller Paving Limited, a été utilisée.

Les modélisations du réseau d'aqueduc, sanitaire et électrique sont basés sur les processus *ecoinvent* pour la construction des mêmes infrastructures. La capacité du réseau d'égout a été déterminée en fonction de la capacité du réseau de la ville de Matane qui est de 4,8 milliards de litres par année (Ville de Matane, s.d.). Le réseau électrique est considéré de moyenne tension. Comme le démantèlement de ces réseaux et la disposition des résidus générés sont intégrés aux processus *ecoinvent*, il a été décidé de les garder tels quels pour éviter du double comptage en créant de nouvelles données pour la disposition des déchets générés par le scénario 6.

Lorsque les processus utilisés pour la modélisation n'incluaient pas de transport, les distances de transport par défaut d'*ecoinvent* ont été utilisées par groupes de commodités (Borken-Kleefeld, 2012).

Les détails de l'inventaire pour le scénario 5 sont présentés aux tableaux 14, 15 et 16.

Tableau 14 : Inventaire des équipements hors route utilisés lors du scénario 5

Activité	Durée (jours)	Équipement (puissance)	Carburant (consommation)	Quantité équipement	Taux d'utilisation (h/j)	Utilisation totale (h/scénario)
Enrochement brise-lames	30	Pelle mécanique (131 HP)	Diesel (8,8 kg/h)	1	9	270
Démolition réseau aqueduc	75	Chargeuse sur roues (432 HP)	Diesel (44,2 kg/h)	1	8,1	607,5
		Pelle mécanique (131 HP)	Diesel (8,8 kg/h)	1	9	675
Reconstruction réseau aqueduc	90	Pelle mécanique (131 HP)	Diesel (8,8 kg/h)	1	9	810
		Chargeuse sur roues (432 HP)	Diesel (44,2 kg/h)	1	9	810
Travaux voirie	21	Compacteur (131 HP)	Diesel (11,1 kg/h)	1	9	189
	21	Paveuse (225 HP)	Diesel (7,9 kg/h)	1	9	189

Tableau 15 : Inventaire des intrants matériaux utilisés pour le scénario 5

Matériau	Quantité	Unité	Informations complémentaires
Enrobés	51 270	m³	MG112 et MG20
Enrochement	83 600	m³	Densité moyenne : 2 700 kg/m³ 75 % pierres carapace et 25 % de pierres filtre

Tableau 16 : Inventaire des processus d'infrastructure utilisés pour le scénario 5

Matériau	Quantité	Unité	Processus *ecoinvent*
Conduites eau potable	1 224	m	Water supply network {GLO}| market for water supply network | Cut-off, U
Conduites égout sanitaire	708	m	Sewer grid, 5E9l/year, 110 km {RoW}| sewer grid construction, 5E9l/year, 110 km | Cut-off, U
Conduites égout pluvial	1 717	m	Sewer grid, 5E9l/year, 110 km {RoW}| sewer grid construction, 5E9l/year, 110 km | Cut-off, U
Réseau électrique	1	km	Transmission network, electricity, medium voltage {CA-QC}| transmission network construction, electricity, medium voltage | Cut-off, U

4.2.6 Scénario 6 : Exploitation des nouvelles installations

L'exploitation des nouvelles installations du port de Matane consiste en des opérations accrues, car la capacité de tonnage qui est de 311 000 tonnes par année actuellement augmentera graduellement sur 10 ans pour atteindre un plateau à 451 000 tonnes par année (KPMG, 2024). La durée du scénario 6 correspond à la durée de vie prévue des nouvelles installations, soit 50 ans.

Ensuite, une augmentation graduelle de ces deux variables suit la tendance du tonnage. D'après l'étude de KPMG (2024), le tonnage va augmenter pour atteindre 391 000 tonnes/an de capacité deux à trois années après la construction. Ensuite, il va augmenter encore graduellement pour atteindre une capacité maximale de 451 000 t/an, dix ans après la construction. Ce dernier tonnage est ensuite gardé constant pendant toute la durée de vie utile des nouvelles installations du port de Matane. Une régression logarithmique a été utilisée pour refléter au mieux les trois points de données existants (t=0; 311 000 t/an, t=3; 391 000 t/an, et, t=10; 451 000 t/an). Les pourcentages d'augmentation sont fournis au tableau 17.

Pour refléter les impacts du projet, seulement la différence (augmentation) entre les opérations actuelles et les opérations prévues est considérée. Ainsi, seuls les équipements de manutention de la marchandise nécessaires en plus de la flotte actuelle sont considérés. De la même manière, pour les navires, seuls les navires en plus du taux de visites actuel sont pris en compte dans les calculs.

Pour établir la référence des taux d'utilisation des équipements de manutention ou du nombre de navires visiteurs des nouvelles installations à leur capacité maximale (451 000 t/an), les données actuelles concernant le nombre d'équipements nécessaires à l'exploitation des deux quais, ainsi que le nombre de navires visiteurs moyen annuel (2020-2023) (ISO, 2017), ont été utilisées. Elles sont présentées aux tableaux 18 et 19.

Tableau 17 : Tendance d'augmentation du tonnage à la suite du projet de réaménagement

Régression	y = 60 626 ln(x) + 315 599, R² = 0,9982									
Année post-construction	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tonnage (par année)	311 kt	358 kt	382 kt	400 kt	413 kt	424 kt	434 kt	442 kt	449 kt	451 kt
Pourcentage d'augmentation	0 %	15,0 %	22,9 %	28,5 %	32,9 %	36,4 %	39,4 %	42,0 %	44,3 %	45,0 %

Il est supposé que la quantité d'équipements de manutention nécessaires et le nombre de navires visiteurs supplémentaires suivront la tendance du tonnage.

Les taux d'utilisation moyens annuels des équipements de manutention de marchandises proviennent d'un inventaire GES d'un port déchargeant le même type de marchandises que le port de Matane (marchandises diverses et en vrac sèches) (Starcrest Consulting Group, s.d.).

Tableau 18 : Inventaire de référence des équipements de manutention utilisés lors du scénario 6

Activité	Équipement (puissance)	Carburant (consommation)	Quantité équipement	Taux d'utilisation (h/an)
Manutention marchandises	Bouteur (265 HP)	Diesel (23,0 kg/h)	1	1 600
	Chargeuse sur roues (432 HP)	Diesel (44,2 kg/h)	1	529
	Chariot élévateur (350 HP)	Diesel (35,0 kg/h)	1	660

Tableau 19 : Données de référence pour les navires visiteurs. Nombre de visite par type et taille de navire sur une année

Type navire	Catégorie de taille (*deadweight tonnage*, *DWT*)	N^{bre} visite/an
Barge/cargo	0-1 999	1,5
	2 000-9 999	6,1
	10 000-59 999	31,9
Divers	0-1 999	0,9
	2 000-9 999	0,9
Ro-Ro	2 000-9 999	7
Tug	s. o.	13
Total		61

Les paramètres de calculs pour les émissions directes de GES imputables aux navires visitant le port de Matane sont présentés à l'annexe B. Les consommations de carburant sont basées sur la puissance de chacun des moteurs (principal, auxiliaire), mais aussi les chaudières auxiliaires. Les données sur les puissances moyennes par type de moteur et par type de navire, ainsi que les facteurs de charges ont été obtenus de la littérature (Starcrest Consulting Group, s.d.; Faber et coll., 2020 ; Browning et Bailey, 2006 ; Fuentes García et coll. 2021). Les navires visitant le port sont majoritairement considérés comme possédant des moteurs diesel à vitesse moyenne. Les remorqueurs (tug) sont considérés comme des navires avec un moteur diesel à vitesse élevée.

Les facteurs d'émission utilisés pour le mazout léger et le diesel proviennent du RDOCECA [28].

La maintenance du port a été modélisée de manière grossière au prorata de la superficie terrestre des nouvelles installations du port de Matane par rapport aux données disponibles dans la base de données *ecoinvent,* avec le processus « Operation, maintenance, port US-EI U ».

4.3 Analyse de la qualité des données

Selon la norme ISO 14044:2006 (ISO, 2006b), les exigences relatives à la qualité des données devraient au minimum en assurer la validité, ce qui équivaut à leur représentativité quant à l'âge, la provenance géographique et la performance technologique.

Une analyse qualitative de la qualité des données a été faite dans le cadre de cette modélisation. Tous les processus unitaires, ainsi que leur représentativité en termes de fiabilité, complétude, temporalité, géographie et technologie, sont présentés à l'annexe A.

4.4 Classification des émissions de GES

Le tableau 20 présente comment les émissions de GES ont été classifiées pour l'étude.

Tableau 20 : Classification des émissions de GES par type et description des activités correspondantes

Type d'émission de GES	Correspondance des activités
Directes	Émissions de GES de combustion des équipements, véhicules hors route utilisés lors des travaux et lors de l'exploitation des nouvelles installations (incl. les navires en escale ou en manœuvre)
Indirectes	Toutes autres émissions ne tombant pas dans la classification « directes » : Extraction/transformation/transport matériaux Extraction/transformation/transport de l'énergie (p. ex. : carburant) Transport/traitement des résidus de construction et dragage



5 Résultats et interprétation

5.1 Analyse des impacts du cycle de vie

Les tableaux 21, 22 et 23 présentent les résultats d'impacts aux changements climatiques pour l'unité fonctionnelle, qui est le réaménagement des installations portuaires du port de Matane et son exploitation.

On peut voir que l'année qui génère le plus de GES est la quatrième année des travaux avec 10 868 tonnes de CO2 équivalents. L'année des travaux qui génère le moins de GES est la deuxième année avec 6 199 t CO_2 eq. Les émissions de GES de la période d'exploitation (50 ans) sont plus grandes au total, mais par année sont plus petites que les cinq premières années de construction.

Tableau 21 : Empreinte carbone du réaménagement des installations portuaires

Catégorie de dommages	Total	Projet 1re année	Projet 2e année	Projet 3e année	Projet 4e année	Projet 5e année	Projet années 6 à 55
GWP100 (t CO_2 eq)	1,34E+05	7,58E+03	6,20E+03	9,74E+03	1,09E+04	6,52E+03	9,35E+04

Tableau 22 : Empreinte carbone de l'unité fonctionnelle, ventilée par GES obligatoires

Catégorie d'impact	Total	Projet 1re année	Projet 2e année	Projet 3e année	Projet 4e année	Projet 5e année	Projet années 6 à 55
CO_2 (t CO_2 eq)	1,26E+05	7,00E+03	5,72E+03	9,03E+03	1,03E+04	6,28E+03	8,72E+04
CH_4 (t CO_2 eq)	5,50E+03	4,68E+02	3,92E+02	5,81E+02	4,46E+02	2,08E+02	3,41E+03
N_2O (t CO_2 eq)	9,35E+02	5,67E+01	4,01E+01	5,09E+01	3,47E+01	1,56E+01	7,38E+02
NF_3 (t CO_2 eq)	2,66E-07	5,42E-08	5,41E-08	7,90E-08	5,05E-08	2,52E-08	3,03E-09
SF_6 (t CO_2 eq)	7,88E+01	4,72E+00	4,26E+00	7,03E+00	5,26E+00	2,21E+00	5,53E+01
Autres (t CO_2 eq)	2,35E+01	3,27E+00	3,13E+00	5,20E+00	3,72E+00	1,57E+00	6,59E+00

La figure 2 ci-dessous présente la répartition des émissions de GES directes et indirectes tout au long du cycle de vie du projet de réaménagement du port de Matane. La figure 3 présente la répartition des émissions de GES directes et indirectes par scénario.

Pendant la phase de construction, les émissions de GES indirectes sont beaucoup plus élevées que les émissions de GES directes (tableau 23). De la première année à la cinquième année, les émissions indirectes correspondent à 75,1 %, 85,4 %, 92,7 %, 96,4 % et 98,3 % des émissions de GES totales annuelles respectivement (figure 2). Pour la durée de l'exploitation, la proportion d'émissions indirectes de GES est de 14,8 % et atteint rapidement un plateau à 16,9 % annuellement.

Tableau 23 : Empreinte carbone du réaménagement des installations portuaires ventilée par émissions directes et indirectes de GES

GWP100 (t CO_2 eq)	Total	Projet 1re année	Projet 2e année	Projet 3e année	Projet 4e année	Projet 5e année	Projet années 6 à 55
Émissions directes	8,18E+04	1,89E+03	9,06E+02	7,06E+02	3,86E+02	1,13E+02	7,78E+04
Émissions indirectes	5,27E+04	5,69E+03	5,29E+03	9,03E+03	1,05E+04	6,41E+03	1,58E+04
Total	1,34E+05	7,58E+03	6,20E+03	9,74E+03	1,09E+04	6,52E+03	9,35E+04

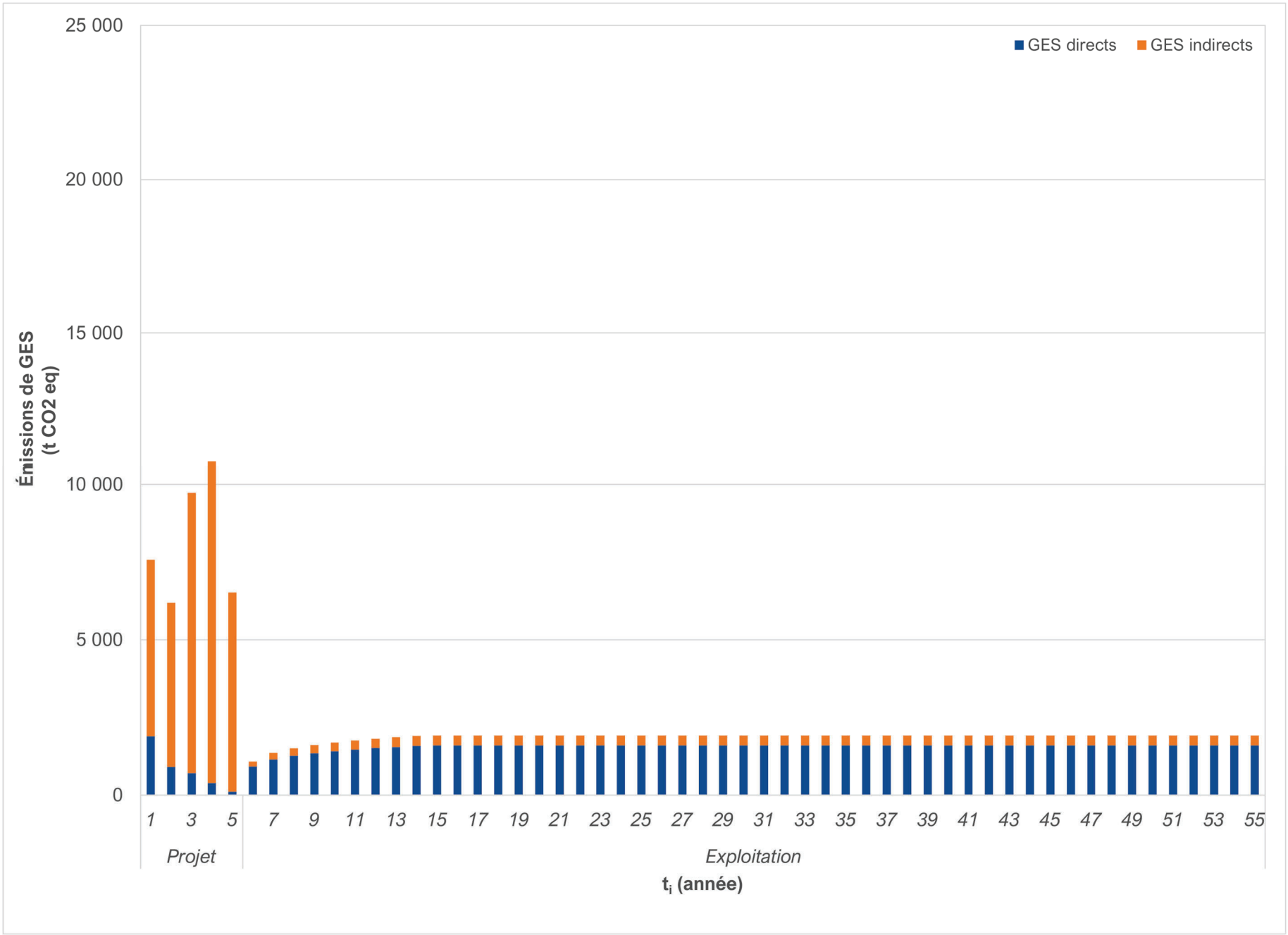


Figure 2 : Émissions de GES du cycle de vie du projet de réaménagement du port de Matane par année et pour une durée de vie de 50 ans.

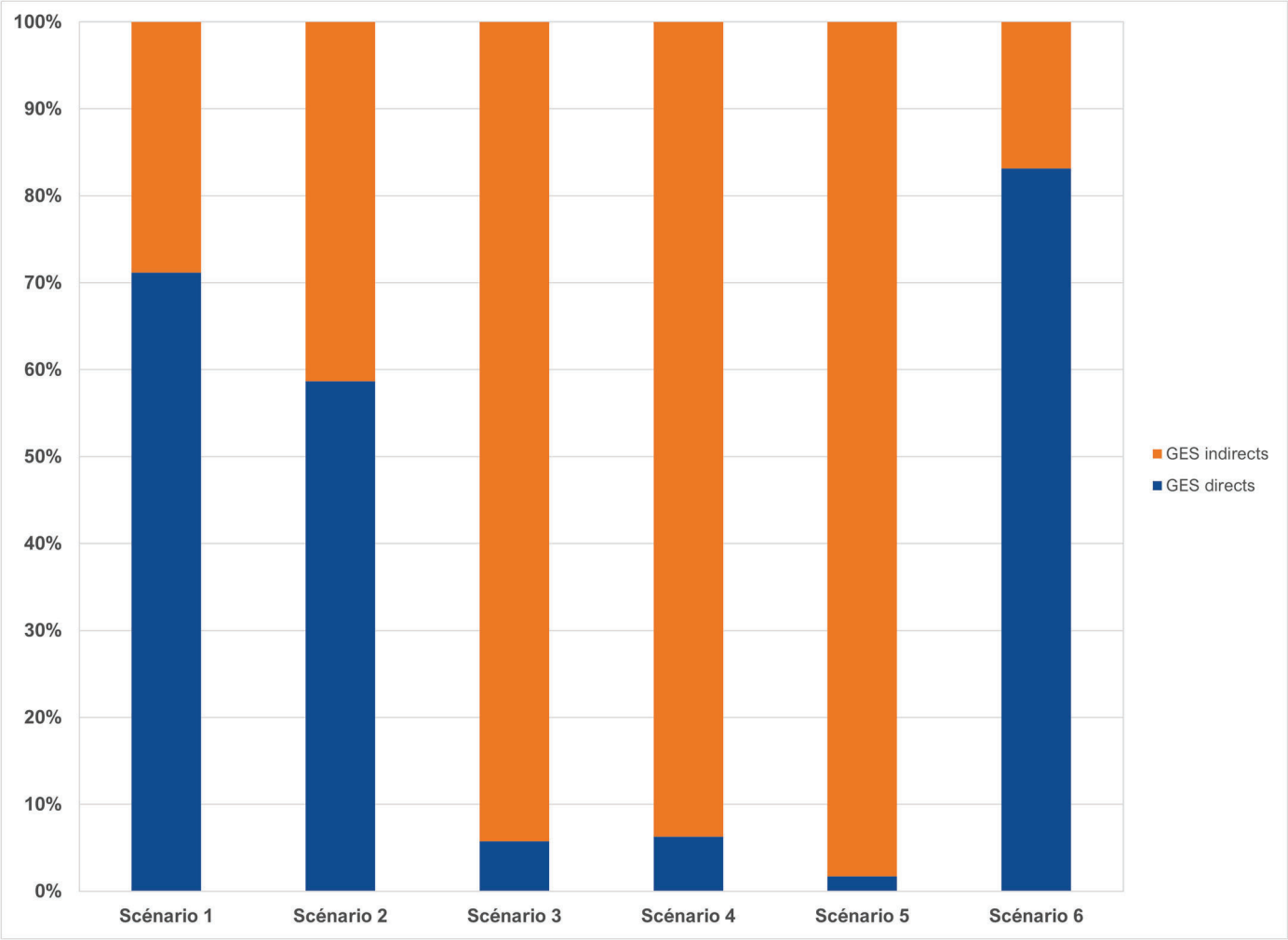


Figure 3 : Proportion d'émissions directes et indirectes de GES par scénario.

5.2 Interprétation

Comme discuté précédemment, le scénario 6 est le plus gros émetteur de GES avec 69,5 % des émissions de GES total du système (figure 4). Il est suivi du scénario 3 avec près de 12 % des émissions totales de GES. Les plus petits émetteurs sont les scénarios 1 et 2, avec 1,0 % et 1,7 % respectivement.

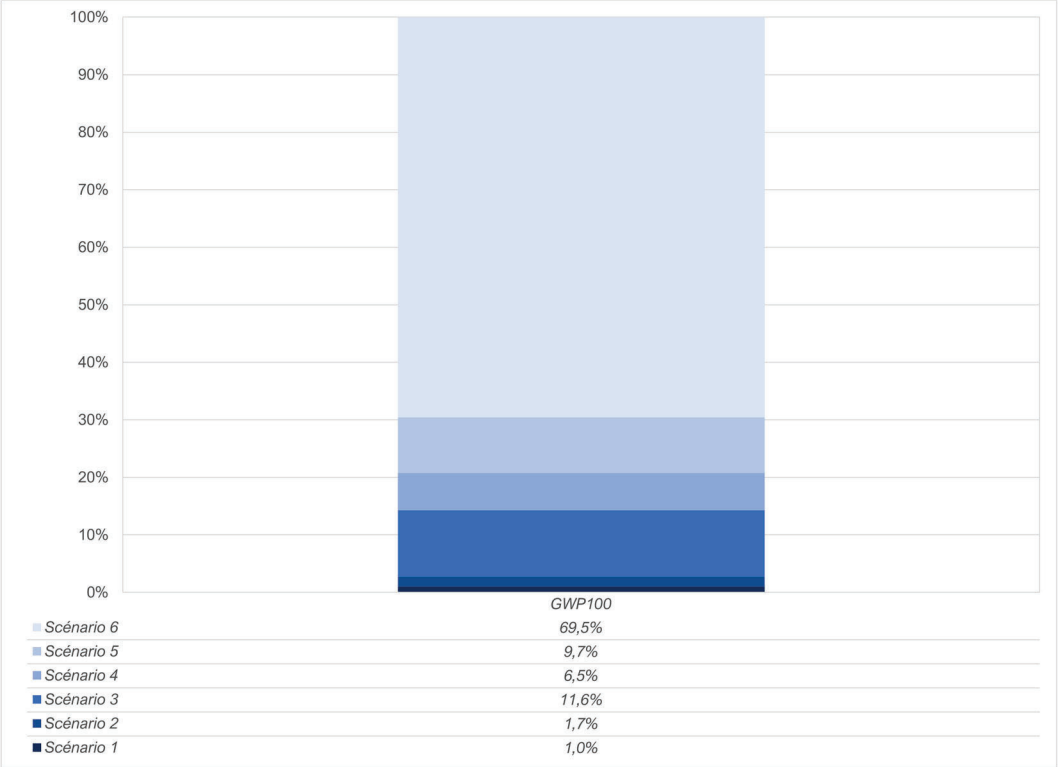


Figure 4 : Contribution des scénarios aux impacts sur les changements climatiques du cycle de vie du système.

Les figures 5 et 6 montrent que pour le scénario 6 (années 6 à 55), qui est le plus contributeur à l'empreinte carbone, la majorité des émissions de GES sont des émissions directes. Ces émissions directes sont directement reliées à l'utilisation des équipements de manutention de marchandises avec 48,7 % des émissions provenant de ces sources sur 69,5 %. Enfin, les émissions directes de GES reliées aux navires visiteurs représentent environ 9 % des émissions totales de notre système, dont la majorité proviennent des escales (94 %).

Le second contributeur majoritaire à l'empreinte carbone du projet est les émissions reliées au Scénario 3 (11,6 %) et plus précisément ses émissions indirectes (10,9 % sur 11,6 %). Celles-ci sont reliées directement au transport et à la transformation du remblai et de la pierre nette (7,41 % sur 10,9 %). Les émissions indirectes des scénarios 5 et 6 ont une contribution du même ordre de grandeur avec 9,5 % et 11,7 % respectivement. Les matériaux de construction sont responsables des émissions indirectes des scénarios 4 et 5. Pour le scénario 4, on constate que les pieux pour la structure du quai n° 1 comptent pour 37 % de ses émissions, suivi entre autres des émissions liées à la fabrication et transport des matériaux de remblai (26,9 %), du béton (13,7 %), des fournitures d'acier (5,9 %) et autres intrants matériaux (12,6 %).

Quant au scénario 5, les émissions indirectes de GES sont liées à la fabrication de l'enrobé (63,2 %), de l'enrochement (20,3 %), des matériaux nécessaires à la construction des réseaux d'aqueduc et égout (13,9 %).

Finalement, les émissions indirectes du scénario 6 proviennent principalement de la production du mazout léger.

Pour finir, l'étude KPMG (2024) a émis l'hypothèse d'une réduction des GES lors de la phase d'exploitation (scénario 6) de 49,1 kt CO_2 eq grâce à des routes logistiques plus optimales. Cependant, ces émissions évitées de camionnage sont, dans le cadre de cette étude, en dehors des frontières de notre système, car les routes logistiques au départ du port ne sont pas considérées.

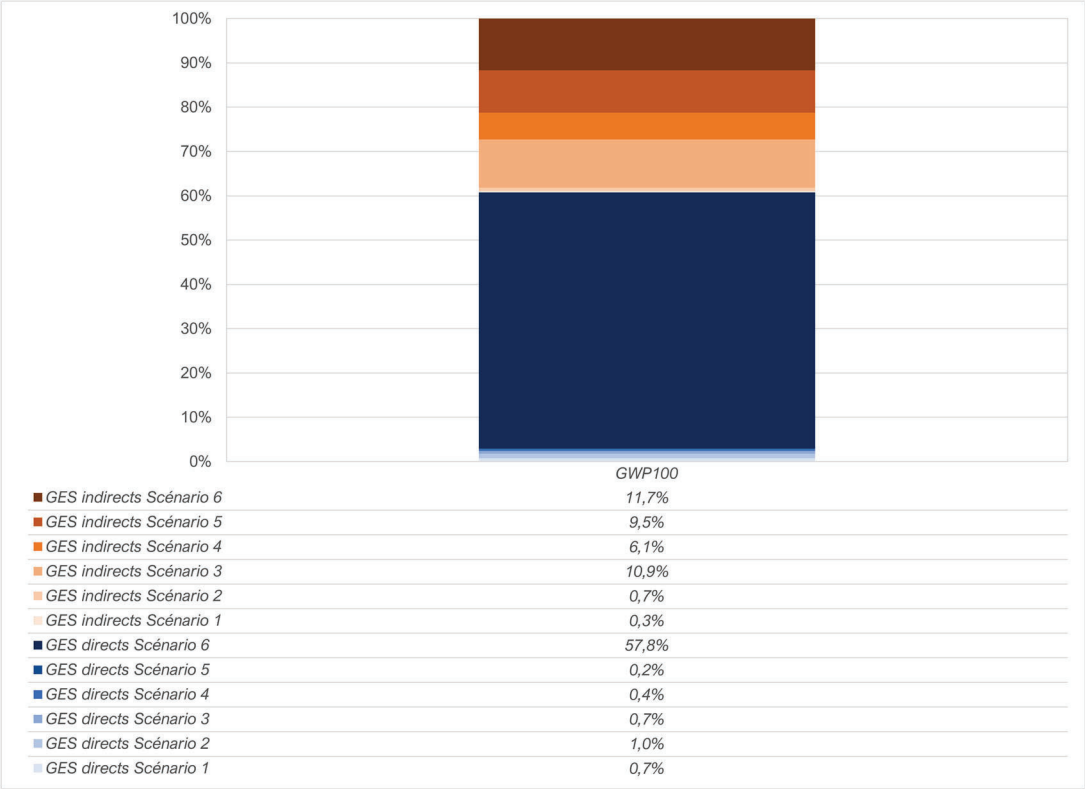


Figure 5 : Contribution des scénarios par type d'émissions (directes et indirectes) aux émissions de GES du cycle de vie du système.

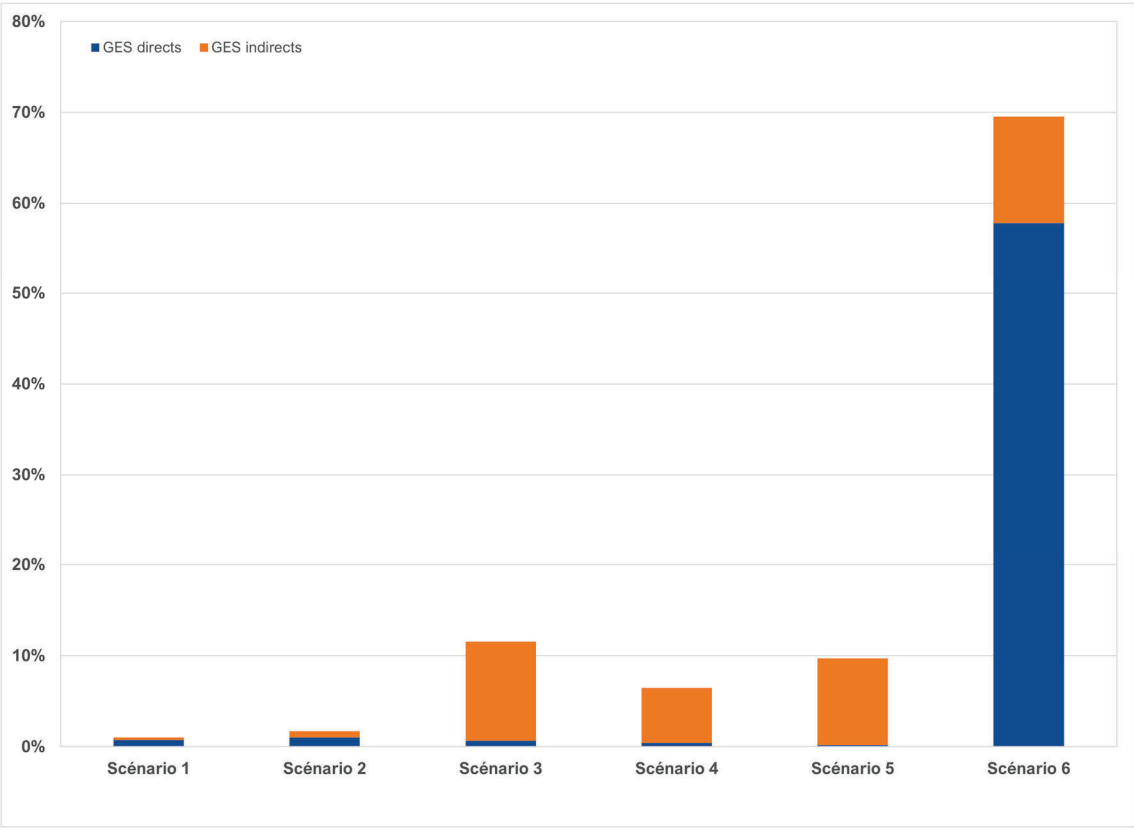


Figure 6 : Contribution des scénarios aux émissions de GES directes et indirectes du cycle de vie du système.



6 Incertitudes et analyses de sensibilité

6.1 Analyse des incertitudes

Une analyse de l'incertitude de type Monte Carlo a été effectuée pour le modèle ACV dans le logiciel SimaPro. Le nombre fixé de passages pour l'analyse est de 1 000. Les résultats de l'analyse sont présentés ci-dessous au tableau 24.

Tableau 24 : Analyse Monte Carlo pour l'indicateur GWP100 du modèle ACV

Catégorie de dommages	Unité	Moyenne	Médiane	SD	CV	2,5 %	97,5 %
GWP100	kg CO_2-eq	1,73E+08	1,73E+08	5825158,9	3,3582053	1,63E+08	1,86E+08

SD : *standard deviation*, écart-type; CV : coefficient de variation

Cependant, il est important de noter que les jeux de données *ecoinvent* contiennent par défaut des valeurs d'incertitudes, ce qui représente 70,3 % des données totales, contrairement aux données provenant de DEP et de la base de données U.S.LCI (DATASMART).

6.2 Analyses de sensibilité

6.2.1 Matériaux de remblai et autres pierres

6.2.1.1 Densité des matériaux

Les données d'arrière-plan utilisées pour modéliser les matériaux de remblai, la pierre nette et la pierre de carapace sont les mêmes. Il n'y a pas de distinction de taille dans la transformation à la carrière des différentes tailles de pierre. Cependant, actuellement, ces pierres sont modélisées en utilisant le processus unitaire : « z. Gravel, crushed {CA-QC}| market for gravel, crushed | Cut-off, U ».

Sachant que ce processus unitaire est le contributeur important dans plusieurs scénarios, dont le scénario 3, il a été décidé de voir les impacts sur le modèle en changeant la densité (kg/m³) de ces matériaux. La densité modélisée est 2 700 kg/m³ et les densités analysées sont -20 % et -50 % de la densité modélisée, soit 2 200 kg/m³ et 1 300 kg/m³.

Les résultats de cette analyse de sensibilité sont présentés au tableau 25 et à la figure 7, ci-dessous.

Tableau 25 : Résultats sur l'empreinte carbone de l'UF du changement de densité pour les matériaux de remblai et pierres

	Densité initiale (2 700 kg/m³)	Densité -20 % (2 200 kg/m³)	Densité -50 % (1 300 kg/m³)
GWP100 par UF (kg CO_2 eq)	1,34E+08	1,32E+08	1,28E+08
Δ GWP100		-1,7 %	-4,9 %

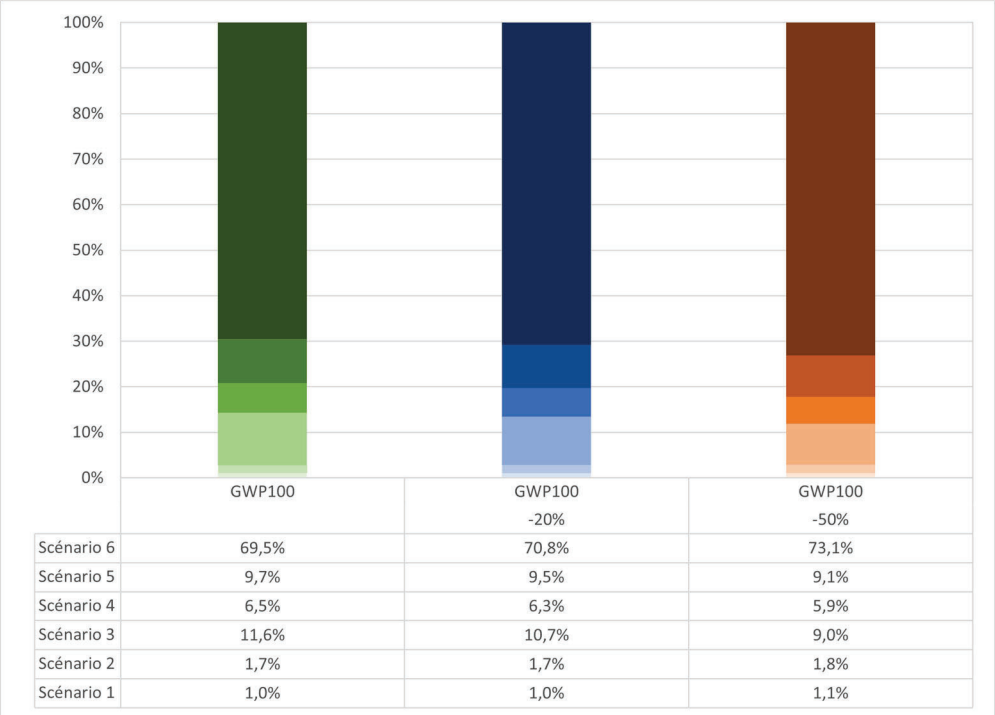


Figure 7 : Résultats d'analyse de sensibilité pour l'indicateur GWP100. Densité des matériaux de remblai et pierres.

On peut constater que la modification de la densité modélisée ne change pas les conclusions générales de l'étude. De plus, la variation de l'empreinte carbone totale est faible (< 5 %) donc le modèle n'est pas très sensible à ce paramètre.

6.2.1.2 Transport des matériaux

Les données d'arrière-plan utilisées pour modéliser les matériaux de remblai, la pierre nette et la pierre de carapace sont les mêmes. Elles incluent le transport qui a été modifié dans le cadre du modèle pour refléter l'incertitude entourant les carrières qui pourront fournir le chantier de construction avec les volumes de matériaux requis. Cependant, les données originales de la base de données *ecoinvent* considèrent que pour le Québec, les pierres concassées sont transportées par transport routier exclusivement. Il a donc été décidé d'analyser la sensibilité du modèle au mode de transport de ces matériaux.

Les résultats de cette analyse de sensibilité sont présentés au tableau 26 et à la figure 8, ci-dessous.

Tableau 26 : Résultats sur l'empreinte carbone de l'UF du changement du mode de transport pour les matériaux de remblai et pierres

	Transport modélisé multimodal	Transport original unimodal
GWP100 par UF (kg CO_2 eq)	1,34E+08	1,36E+08
Δ GWP100		+0,9 %

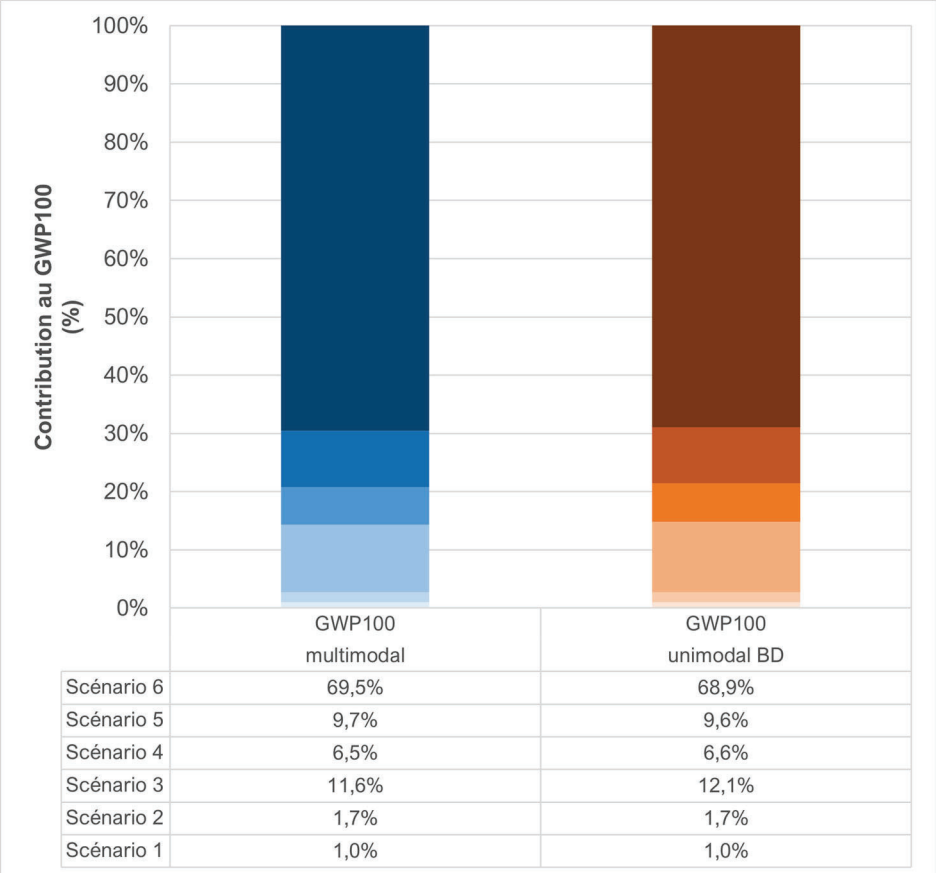


Figure 8 : Résultats d'analyse de sensibilité pour l'indicateur GWP100. Transport des matériaux de remblai et pierres.

On peut constater que la modification du mode de transport du multimodal (modélisé) et unimodal ne change pas les conclusions générales de l'étude. De plus, la variation de l'empreinte carbone totale est négligeable (< 1 %) donc le modèle n'est pas sensible à ce paramètre.

6.2.2 Processus d'infrastructures

En raison de la nature des travaux dans le projet de réaménagement, les processus d'infrastructure (p. ex., réseau d'eau potable et égouts, maintenance des infrastructures portuaires) ont été inclus dans les calculs pour les prendre en compte lors de la comptabilisation. Cependant, en voulant inclure les processus d'infrastructure qui ont été ciblés pour l'étude, on inclut par le fait même, tous les processus d'infrastructure utilisés dans les bases de données ICV d'arrière-plan.

Les résultats de l'étude ACV incluent donc les processus d'infrastructure. Pour l'analyse de sensibilité, l'exclusion de ces processus aux calculs d'impacts a été analysée. Les résultats sont présentés au tableau 27 et à la figure 9.

Tableau 27 : Résultats sur l'empreinte carbone de l'UF du changement du mode de transport pour les matériaux de remblai et pierres

	Modèle avec processus d'infrastructure	Modèle sans processus d'infrastructure
GWP100 par UF (kg CO_2 eq)	1,34E+08	1,21E+08
Δ GWP100		-9,8 %

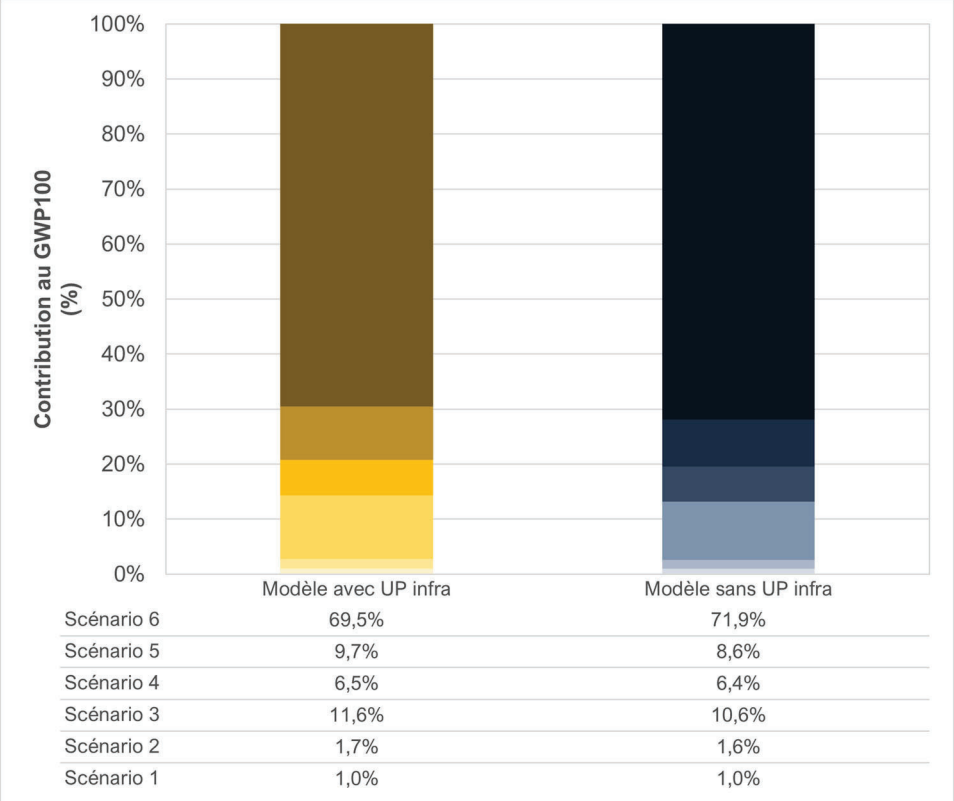


Figure 9 : Résultats d'analyse de sensibilité pour l'indicateur GWP100. Exclusion des UP d'infrastructure.

L'exclusion des processus unitaires d'infrastructure lors des calculs d'impacts n'a pas eu d'effet sur les tendances observées avec les processus d'infrastructures. Bien que le score d'impact soit légèrement plus faible, passant de 134 kt CO2 eq à 121 kt CO_2 eq (diminution de 10 % environ), le modèle démontre une faible sensibilité quant à ces processus unitaires, car les tendances observées jusqu'alors sont préservées.



7 Limitations

L’incertitude entourant l’entretien des nouvelles infrastructures portuaires est une limitation de l’étude en soi dans un contexte de changements climatiques. Bien qu’aucuns travaux majeurs ne devraient être prévus pour la durée de vie des infrastructures, si des travaux majeurs sont nécessaires avant la fin de la vie des nouvelles installations suivant la survenue d’événement ponctuel d’ampleur comme des accidents à quai ou un événement climatique, cela pourrait augmenter les émissions de GES directes et indirectes de la phase d’exploitation. Ces derniers ont été exclus des frontières du système dans le cadre de cette étude.

Aussi, l’empreinte carbone estimée dans cette étude est basée sur des calculs et concepts préliminaires et donc ne reflète pas tout à fait la réalité d’une phase d’exécution. De plus, les méthodes et équipements actuellement considérés sont basés sur l’expérience du Consortium. Comme l’exécution des travaux sera sous la responsabilité de l’entrepreneur au moment de la réalisation du projet, il est probable que les méthodes et équipements employés soient différents. L’empreinte carbone finale du projet sera alors à établir au moment des plans et devis finaux.

Enfin, l’objectif de l'ACV est d’être un outil d’aide à la décision concernant les impacts environnementaux. Le changement climatique attribuable à l’empreinte carbone n'est qu'un des nombreux impacts environnementaux qui peuvent découler du cycle de vie d'un projet et l'importance relative des différents impacts peut varier selon les systèmes étudiés. Dans certains cas, une action visant à minimiser un impact environnemental unique peut entraîner des impacts plus importants découlant d'autres aspects environnementaux (par exemple, les activités visant à réduire la pollution de l'eau peuvent entraîner une augmentation des émissions de GES du cycle de vie d'un produit, tandis que l'utilisation de la biomasse pour réduire les émissions de GES peut affecter négativement la biodiversité). Les décisions concernant les impacts des projets qui ne sont basées que sur un seul problème environnemental peuvent être en conflit avec les objectifs et les buts liés à d'autres problèmes environnementaux. L’empreinte carbone ne devrait pas être le seul élément d'un processus de prise de décision (ISO 2006a et b).



8 Conclusions et recommandations

Cette étude avait pour but d'évaluer l'empreinte carbone potentielle du projet de réaménagement des installations portuaires du port de Matane tout au long de son cycle de vie, de la construction à l'exploitation.

Les résultats ont montré qu'en dehors de la phase d'exploitation (scénario 6) de 50 ans, le scénario qui avait le plus d'impacts sur les changements climatiques était le scénario 3 suivi de proche par le scénario 5. Avec plus de 90 % des contributions aux émissions de GES des scénarios 3, 4 et 5, les émissions indirectes démontrent l'importance des choix de matériaux lors de projets de construction. Quant au scénario 6, les émissions de GES les plus importantes (directes) sont directement reliées à l'utilisation des équipements de manutention de marchandises.

Aux vues des résultats, plusieurs recommandations peuvent être émises :

- Pour réduire davantage les émissions reliées à l'exploitation, il serait intéressant de regarder les solutions alternatives d'équipements de manutention pour décarboner ces activités. Sachant que ces émissions se déroulant sur 50 ans représentent 48,7 % des émissions totales.
  - Potentiel de réduction d'émissions **directes** : ↓ **65,4 kt CO_2 eq**
  - Limitations : l'utilisation de véhicules/équipements électriques ou à carburant bas carbone, tels que l'hydrogène, déplace les émissions de GES directes aux étapes en amont et/ou aval de l'utilisation (extraction et transformation des matières premières nécessaires à la batterie, extraction et transformation des matières premières nécessaires à la production de l'hydrogène, traitement en fin de vie des batteries usagées). Les mêmes limitations touchent les biocarburants. La quantification de ces émissions est en dehors de la portée de cette étude.

- Afin de réduire les impacts reliés aux matériaux granulaires et de remblai, il pourrait être intéressant d'explorer les pistes du recyclage des résidus de béton de démolition sur site (ceux provenant du quai n° 1 existant, par exemple) afin de limiter le transport et l'extraction et concassage d'importantes quantités de matières.
  - Potentiel de réduction de l'empreinte carbone du projet :
    - 100 % d'agrégats recyclés : ↓ **7 624 t CO_2 eq**
    - 50 % d'agrégats recyclés : ↓ **3 812 t CO_2 eq**
    - 25 % d'agrégats recyclés : ↓ **1 906 t CO_2 eq**
- Limitations : ces réductions sont effectives dans un contexte où on considère que les matières recyclées n'ont pas d'impacts environnementaux avant une première transformation. À ces réductions potentielles, il faudra soustraire minimalement des émissions de concassage pour transformer les résidus de béton en remblai réutilisable par exemple. Ce qui aura pour effet de diminuer les gains de réduction d'émissions de GES.
- Sachant que les émissions directes de GES reliées aux navires visiteurs représentent environ 9 % des émissions totales de notre système, et que la majorité des émissions proviennent des escales (94 %), la diminution des émissions liées aux navires faisant une escale pourrait atteindre un maximum de 9 % en mettant en place de l'alimentation à quai (*Shore power* en anglais).
  - Potentiel de réduction des émissions **directes** : ↓ **12 kt CO2 eq**
  - Limitations : Sachant que le grid mix électrique québécois est très décarboné, l'impact des émissions d'électricité devrait être très faible. Cependant pour bien évaluer les réductions sur l'empreinte carbone du projet, il faut mettre en perspective cette option et aussi inclure la mise en place et la maintenance d'un tel système. Ces calculs sont en dehors de la portée de cette étude.
- De manière générale, l'importance des émissions indirectes de GES liées aux matériaux doit amener les futurs promoteurs du projet à prendre des mesures concrètes quant aux choix des fournisseurs et choisir, tant que possible, des matériaux à plus faible empreinte carbone : béton à faible taux de ciment (taux plus élevé de MCS[3]), composantes en acier bas carbone (contenu recyclé ou transformation moins émissive en GES), etc. La quantification des réductions est difficile à cette étape de l'étude.
- L'utilisation sur le chantier de machineries plus performantes en termes de consommation de carburant ne permettra pas de diminuer de manière significative les émissions de GES du projet, car leurs contributions à l'empreinte carbone est faible.

[3] MCS : Matériaux cimentaires supplémentaires



9 Références

ArcelorMittal. 2010. *Spirally welded steel pipes*. [En ligne] : https://constructalia.arcelormittal.com/files/AMP_Spirally%20welded%20steel%20pipes%202010--484b276daa6934cd67ca104b5b1d6684.pdf.

Borken-Kleefeld, J. 2012. *Default transport data per commodity group for the US and EU27 - Methodology and notes on data for ecoinvent. ecoinvent* Centre, Zürich, Switzerland.

Browning, L. et K. Bailey. 2006. *Current Methodologies and Best Practices for Preparing Port Emission Inventories. ICF International* (consulté le 17 mai 2006).

Consortium Norda Stelo/ Englobe. 2024. *Réaménagement des installations portuaires commerciales de Matane. Dragage et gestion des sédiments*.

Ecoinvent. s.d. *ecoinvent Version 3.9.1*. [En ligne] : https://support.ecoinvent.org/ecoinvent-version-3.9.1 (consulté le 15 mars 2024).

Environmental Protection Agency (EPA), Office of Transportation and Air Quality. s.d. *Median Life, Annual Activity, and Load Factor Values for Nonroad Engine Emissions Modeling.*, NR-005b, 2002. [En ligne] : https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P100058Z.PDF?Dockey=P100058Z.PDF (consulté le 10 fév. 2025).

Faber, J. et coll. 2020. *Fourth IMO Greenhouse Gas Study 2020. Full Report.* International Maritime Organization, London, UK.

Fuentes García, G. et coll. 2021. « Atmospheric Emissions in Ports Due to Maritime Traffic in Mexico » *Journal of Marine Science and Engineering*, vol. 9, p. 1186, 2021, doi : https://doi.org/10.3390/jmse9111186.

Gouvernement du Québec. 2024. *Q-2, r. 15 - Règlement sur la déclaration obligatoire de certaines émissions de contaminants dans l'atmosphère*.

Guimaraes Ribeiro, L. 2023. *Environmental Product Declaration for EcoSheetPileTM Plus - Steel Sheet Piles from ArcelorMittal Europe - Long Products.* The International EPD System, Stockholm, Sweden, S-P-11071.

IPCC. 2021. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom, New York, NY, USA, 2021. [En ligne] : doi:10.1017/9781009157896.

ISO. 2006a. *ISO 14040:2006, Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework*, Geneva, Switzerland.

ISO. 2006b. *ISO 14044:2006, Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines*, Geneva, Switzerland.

ISO. 2017. *ISO 21930:2017. Sustainability in buildings and civil engineering works - Core rules for environmental product declarations of construction products and services*. Geneva, Switzerland.

KPMG. 2024. *Analyse coûts-avantages des investissements prévus pour les quais 1 et 2. Rapport final.* Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG) Port de Matane.

Lipkowski, S. 2024. *Environmental Product Declaration for Hollow Structural Sections from ArcelorMittal Dofasco*. CSA Group, Toronto, ON, Canada, EPD #3079-2583.

LTS. s.d. *DATASMART LCI Package*. [En ligne] : https://longtrailsustainability.com/software/datasmart-life-cycle-inventory/ (consulté le 15 mars 2023).

Ministère de l'Environnement, de la Lutte aux changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). 2024. *Liste des lieux récepteurs de sols contaminés à usage public au Québec*.

Ministère des Transports et de la Mobilité durable (MTMD). 2023. *Choix des composants. Enrobés (Norme 4202)*. [En ligne] : https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/entreprises-partenaires/entreprises-reseaux-routier/chaussees/Documents/choix-composants-enrobes.pdf.

PRé Sustainability. s.d. *SimaPro*. [En ligne]: https://simapro.com/ (consulté le 15 mars 2024).

Saravia de los Reyes, R., Fernández-Sánchez, G., Esteban, M. D. et R. R. Rodríguez. 2020. « Carbon Footprint of a Port Infrastructure from a Life Cycle Approach ». *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 17, p. 7414, doi:10.3390/ijerph17207414.

Southwest Environmental Limited. s.d. *Environmental Product Declaration for Hostile Vehicle Mitigation Bollard from Safetyflex Barriers Limited*. EPD International AB, EPD S-P-7653.

Starcrest Consulting Group, LLC. 2023. *Inventory of Air Emissions for Calendar Year 2020. Port of Stockton, California*. [En ligne] : https://www.portofstockton.com/wp-content/uploads/2023/02/2020-Emissions-Inventory.pdf (consulté le 20 fév. 2025).

Trelleborg. 2020. *Fender Systems. Product Brochure*. Trelleborg Marine and Infrastructure.

Ville de Matane. s.d. *Eau, aqueduc et égout.* [En ligne] : https://www.ville.matane.qc.ca/services/environnement-et-voirie/eau-aqueduc-et-egout/.

Webb, R. S., Dreher, T. M.et P. Fuglevand, 2015. « Environmental Dredging Productivity for Precision Excavator Dredges » in *Proceedings of the Western Dredging Association and Texas A&M University Center for Dredging Studies*, Houston, TX, USA.

Whitmore, J. et P.-O. Pineau. 2025. *État de l'énergie au Québec. Édition 2025*. Chaire de gestion du secteur de l'énergie, HEC Montréal. [En ligne] : https://energie.hec.ca/wp-content/uploads/2025/02/EEQ2025_WEB.pdf (consulté le 10 fév. 2025).

Zhu, Y., Keoleian, G. A. et D. R. Cooper. 2023. « A parametric life cycle assessment model for ductile cast iron components ». *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 186, p. 106729.

Annexe A
Analyse de la qualité des données

	Nom du processus unitaire choisi	Jeu de données original/créé/ adapté	Géographie	Âge du jeu de données	Fiabilité	Complétude	Temporalité	Géographie	Technologie
1. Matériaux									
Palplanches	z. Palplanche_ArcelorMittal_Ecosheetpile_AZ26-700	Créé	LUX	2023	1	4	1	3	1
Pieux t25.4mm	z. Pieux d=1372mm;t=25.4mm- ArcelorMittal	Créé	CA-ON	2023	3	3	1	3	3
Pieux t13mm	z. Pieux d=1372mm;t=13mm- ArcelorMittal	Créé	CA-ON	2023	3	3	1	3	3
Béton type V MTMD	z. Concrete, 50MPa {QC-CA}| market for concrete, 50MPa | Cut-off, U	Adapté	CA-QC	2006	1	1	5	1	1
Remblai	z. Gravel, crushed {CA-QC}| market for gravel, crushed | Cut-off, U	Adapté	CA-QC	2011	2	2	4	1	3
Pierres de carapace	z. Gravel, crushed {CA-QC}| market for gravel, crushed | Cut-off, U	Adapté	CA-QC	2011	2	2	4	1	3
Pierres nettes	z. Gravel, crushed {CA-QC}| market for gravel, crushed | Cut-off, U	Adapté	CA-QC	2011	2	2	4	1	3
Roches pour enrochement	z. Gravel, crushed {CA-QC}| market for gravel, crushed | Cut-off, U	Adapté	CA-QC	2011	2	2	4	1	3
Pieux pour massifs de coin, tirants pour pieux, moise, tirants pour bollard	z. Fournitures acier_autres	Créé	RoW	2010	3	4	4	3	3
Défenses de quai	z. Défenses quai - type Leg fenders	Créé	GLO	2011	5	4	4	5	2
Bollard de protection	z. Bollard de protection_2021_GLO	Créé	GLO	2021	1	4	2	2	2
Bollard 50T/100T	z. Ductile cast iron component_US_2023	Créé	US	2023	1	4	1	3	2
Pavage (MG-20, MG-112)	z. Asphalt_binderPG64-28/PG58-34_RAP0-15%_m³	Créé	CA-ON	2024	1	3	1	3	2
2. Machinerie									
Drague mécanique	z. Drague mécanique_Machine operation, diesel, >= 74.57 kW, steady-state {QC-CA}| machine operation, diesel, >= 74.57 kW, steady-state | Cut-off, U	Adapté	CA-QC	2014	4	2	4	3	2
Drague hydraulique	z. Drague hydraulique_Machine operation, diesel, >= 74.57 kW, Hi LF {QC-CA}| machine operation, diesel, >= 74.57 kW, steady-state | Cut-off, U	Adapté	CA-QC	2014	4	2	4	3	2
Grue	z. Grue_Machine operation, diesel, >= 74.57 kW, steady-state {QC-CA}| machine operation, diesel, >= 74.57 kW, steady-state | Cut-off, U	Adapté	CA-QC	2014	4	2	4	3	2
Chargeuse sur roue	z. Chargeuse sur roue_Machine operation, diesel, >= 74.57 kW, high load factor {QC-CA}| machine operation, diesel, >= 74.57 kW, high load factor | Cut-off, U	Adapté	CA-QC	2014	4	2	4	3	2
Pelle mécanique	z. Pelle_mecanique_Machine operation, diesel, >= 74.57 kW, low load factor {QC-CA}| machine operation, diesel, >= 74.57 kW, low load factor | Cut-off, U	Adapté	CA-QC	2014	4	2	4	3	2
Compacteur	z. compacteur_Machine operation, diesel, >= 74.57 kW, high load factor {QC-CA}| machine operation, diesel, >= 74.57 kW, high load factor | Cut-off, U	Adapté	CA-QC	2014	4	2	4	3	2
Bouteur	z. Bouteur_Machine operation, diesel, >= 74.57 kW, high load factor {QC-CA}| machine operation, diesel, >= 74.57 kW, high load factor | Cut-off, U	Adapté	CA-QC	2014	4	2	4	3	2
Convoyeur	z. Convoyeur_Machine operation, diesel, >= 74.57 kW, low load factor {QC-CA}| machine operation, diesel, >= 74.57 kW, low load factor | Cut-off, U	Adapté	CA-QC	2014	4	2	4	3	2
Chariot élévateur	z. Chariot_elevateur_Machine operation, diesel, >= 74.57 kW, high load factor {QC-CA}| machine operation, diesel, >= 74.57 kW, high load factor | Cut-off, U	Adapté	CA-QC	2014	4	2	4	3	2
Paveuse	z. Paveuse_Machine operation, diesel, >= 74.57 kW, high load factor {QC-CA}| machine operation, diesel, >= 74.57 kW, high load factor | Cut-off, U	Adapté	CA-QC	2014	4	2	4	3	2
3. Navires									
Remorqueur (tug)	z. Remorqueur_ca. 500hp	Créé	CA-QC	2010	4	2	4	3	3
Navires visiteurs (émissions aggrégées)	z. Navires_visiteurs_escale/manoeuvre_par année_	Créé	RoW	2011	4	1	4	1	1
4. Transport									
Transport sédiments au large	z.Transport, freight, inland waterways, barge_Indirects_ {CA}| transport, freight, inland waterways, barge | Cut-off, U	Adapté	CA-QC	2010	4	2	4	3	3
Transport terrestre des sédiments	Transport, single unit truck, short-haul, diesel powered, Northeast/tkm/RNA	Original	US	2010	2	2	4	3	3

	Nom du processus unitaire choisi	Jeu de données original/créé/ adapté	Géographie	Âge du jeu de données	Fiabilité	Complétude	Temporalité	Géographie	Technologie
5. Traitement de déchets									
Déchets de la démolition du quai 1 (acier)	Scrap steel {RoW}| market for scrap steel | Cut-off, U	Original	RoW	2011	2	2	4	3	3
déchets de la démolition du quai 1 (béton)	Waste concrete {RoW}| market for waste concrete | Cut-off, U	Original	RoW	2011	2	2	4	3	3
déchets de la démolition du quai 1 (face défenses de quai)	Waste polyethylene {RoW}| market for waste polyethylene | Cut-off, U	Original	RoW	2011	2	2	4	3	3
Sédiments contaminés	Inert waste {RoW}| treatment of inert waste, sanitary landfill | Cut-off, U	Original	RoW	2010	2	2	4	3	3
6. Infrastructures									
Construction/démolition réseau d'égoût	Sewer grid, 5E9l/year, 110 km {RoW}| sewer grid construction, 5E9l/year, 110 km | Cut-off, U	Original	RoW	2010	2	3	4	3	2
Construction/démolition réseau d'eau potable	Water supply network {GLO}| market for water supply network | Cut-off, U	Original	GLO	2011	2	3	4	3	2
Maintenance des infrastructures portuaires	z. Operation, maintenance, port/CA-QC/US-EI U	Adapté	CA-QC	2002	2	4	5	5	3
Construction/démolition réseau électrique moyenne tension	Transmission network, electricity, medium voltage {CA-QC}| transmission network construction, electricity, medium voltage | Cut-off, U	Original	CA-QC	2016	1	1	3	1	1

Pointage de la qualité des données : 1=très bonne qualité et 5=qualité inconnue ou mauvaise qualité

Annexe B
Scénario 6 : Inventaire pour navires

Paramètres de calculs pour la consommation des navires visiteurs

		Moteur principal				Moteur auxiliaire					Chaudières auxiliaires							
Type navire	Catégorie de taille	P (kW)	FC_m	FC_e	C_m (g/kWh)	P (kW)	FC_m	FC_e	C_m (g/kWh)	C_e (g/kWh)	FC_e	FC_m	Pe (kW)	Pm (kW)	C (g/kWh)	T_m (h)	T_e (h)	Type carburant
Barge/cargo	0-1999	1155,5	0,16	0	244,5	231,1	0,45	0,16	187,5	244,5	0,75	0,73	80	73,3	320	1	60	Mazout léger
Barge/cargo	2000-9999	2684,5	0,16	0	244,5	536,9	0,45	0,16	187,5	244,5	0,75	0,76	140,0	125,0	320	1	60	Mazout léger
Barge/cargo	10000-59999	8375,5	0,16	0	244,5	1675,1	0,45	0,16	187,5	244,5	0,79	0,76	140,0	125,0	320	1	96	Mazout léger
Divers	0-1999	2068,0	0,16	0	247,0	351,6	0,45	0,22	187,5	221,3	0,50	0,41	220,0	220,0	320	1	50,9	Mazout léger
Divers	2000-9999	5465,0	0,16	0	246,9	929,1	0,45	0,22	187,5	221,3	0,50	0,41	220,0	220,0	320	1	50,9	Mazout léger
Ro-Ro	2000-9999	5465,0	0,15	0	249,4	1415,4	0,45	0,26	187,5	210,7	1,00	1,00	260,0	260,0	320	1	17,5	Mazout léger
Tug	s. o.	2801,6	0,31	0	246,9	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.	1	s. o.	Diesel

P : puissance du moteur; FC_m : facteur de charge en manœuvre, FC_e : facteur de charge en escale, C_m : consommation de carburant en manœuvre, C_e : consommation de carburant en escale, C : consommation de carburant, P_e : puissance en escale, P_m : puissance en manœuvre, T_m : temps en manœuvre, T_e : temps en escale

Équation 1

$$C_{tot} = T_e \times \sum_{i,e}\left[P_{i,e} \times FC_{i,e} \times C_{i,e}\right] + T_m \times \sum_{i,m}\left[P_{i,m} \times FC_{i,m} \times C_{i,m}\right]$$

Où :

C_{tot} : consommation totale de carburant du navire, en gramme

T_e *et* T_m : durée d'activité (escale ou manœuvre), en heure

$P_{i,e}$ *et* $P_{i.m}$: puissance du moteur considéré (principal, auxiliaire ou chaudière auxiliaire) pour l'activité (escale ou manœuvre) lorsqu'applicable, en kilowatt

$FC_{i,e}$ et $FC_{i,m}$: facteur de charge du moteur considéré pour l'activité (escale ou manœuvre), adimensionnel

$C_{i,e}$ *et* $C_{i,m}$: consommation du moteur considéré pour l'activité (escale ou manœuvre), en gramme par kilowattheure

Annexe C
Carbone noir

La quantité totale de carbone noir émise durant le cycle de vie du projet est de 3 230,7 kg soit 1 486,1 tCO_2 eq.

Sources d'émissions de carbone noir	Quantité d'émissions CN (kg)	Quantité de GES attribuable au CN (tCO_2eq)
Équipements hors route	658,3	302,8
Navire	2 572,4	1 183,3



englobecorp.com

Réaménagement des installations portuaires de Matane

Dragage et gestion des sédiments

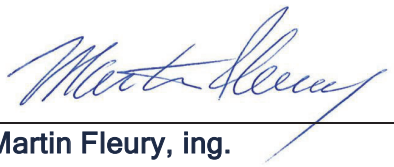
Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG)
Version finale
Nº de référence :
40-2223-001/002/004

Juin 2025
16-02301790.000-0400-EN-R-0800-01

A-784

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG)
No de référence : 40-2223-001/002/004

Préparé par :



Martin Fleury, ing.
Chef de projet
Englobe - Études environnementales et changements climatiques

Validé par :



Stéphan Ferrero, ing.
Directeur Portuaire et Côtier
Chargé de projet principal
Norda Stelo

Approuvé par :



Catherine Lalumière, biol., MBA
Directrice de service
Englobe - Études environnementales et changements climatiques

Équipe de réalisation

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG)

Chargés de projet	David Parent, ing., directeur des infrastructures portuaires Caroline Ratté, directrice de l'environnement et du développement durable

Consortium Norda Stelo | Englobe

Chargé de projet	Stéphan Ferrero, ing.
Coordonnatrice en environnement	Catherine Lalumière, biol., MBA
Coordonnatrice adjointe en environnement	Annie Taillon, biogéogr., M. Sc. Eau
Responsable de discipline	Martin Fleury, ing.
Collaborateur	Annie Bérubé, biol.
Cartographie/SIG	Joseph-Antoine Beaudry, ing. Manuel Pronovost, B. Sc., géomaticien Philippe Lemieux, géomaticien, M. Sc.

Registre des révisions et émissions

Nº DE RÉVISION	DATE	DESCRIPTION
0A	13 décembre 2024	Émission de la version préliminaire pour commentaires
0B	16 janvier 2025	Émission de la version préliminaire révisée pour commentaires
00	4 avril 2025	Émission de la version finale pour approbation
01	25 juin 2025	Émission de la version finale

Propriété et confidentialité

« Ce document est destiné exclusivement aux fins qui y sont mentionnées. Toute utilisation du rapport doit prendre en considération l'objet et la portée du mandat en vertu duquel le rapport a été préparé ainsi que les limitations et conditions qui y sont spécifiées et l'état des connaissances scientifiques au moment de l'émission du rapport. Le Consortium Norda Stelo/Englobe Corp. ne fournit aucune garantie ni ne fait aucune représentation autre que celles expressément contenues dans le rapport.

Ce document est l'œuvre du Consortium Norda Stelo/Englobe Corp. Toute reproduction, diffusion ou adaptation, partielle ou totale, est strictement prohibée sans avoir préalablement obtenu l'autorisation écrite du Consortium Norda Stelo/Englobe Corp. et de son Client. Pour plus de certitude, l'utilisation d'extraits du rapport est strictement interdite sans l'autorisation écrite du Consortium Norda Stelo/Englobe Corp. et de son Client, le rapport devant être lu et considéré dans sa forme intégrale.

Aucune information contenue dans ce rapport ne peut être utilisée par un tiers sans l'autorisation écrite du Consortium Norda Stelo/Englobe Corp. et de son Client. Le Consortium Norda Stelo/Englobe Corp. se dégage de toute responsabilité pour toute reproduction, diffusion, adaptation ou utilisation non autorisée du rapport.

Si des essais ont été effectués, les résultats de ces essais ne sont valides que pour l'échantillon décrit dans le présent rapport.

Les sous-traitants du Consortium Norda Stelo/Englobe Corp. qui auraient réalisé des travaux au chantier ou en laboratoire sont dûment évalués selon la procédure relative aux achats de notre système qualité. Pour toute information complémentaire ou de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec votre chargé de projet. »

Table des matières

1 Introduction 1
1.1 Mise en contexte 1
1.2 Zones d'étude 2

2 Besoins en dragage 5
2.1 Dragage de capitalisation 5
2.2 Dragage d'entretien 6

3 Dragage des sédiments 9
3.1 Variantes de méthodes de dragage étudiées 9
3.1.1 Variante 1 : dragage mécanique 10
3.1.2 Variante 2 : dragage hydraulique 11
3.1.3 Variante 3 : combinaison des méthodes mécanique et hydraulique 13
3.1.4 Variante préconisée 13
3.1.5 Séquence de dragage envisagée 15

4 Gestion des sédiments dragués 17
4.1 Variantes de mode de gestion des sédiments analysées 17
4.1.1 Variante 1 : Immersion en mer 18
4.1.2 Variante 2 : Valorisation sur le site (sous-fondation de l'aire d'entreposage au quai nº 2) 18
4.1.3 Variante 3 : Disposition terrestre hors site 19
4.1.4 Variante de mode de gestion préconisée pour les sédiments dragués 20

5 Recommandations 23

6 Références 25

TABLEAUX

Tableau 1 : Comparaison des différentes méthodes de dragage 14
Tableau 2 : Séquence des travaux de dragage 15
Tableau 3 : Comparaison des méthodes de gestion des sédiments dragués 21

CARTES

Carte 1 : Zones d’étude 3
Carte 2 : Zones de sédiments contaminés, gabarit de dragage et zones de travail 7

ANNEXE

Annexe A Avis sur le potentiel de valorisation agricole des sédiments dragués



1 Introduction

1.1 Mise en contexte

La Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG) doit procéder à des travaux de réfection de ses installations portuaires à Matane en raison de l'état de dégradation observé lors des dernières inspections. Elle souhaite profiter de ces travaux afin de réaménager ses installations portuaires en ajoutant notamment un deuxième poste à quai et de procéder à du dragage dans le havre de manière à assurer des opérations optimales et sécuritaires pour les usagers.

Conformément à l'article 4 (port, quai et terminal portuaire) de la partie II de l'annexe I du *Règlement relatif à l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement de certains projets* (c. Q-2, r. 23.1), ce projet est assujetti à la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement (PÉEIE). Afin de satisfaire la directive spécifique émise par le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement (ÉIE) du projet, l'évaluation des méthodes de dragage et des variantes envisagées pour la gestion des sédiments a été réalisée.

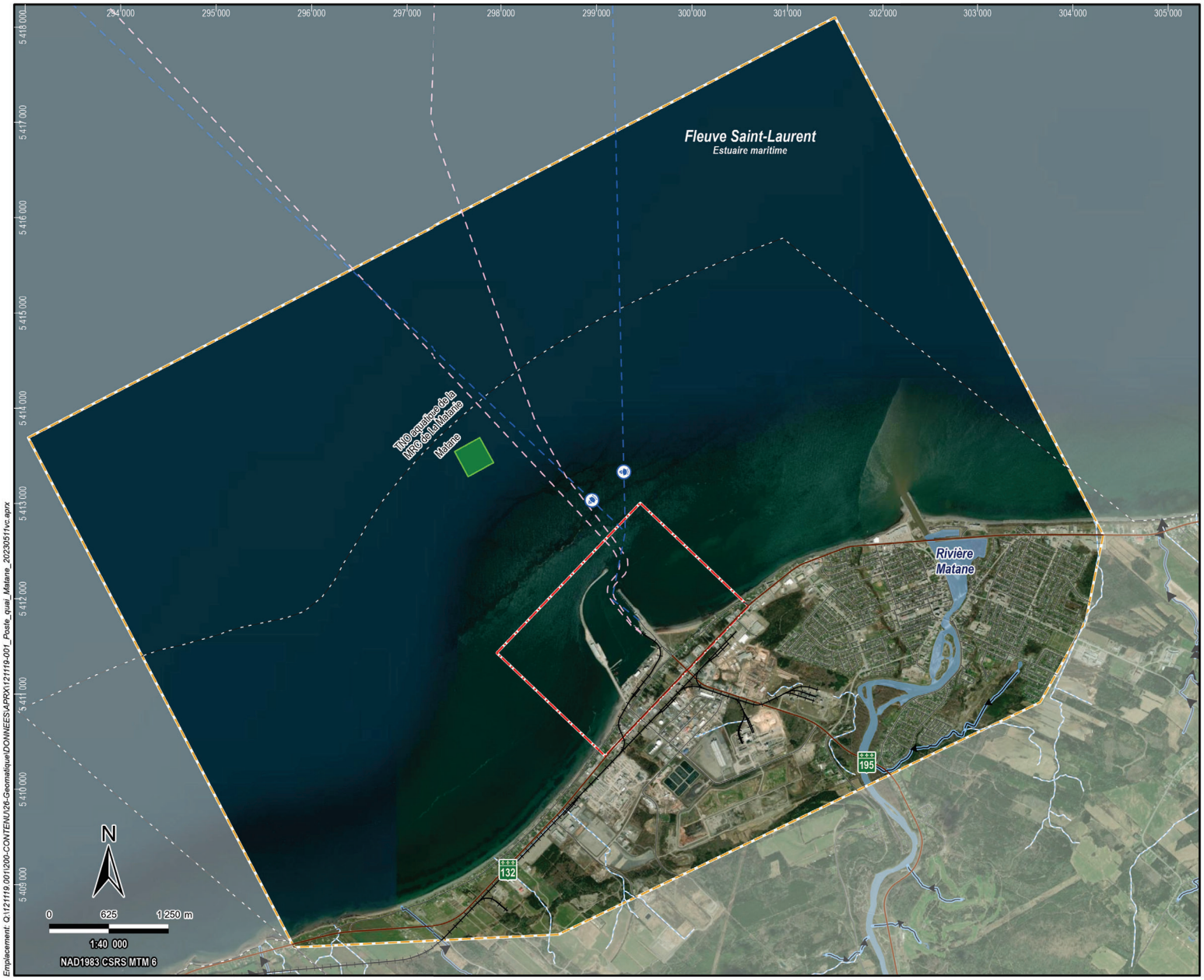
Le présent rapport servira de document de référence à la production de l'ÉIE pour tous les aspects liés aux méthodes de dragage et à la gestion des sédiments dragués exigés dans la directive émise spécifiquement dans le cadre du projet. Il détaille les variantes étudiées à la fois pour les travaux de dragage et la gestion des sédiments dragués. Les données colligées serviront également à produire les descriptions initiale et détaillée du projet à soumettre à l'Agence d'évaluation d'impact du Canada (AÉIC).

1.2 Zones d’étude

Deux zones d’étude ont été délimitées dans le contexte du réaménagement des installations portuaires de Matane (carte 1). Leurs portions terrestres se trouvent sur le territoire de la ville de Matane, laquelle est comprise dans la municipalité régionale de comté (MRC) de La Matanie, dans la région administrative du Bas-Saint-Laurent (région nº 1). Quant à la portion marine, elle est également incluse dans les limites du territoire non organisé (TNO) aquatique de la MRC de La Matanie ainsi que dans les limites de la ville de Matane. Elle correspond à une partie de l’estuaire maritime du Saint-Laurent.

D’une superficie de 6 721 ha, la zone d’étude élargie permet de bien situer le projet dans le milieu où il s’insère. Elle permet de tenir compte des principales caractéristiques du milieu d’accueil, notamment les milieux marin et humain, afin d’en établir un portrait général. Cette zone d’étude est suffisamment étendue pour inclure le site d’immersion en mer. Recoupant en grande majorité le milieu maritime ceinturant les infrastructures portuaires de Matane, la portion sud de la zone d’étude comprend une bande de terres d’environ 2 km, qui permet d’inclure l’ensemble de la zone industrialo-portuaire, les quartiers résidentiels à proximité ainsi que la partie aval et l’embouchure de la rivière Matane.

Plus petite, la zone d’étude locale a une superficie de 341 ha et se limite aux terrains limitrophes au port de Matane (carte 1). Délimitée au sud par la route 132, elle s’étend à environ 500 m de part et d’autre des infrastructures portuaires ainsi qu’à environ 1 km au large. En plus des infrastructures portuaires exploitées par la SPBSG, la zone d’étude locale comprend également les installations de la Société des traversiers du Québec (STQ), le traversier-rail, le quai des pêcheurs de Pêches et Océans Canada (MPO) ainsi que l’ensemble du milieu bâti de la rue de Matane-sur-Mer.



Emplacement: Q:\121119.001\200-CONTENU\26-Geomatique\DONNEES\APRX\121119-001_Poste_quai_Matane_20230511vc.aprx

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie

Québec

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie

- Zone d'étude élargie
- Zone d'étude locale
- Limite municipale
- Site d'immersion en mer *(Enviro-Mer, 2023)*

Hydrographie *(GRHQ, 2019)*

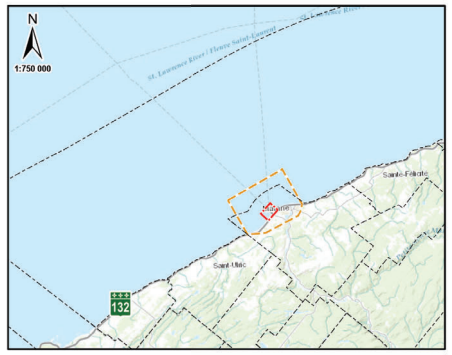
- Permanent
- Intermittent

Réseau ferroviaire

- Voie ferrée
- Transbordeur

Réseau routier

- Route nationale
- Réseau local
- Liaison maritime



Réaménagement des installations portuaires de Matane - dragage et gestion des sédiments

Zones d'étude

NORDA STELO ENGLOBE

CONSORTIUM NORDA STELO/ENGLOBE

NOVEMBRE, 2024

121119-001_C1_Dragage_20241024.pagx

Base carto : Maxar, 2022

Carte 1

Préparé : MF Dessiné : MPRO Vérifié : MF



2 Besoins en dragage

2.1 Dragage de capitalisation

Dans le contexte du projet de réfection des infrastructures portuaires à Matane, les besoins en dragage de capitalisation ont été évalués à partir de la variante d'aménagement des quais retenue (scénario 4 ; Norda Stelo, 2024) et de la zone de navigation requise pour assurer une circulation sécuritaire des bateaux dans le havre (CSEM, 2024). Ces besoins sont justifiés par certains critères de conception de la variante d'aménagement retenue, à savoir :

- La modification de la zone de navigation du havre pour accueillir les bateaux aux deux nouveaux postes à quai. Cette zone de navigation doit être aménagée de façon à assurer une profondeur minimale de -8,20 m au zéro des cartes (ZC) et à couvrir l'aire de manœuvres requise selon l'étude de navigabilité (CSEM, 2024) ;
- La profondeur d'eau minimale requise au droit des deux postes à quai (-11,00 ZC) ;
- La nécessité de déplacer le chenal d'accès au quai des pêcheurs sous la responsabilité du MPO. Ce dernier doit avoir une profondeur minimale de -4,00 m ZC pour assurer la circulation sécuritaire des bateaux de pêche.

En se basant sur ces caractéristiques de conception, un gabarit de dragage a été généré à l'aide d'un outil de modélisation 3D (carte 2). En y associant les données bathymétriques les plus récentes (Englobe, 2023), un dragage est requis sur 93 334 m^2 dans le havre, ce qui correspond à un volume total estimé à 202 578 m^3 de sédiments à draguer.

En considérant les résultats de la caractérisation des sédiments réalisée en 2023 et en 2024 (Norda Stelo/Englobe, 2024) et leur interprétation selon les critères de qualité des sédiments au Québec (Environnement Canada et MDDEP, 2007), les sédiments peuvent être subdivisés en deux catégories selon leur niveau de contamination détectée, soit :

– Les sédiments de classe 1, dont les concentrations mesurées sont inférieures à la concentration d'effets occasionnels (CEO), totalisent 195 068 m^3 ;
– Les sédiments de classe 2 affichent des concentrations mesurées supérieures à la concentration d'effets occasionnels (CEO), mais inférieures à la concentration d'effets fréquents (CEF). Le volume de cette classe de sédiments est estimé à 7 510 m^3.

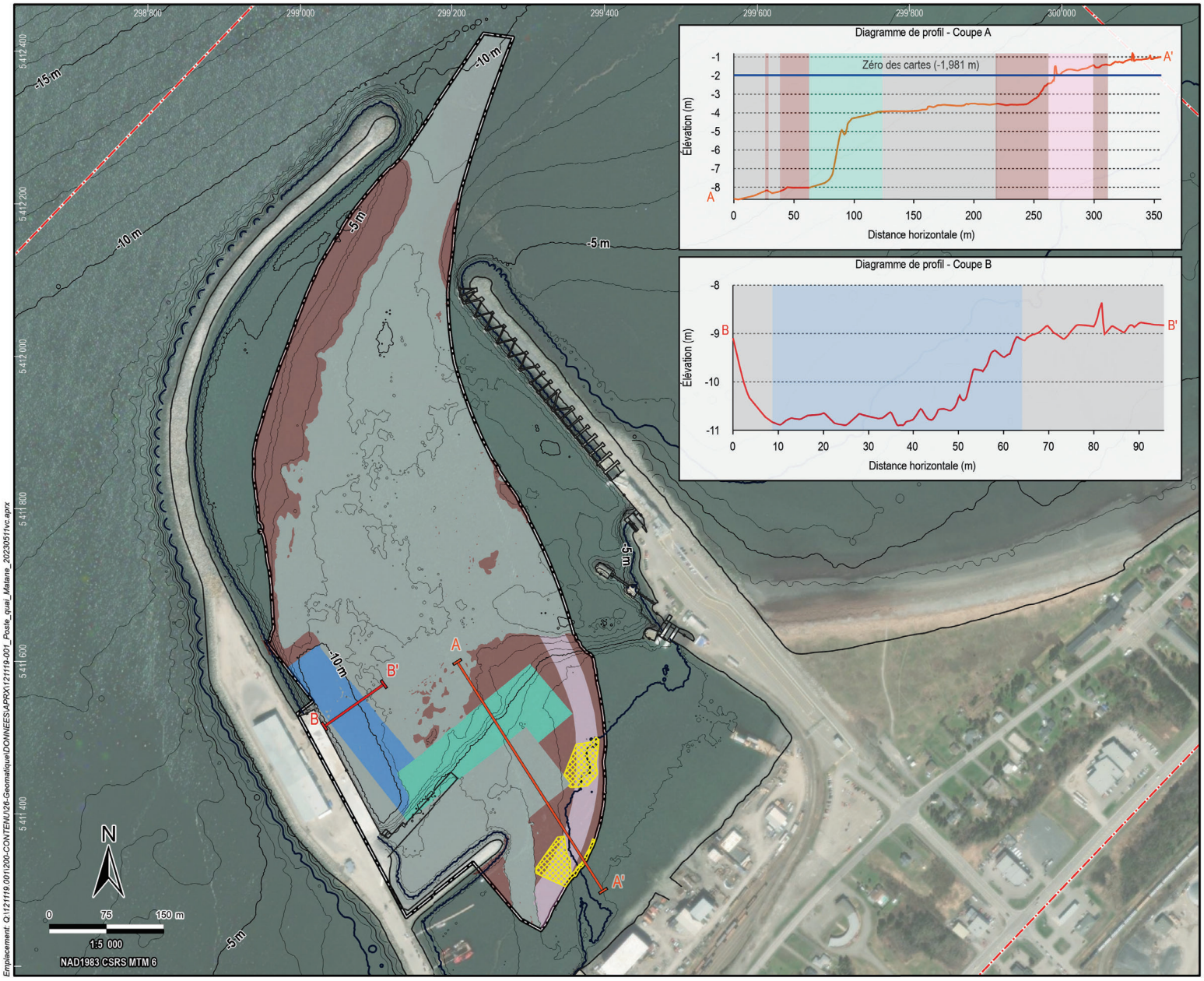
Par ailleurs, on dénote également deux types de sédiments selon qu'il s'agisse de sédiments récents, soit déposés au fond du havre depuis le dernier dragage, ou anciens, qui se trouvent dans les couches sous-jacentes (Norda Stelo/Englobe, 2024a ; 2024b). C'est essentiellement le niveau de consolidation des sédiments qui distinguent les deux types de sédiments présents dans le havre. En effet, les sédiments récents affichent un niveau de consolidation nettement plus faible que les sédiments sous-jacents et, conséquemment, une densité nettement plus faible que les sédiments sous-jacents. Quant aux sédiments se trouvant plus en profondeur, ils sont principalement constitués de silts et d'argiles surconsolidés, dont la consistance différait significativement de celle des sédiments récents en surface. Cette surconsolidation laisse présager qu'ils n'ont vraisemblablement jamais été dragués et sont donc considérés comme plus anciens.

Dans le contexte du projet, un dragage sera nécessaire dans les deux types de sédiments, soit :

– Environ 28 000 m^3 de sédiments récents (faiblement consolidés), qui sont répartis sur l'ensemble de la superficie du havre et du chenal d'accès au quai des pêcheurs où du dragage est requis (carte 2). Il s'agit de la couche de sédiments accumulés au-dessus de la cote d'aménagement du havre de -8,20 m ZC ;
– Environ 174 500 m^3 de sédiments anciens (surconsolidés), qui sont concentrés dans les secteurs du havre où la profondeur de -11,00 m ZC doit être atteinte, à savoir au droit des deux postes à quai ainsi que dans le chenal d'accès au quai des pêcheurs.

2.2 Dragage d'entretien

En se basant sur la modélisation des conditions hydrosédimentaires (Groupe Lasalle | NHC, 2024), aucun besoin en dragage d'entretien n'est requis dans un horizon de dix ans après la réalisation du dragage de capitalisation.



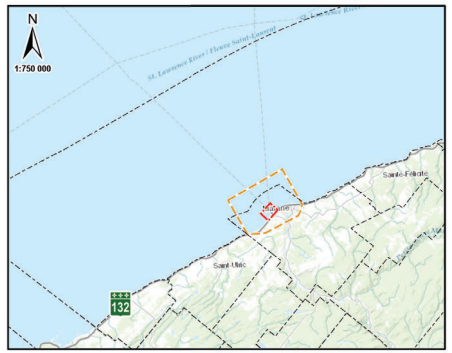
Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie

Zone d'étude élargie
Zone d'étude locale
Zone de sédiments contaminés
Gabarit de dragage

Zone de travail
Quai #1
Quai #2
Chenal d'accès au quai des pêcheurs
Havre

Diagramme de profil
Coupe A
Coupe B

Bathymétrie *(Englobe, 2023)*
Zéro des cartes (ZC) : -1,981 m
Isobathes (1 m)



Réaménagement des installations portuaires de Matane - dragage et gestion des sédiments

Zones de sédiments contaminé, gabarit de dragage et zones de travail

CONSORTIUM NORDA STELO/ENGLOBE

NOVEMBRE, 2024
121119-001_C2_Dragage_20241024.pagx
Base carto : Maxar, 2022

Carte 2

Préparé : MF Dessiné : MPRO Vérifié : MF

Emplacement: Q:\121119.001\200-CONTENU\26-Geomatique\DONNEES\APPX\121119-001_Poste_quai_Matane_20230511vc.aprx



3 Dragage des sédiments

3.1 Variantes de méthodes de dragage étudiées

Le dragage de sédiments peut être réalisé à l'aide d'une multitude d'équipements et de méthodes différentes. De façon générale, ces méthodes de dragage se divisent en deux grandes catégories, soit le dragage mécanique et le dragage hydraulique. Globalement, les dragues hydrauliques aspirent les sédiments, alors que les dragues mécaniques sont conçues pour excaver les matériaux à l'aide de godets ou de bennes.

Ces deux grandes catégories de méthodes de dragage se subdivisent ensuite selon plusieurs types d'équipements et de méthodes de travail qui présentent chacun des avantages et des inconvénients. Ainsi, le choix d'une méthode ou d'une combinaison de méthodes privilégiées repose sur la prise en compte d'une multitude de critères de nature technique, économique, environnementale et sociale. À titre d'exemples, on peut référer à la nature du projet, au type de sédiments à draguer, à la profondeur des fonds marins, aux caractéristiques du milieu marin, aux effets potentiels générés sur les composantes des milieux naturel et humain ainsi qu'aux coûts et aux délais.

Dans le contexte du projet de réaménagement des installations portuaires à Matane, trois variantes sont proposées pour effectuer le dragage, soit :

- Variante 1 : dragage mécanique ;
- Variante 2 : dragage hydraulique ;
- Variante 3 : combinaison de méthodes mécanique et hydraulique.

3.1.1 Variante 1 : dragage mécanique

Le dragage mécanique consiste à excaver les matériaux à l'aide de bennes preneuses ou de godets. Cette méthode est typiquement utilisée pour draguer les sédiments constitués de matériaux denses à lâches et permet le dragage de zones difficiles d'accès. Les équipements d'excavation peuvent être montés sur une flèche de rétrocaveuse ou sur une grue à câbles.

Le choix de la grosseur des équipements est basé sur les requis à atteindre pour le projet, comme la superficie, l'accessibilité aux zones à draguer, le potentiel de valorisation des sédiments à draguer, la profondeur à atteindre, le type de sédiments à draguer, l'échéancier des travaux, la présence de sédiments contaminés à ségréger.

Une fois les matériaux excavés, ceux-ci sont déposés dans un chaland pour être disposés en mer ou transbordés pour une gestion terrestre conformément aux autorisations délivrées. Dans ce dernier cas, les sédiments dragués sont gérés conformément à la réglementation applicable aux sols.

Deux types de drague mécanique sont généralement utilisés pour ce type de travaux, soit la drague à benne preneuse et la drague rétrocaveuse. Ces deux équipements sont présentés ci-après.

3.1.1.1 Drague à benne preneuse

La drague à benne preneuse est constituée d'une benne dont le système de fermeture peut être hydraulique ou à câbles, montée sur une grue ou sur une flèche d'excavatrice.

La benne à câbles est descendue jusqu'au fond et s'enfonce sous son poids lorsqu'elle touche la surface des sédiments. La benne se referme ensuite à l'aide de son mécanisme hydraulique ou à câbles en retenant les sédiments à l'intérieur. Bien que de nombreux types de bennes puissent être utilisés pour s'adapter aux conditions du site (en variant son poids, son volume, l'agressivité des dents, mécanisme de fermeture, etc.), on peut typiquement considérer qu'une benne montée sur une grue à câbles a une capacité de pénétration des sédiments limitée puisque la grue ne peut pas appliquer de pression verticale sur le godet. De plus, puisque la retenue des matériaux dragués repose sur la fermeture complète du godet, le taux de récupération peut être grandement réduit lorsque la drague rencontre des particules grossières (p. ex. cailloux) ou des obstacles (p. ex. débris).

Dans le cas d'une benne preneuse montée sur une flèche hydraulique, la pénétration dans les matériaux à draguer est favorisée par la pression verticale que peut appliquer la flèche hydraulique. En conséquence, la capacité opérationnelle dans des matériaux très denses s'en voit augmentée par rapport aux grues à câbles, indépendamment du type de benne sélectionnée. De la même façon, la fermeture de la benne est activée par le système hydraulique, ce qui augmente la puissance de préhension. La flèche de l'excavatrice étant rigide, la précision en plan avec laquelle la benne est descendue vers le fond est sensiblement plus grande que lorsque la benne est montée sur une grue à câble. À l'opposé, les grues à câbles ont une portée en profondeur typiquement plus grande qu'une flèche d'excavatrice, cette dernière étant typiquement limitée à environ 10 à 15 m sous la surface de l'eau selon l'aménagement de l'équipement.

Le rendement d'un tel équipement est évalué à une moyenne de près de 30 m^3/h, mais il peut varier grandement en fonction du choix de la benne utilisée et selon la composition des sédiments à draguer. Le taux de production effectif est impacté par le volume de la benne sélectionnée, la vitesse de remontée et la capacité des chalands à recevoir le matériel dragué. De plus, les conditions météorologiques peuvent grandement réduire le taux de production, considérant que les opérations sont arrêtées si les vents atteignent 55 km/h ou lorsque la hauteur des vagues atteint 1 m. Aux fins du projet, le taux de production moyen a été estimé en considérant une benne preneuse d'environ 5 m^3, une production quotidienne sur 24 h à laquelle on a soustrait, par précaution, 30 % pour les arrêts de travaux en cas de mauvaises conditions météorologiques ou de bris d'équipement. Le taux de production quotidien est donc estimé à environ 500 m^3/j.

À partir des données actuellement disponibles, une drague à benne preneuse pourrait être utilisée pour réaliser la totalité des travaux de dragage et nécessiterait moins de temps que pour les autres méthodes de dragage mécanique.

3.1.1.2 Drague rétrocaveuse

Une alternative typique à la benne preneuse est l'utilisation d'un godet monté sur une flèche d'excavatrice (rétrocaveuse). Il s'agit essentiellement d'une excavatrice de grand format fixée sur une barge. Le godet de la drague est ainsi enfoncé dans les sédiments sous la force du système hydraulique, puis le matériel est excavé et remonté à la surface. Les sédiments sont ensuite déposés dans des chalands, qui peuvent se déplacer à une installation portuaire pour le transbordement ou être disposés en mer.

Un tel équipement permet à l'opérateur d'atteindre une plus grande précision qu'avec une grue à câbles ainsi qu'une bonne versatilité dans différents types de sédiments (lorsqu'ils sont très denses ou qu'ils contiennent des cailloux). La portée en profondeur d'un tel équipement est typiquement de 12 à 15 m. Le taux de production peut varier grandement en fonction du volume du godet utilisé, mais peut être évalué à une moyenne de près de 20 m^3/h. Aux fins du projet, le taux de production moyen a été estimé en considérant un godet d'environ 3 m^3, une production quotidienne sur 24 h à laquelle on a soustrait, par précaution, 30 % pour les arrêts de travaux découlant, entre autres, de mauvaises conditions climatiques ou de bris d'équipe. Le taux de production quotidien est donc estimé à environ 330 m^3/j.

En raison de la forme ouverte d'un godet d'excavatrice, les sédiments dragués sont soumis à un certain lessivage par l'eau lors de leur remontée, ce qui présente un potentiel d'émission de matières en suspension (MES).

Basé sur les données de conception du projet, l'utilisation d'une drague rétrocaveuse serait possible pour réaliser la totalité des travaux et permettrait d'ajuster la méthode de travail aux différentes conditions observées sur le terrain. Cette méthode nécessiterait toutefois plus de temps qu'une méthode de dragage mécanique avec une benne preneuse.

3.1.2 Variante 2 : dragage hydraulique

La grande catégorie du dragage hydraulique comprend globalement les équipements de dragage par aspiration. Cette approche consiste à pomper directement un mélange d'eau et de sédiments vers des chalands à l'aide de canalisations ou à même la cale du bateau. Cette approche permet d'atteindre des taux de production pouvant atteindre, voire dépasser, 100 m^3/h. Il est à noter que des dragues hydrauliques de grands formats existent à l'international et peuvent atteindre plus de 500 m^3/h. Toutefois, de tels équipements ne sont pas disponibles au Canada et, conséquemment, ne sont pas considérés dans cette étude.

L'effet d'aspiration du dragage hydraulique limite grandement l'émission de MES lors du dragage. Puisque le matériel dragué contient une grande quantité d'eau (siccité pouvant aller jusqu'à 15 %, voire 10 % par moments), le dragage hydraulique nécessite un mode de gestion conséquent des sédiments. Les équipements de dragage hydraulique permettent de rejeter directement en mer à partir de la drague, mais il est également possible d'acheminer le matériel dragué vers la terre pour une gestion hors de l'eau. Dans le cas d'une gestion terrestre des sédiments dragués hydrauliquement, des installations d'assèchement des sédiments sont typiquement utilisées avant leur disposition finale, comme l'aménagement de bassins de décantation, des équipements d'assèchement mécanique comme de la centrifugation ou des filtres-presses. Ces mesures nécessitent donc la disponibilité d'un espace suffisant pour aménager les bassins et augmentent les frais d'exploitation. Par exemple, dans le cas d'un mode d'assèchement passif par décantation de sédiments dragués hydrauliquement, les superficies nécessaires sont typiquement de l'ordre de 1,0 m2/m3 de sédiments dragués. Basé sur le volume total de sédiments à draguer estimé à 202 578 m3 et une siccité estimée à 15%, on parlerait donc d'une aire d'assèchement d'une superficie variant de 1 000 000 à 1 500 000 m2, selon

l'aménagement retenu. Toutefois, l'espace disponible dans la zone du port commercial de Matane n'est pas suffisant pour répondre aux besoins d'une méthode d'assèchement passif. En conséquence, la possibilité de faire de l'assèchement passif de sédiments dragués avant leur transport hors site n'a pas été considérée dans le cadre de la présente comparaison des variantes. Seules certaines méthodes d'assèchement mécanique, telles que par centrifugation, pourraient demeurer envisageables en fonction des superficies disponibles.

Puisqu'une drague hydraulique utilise une tête d'aspiration plutôt qu'un godet ou une benne, son utilisation comporte une certaine imprécision quant aux épaisseurs de sédiments dragués. Cette même imprécision s'applique également pour la ségrégation de différentes couches de sédiments, dont les sédiments contaminés. Les dragues hydrauliques sont typiquement conçues pour réaliser rapidement du dragage de masse sur de grandes superficies.

Au niveau de la manœuvrabilité, les équipements sur lesquels sont typiquement montées les dragues hydrauliques nécessitent un espace minimum pour manœuvrer, de même qu'un tirant d'eau généralement plus grand que pour les dragues mécaniques. En somme, il est souvent plus difficile, voire parfois impossible, d'utiliser une drague hydraulique près de structures, comme des quais à angle par exemple, ou pour draguer des zones de faibles profondeurs. De façon générale, on peut prévoir qu'une distance minimale de 25 m de toute structure comme minimum à respecter pour assurer la sécurité des opérations. Cette distance minimale n'est cependant qu'une référence et peut être ajustée à la hausse ou à la baisse par l'entrepreneur en dragage selon l'équipement utilisé, les conditions météorologiques ou la disposition des structures environnantes.

En ce qui concerne les types de sédiments à draguer, les méthodes hydrauliques reposent sur l'effet d'aspiration pour emporter les particules de sédiments. Bien que certaines techniques puissent favoriser la mobilisation de particules plus difficiles à aspirer (p. ex. utilisation d'un jet d'eau ou d'un racloir de fond), l'efficacité du dragage hydraulique peut être grandement limitée lorsque les particules de sédiments sont trop grosses ou que les sédiments sont trop denses. De plus, puisque le dragage hydraulique nécessite de transporter les sédiments dragués dans une conduite, un effet de colmatage de la conduite peut s'observer lorsque les particules ont la granulométrie de silts ou d'argiles (effet de *clay balling*).

Parmi les équipements de dragage hydraulique disponibles, il existe deux grands types, soit les dragues à élinde traînante et les dragues à tête désagrégatrice.

3.1.2.1 Drague à succion à élinde traînante

La drague aspiratrice à élinde traînante est montée sur un navire qui se déplace dans la zone de dragage. Une élinde est installée sur le côté du navire et son extrémité est descendue près de la surface des sédiments afin de retirer l'épaisseur de sédiments souhaitée. Les sédiments sont ensuite aspirés par l'élinde en se déplaçant à faible vitesse, et sont accumulés à bord du navire. Une fois plein, le navire se déplace pour aller rejeter son contenu en mer ou être transbordé à une infrastructure portuaire. Il est à noter que les sédiments peuvent aussi être décantés à bord et l'eau rejetée par surverse.

Ce type de drague peut difficilement excaver des sédiments très consolidés ou très denses. Il est généralement utilisé lorsque les matériaux à draguer sont lâches et faciles à aspirer.

Ce type de drague présente une cadence de production moyenne pouvant atteindre (voire dépasser) 100 m^3/h tout en limitant l'émission de MES au site de dragage. Les matériaux solides aspirés par cet équipement ne représentent qu'entre 10 et 20 % du total aspiré et présentent conséquemment un potentiel d'émission de MES élevé à l'endroit du site de rejet. Dans le cas de la gestion terrestre de matériaux dragués avec une drague à succion à élinde traînante, elle nécessite généralement un effort d'assèchement significatif pour ramener le taux de siccité de 10-20 % à autour de 70 % pour que les sédiments puissent être transportés par camions ou être admissibles dans un centre de disposition finale.

Une telle drague permet également de couvrir rapidement de grandes superficies puisqu'elle se déplace en continu. Elle a toutefois besoin d'un espace dégagé et d'un tirant d'eau d'au moins 4 m pour manœuvrer.

En somme, une drague à succion à élinde traînante pourrait être utilisée dans le projet de dragage actuel pour la couche de sédiments récents et dans le havre de navigation, soit environ 13 à 15 % du total des sédiments à draguer.

3.1.2.2 Drague à succion à tête désagrégatrice

La drague à succion à tête désagrégatrice se distingue de la drague à succion à élinde traînante par la présence d'un cône dentelé installé à l'extrémité d'une élinde et qui déstructure les matériaux cohésifs avant de les pomper. Elle est particulièrement utile pour le dragage de matériaux cohésifs denses, tels que l'argile, les matériaux rocheux et/ou le gravier consolidé. Le rendement de cet équipement varie selon la nature du substrat à draguer (granulométrie) et la profondeur, mais il peut atteindre jusqu'à 5 à 10 fois plus élevé que celui du dragage mécanique dans les mêmes conditions.

Une drague à succion à tête désagrégatrice a la capacité à draguer rapidement une large gamme de substrats. Toutefois, ce type d'équipement nécessite un espace minimum pour manoeuvrer et ne permet pas de ségréger les matériaux à draguer. De plus, la désagrégation des matériaux entraîne la formation d'un panache de MES au site de dragage que l'effet de succion de la drague ne suffit généralement pas à contenir. Il est également important de noter qu'un tel équipement est très peu disponible dans l'estuaire du Saint-Laurent et son coût est sensiblement plus élevé que pour le dragage mécanique.

En somme, une drague à succion à tête désagrégatrice permettrait de réaliser un dragage de masse dans la partie centrale du port commercial de Matane, mais ne permettrait ni de draguer les zones contaminées, ni de draguer près des structures de quais. Enfin, il est à prévoir qu'un tel équipement ne puisse pas être disponible pour réaliser des travaux à Matane et représenterait un coût beaucoup trop élevé pour le projet. Il est donc peu envisageable que cette méthode soit applicable dans le contexte du présent projet.

3.1.3 Variante 3 : combinaison des méthodes mécanique et hydraulique

En fonction des paramètres à prioriser, la possibilité d'utiliser une combinaison de méthodes de dragage pourrait être une solution avantageuse pour atteindre les objectifs du projet. Une telle combinaison permettrait de profiter des avantages de chaque type d'équipements pour les appliquer à des secteurs spécifiques de la zone à draguer dans le contexte du projet.

Une telle combinaison permettrait notamment d'accélérer les travaux dans les secteurs de dragage de masse avec une drague à succion et d'effectuer des travaux de précision avec du dragage mécanique dans les secteurs où la ségrégation des sédiments est nécessaire ou à proximité des infrastructures existantes.

Pour qu'une méthode de travail hybride mécanique/hydraulique soit avantageuse, la nature des sédiments à draguer dans la zone de dragage de masse doit être compatible avec du dragage hydraulique. De plus l'utilisation de plusieurs équipements en parallèle implique plus de trafic dans la zone des travaux et peut créer de l'interférence avec les utilisateurs courants. Le volume de matériaux à draguer est également déterminant pour évaluer la viabilité d'une méthode hybride puisque les frais de préparation et de mobilisation de chacun des équipements sont significatifs et doivent être répartis sur un volume minimum afin d'être rentabilisés.

3.1.4 Variante préconisée

De manière à comparer les différentes variantes étudiées entre elles, plusieurs critères techniques, économiques, environnementaux et sociaux ont été sélectionnés (tableau 1). En se basant sur ces

critères, la variante qui apparaît offrir des avantages appréciables pour réaliser les travaux de dragage dans le contexte du projet de réfection des installations portuaires à Matane est la variante 3, soit une combinaison de méthodes de dragage mécanique et hydraulique. En effet, une telle combinaison permettrait de réaliser la totalité des travaux selon les requis du projet tout en réduisant leur durée.

Tableau 1 : Comparaison des différentes méthodes de dragage

Critère de sélection discriminant	Méthode de dragage			
	Dragage mécanique		Dragage à hydraulique	
	Godet	Benne preneuse	Élinde traînante	Tête désagrégatrice
Technique				
Taux de production typique (m^3/h)	20	30	100	200 +
Tirant d'eau (m)	2,5	3	4	Variable
Portée en profondeur (m)	14	20	30	Variable
Vents max. admissibles (km/h)	S. O.	55	S. O.	S. O.
Vagues max. admissibles (m)	1	1	2	2
Down time estimé	30 %	30 %	15 %	15 %
Taux de production effectif (m^3/j sur 24 h)	330	500	2 000	4 000+
Économique				
Coût journalier moyen	22 000 $	22 000 $	30 000 $	Variable
Coût estimé des travaux de dragage	11 587 479 $	7 242 174 $	2 795 581 $	1 747 238 $
Environnemental				
Siccité estimée des matériaux dragués	30-45 %	30-45 %	10-15 %	10 %
Aire d'assèchement potentielle (m^2)	200 000 à 675 000	200 000 à 675 000	1 000 000 à 1 500 000	1 500 000
Potentiel d'émission de MES				
Site de dragage	Élevé	Élevé	Moyen à faible	Moyen à faible
Site de relargage	Moyen	Moyen	Élevé	Élevé
Précision de ségrégation de sédiments	+/- 0,05 m	+/- 0,10 m	+/- 0,50 m	+/- 1,00 m
Social				
Trafic maritime induit dans le havre	Élevé	Très élevé	Faible	Moyen
Trafic terrestre induit				

Parmi les avantages de recourir à cette variante, il y a le fait de pouvoir augmenter la vitesse de dragage dans la partie centrale du havre recouverte de sédiments non consolidés et de classe 1 (volume d'environ 20 000 m^3). Pour ce faire, une drague à élinde traînante pourrait être utilisée, laquelle est potentiellement disponible dans l'estuaire du Saint-Laurent, ce qui réduit considérablement les frais de mobilisation. Ce type d'équipement est également approprié considérant les volumes et les profondeurs des sédiments de classe 1 à draguer dans cette partie du havre. Des vérifications seront requises en regard de l'effet potentiel de « *clay balling* ». Par ailleurs, le dragage hydraulique sera réalisé uniquement si l'immersion en mer est autorisée, car les sédiments dragués avec ce type d'équipement comportent une grande proportion d'eau et il devient contraignant, voire impossible, d'assécher de grands volumes de sédiments en milieu terrestre à proximité des installations portuaires à Matane. En maximisant l'utilisation de la drague hydraulique, il est possible de réduire la durée des travaux et de couvrir la plus grande partie de la zone à draguer, ce qui permettra de limiter les conflits d'usages pour les autres utilisateurs du havre. Par le fait même, les quantités de MES seront limitées dans le havre en recourant à ce type d'équipement.

Quant au dragage mécanique, il s'avère plus avantageux dans les portions du havre contaminées par des sédiments de classe 2 ainsi que dans les couches de sédiments consolidés plus profondes. Il s'avérera également plus adapté aux travaux à proximité des quais existant et projeté pour atteindre les profondeurs recherchées (-11 m ZC). L'équipement mécanique pourrait être une drague à benne preneuse montée sur une flèche d'excavatrice. Cet équipement permettrait d'assurer la précision du

dragage tout en conservant la capacité à s'adapter aux variations de densité des matériaux à draguer. Une benne preneuse permet une ségrégation des matériaux contaminés optimale, tout en conservant des taux de production acceptables. Compte tenu de la nature consolidée de la grande majorité des sédiments à draguer, l'émission de MES sera réduite dans le havre en comparaison avec du dragage mécanique réalisé dans des sédiments non consolidés.

Les méthodes de dragage envisagées sont dépendantes de la disponibilité des équipements dans l'estuaire du Saint-Laurent. Étant donné la quantité limitée d'équipements et de fournisseurs provenant du Québec ou des environs, il est possible que la méthode de dragage sélectionnée sur une base théorique ne soit pas réalisable en raison de l'indisponibilité de l'équipement au moment voulu ou simplement trop dispendieux à mobiliser pour le projet. En regard des méthodes présentées aux sections précédentes et sur la base des informations actuellement disponibles, des équipements de dragage mécanique à benne preneuse ou rétrocaveuse seraient disponibles par des fournisseurs québécois. De la même façon, une drague hydraulique à élinde traînante serait vraisemblablement disponible dans l'estuaire du Saint-Laurent au moment des travaux. Il ne semble toutefois pas y avoir de drague à succion à tête désagrégatrice disponible dans les eaux navigables du Québec, des Maritimes ni de l'Ontario. Ainsi, un tel équipement devrait être mobilisé depuis possiblement l'Europe, ce qui engendrerait des coûts très élevés ainsi que de possibles enjeux réglementaires. Ce type d'équipement n'est donc pas recommandé en raison de son indisponibilité locale.

3.1.5 Séquence de dragage envisagée

La durée des travaux de dragage prévus sera influencée par les périodes de dragage autorisées (automne), par les contraintes liées aux utilisateurs du havre, les conditions météorologiques ainsi que le type d'équipements utilisés. En tenant compte des espèces présentes, la période de dragage envisagée s'étendrait approximativement du 15 août au 15 novembre de chaque année. De plus, le séquençage des travaux de dragage devra être coordonné avec les travaux de construction des quais afin d'éviter les ruptures de services du quai commercial actuel (quai nº 1).

En considérant les résultats de la caractérisation des sédiments, de même que l'évaluation des volumes de matériel à draguer, il apparaît que les sédiments non contaminés (classe 1) représentent plus de 95 % du volume des sédiments à draguer. Le volume total de sédiments à draguer dépassant les 202 500 m^3, il pourrait être envisagé d'utiliser deux dragues en simultanée. En effet, la durée des travaux est un élément à considérer dans la planification du projet. Par conséquent, des travaux hybrides, utilisant à la fois un équipement hydraulique et un équipement mécanique, apparaissent avantageux dans le contexte du projet et pour établir la séquence de dragage (tableau 2).

Tableau 2 : Séquence des travaux de dragage

Année des travaux	Secteur	Cadence (m^3/jour)	Numéro de la drague	Durée (jours)	Méthode de dragage	Type de sédiments	Volume - Gestion terrestre (m^3)	Volume - Gestion en mer (m^3)
An 1	Chenal pêcheurs classe 2	500	1	15	Mécanique	Faiblement consolidés et consolidés	7 510	-
	Quai nº 2 -10 mzc	500	2	70	Mécanique	Faiblement consolidés		35 000
	Chenal pêcheurs	500	1	64	Mécanique	Faiblement consolidés et consolidés	-	31 800
An 2	Quai nº 2 -10 mzc	500	1	70	Mécanique	Consolidés	-	35 000
	Havre	2000	2	10	Hydraulique	Faiblement consolidés	-	20 000
An 3	Havre	500	1	70	Mécanique	Consolidés	-	35 000
Mise en service du quai nº 2 - Octobre An 3								
An 4	Quai nº 1 -11 mzc	500	1	20	Mécanique	Faiblement consolidés et consolidés	-	10 200
	Havre	500	1	32	Mécanique	Consolidés		16 000
An 5	Quai nº 2 -11 mzc	500	1	24	Mécanique	Consolidés	-	12 000
Mise en service du quai nº 1 - An 5								
						TOTAUX	7 510	195 000



4 Gestion des sédiments dragués

4.1 Variantes de mode de gestion des sédiments analysées

Selon les caractérisations des sédiments effectuées en 2023 et en 2024 (Consortium Norda Stelo/Englobe, 2024), les sédiments à draguer se divisent en deux classes de sédiments, soit classe 1 et classe 2. Ces classes de contamination sont basées sur les critères publiés par le Plan Saint-Laurent (EC et MDDEP, 2007) et sont applicables pour la gestion des sédiments en milieu hydrique seulement. Les résultats de caractérisation environnementale des sédiments ont également permis de classer ces derniers en fonction des critères génériques publiés par le MELCCFP (Beaulieu, 2021), soit les critères connus comme A, B ou C applicables respectivement comme limite de quantification, limite pour un terrain à vocation résidentielle et limite pour un terrain à vocation commerciale/industrielle. Ces derniers critères sont applicables pour la gestion des sédiments en milieu terrestre et permettent de les classer comme des sols.

Parmi le volume théorique de 202 578 m^3 de sédiments à draguer, un volume calculé à 195 068 m^3 a été déterminé comme étant de classe 1, en regard des paramètres du Plan Saint-Laurent (EC et MDDEP, 2007). Le volume restant à draguer, soit 7 510 m^3, est de classe 2. Le volume total de sédiments à draguer (202 578 m^3) se subdivise également en 125 872 m^3 dont le niveau de contamination est <A, alors que 76 706 m^3 de sédiments à draguer est compris dans la plage A-B des critères génériques. Il importe de noter qu'une zone de sédiments contaminés affiche une teneur en soufre >C et l'autre zone présente une teneur en soufre dans la plage de critère « A-B ». L'essai TDPAS réalisé sur l'échantillon affichant une teneur >C a obtenu un pH de 7. Ces résultats confirment que les sédiments de classe 2 ayant présenté les concentrations en soufre les plus élevées n'ont pas de potentiel acidogène et ne sont conséquemment pas considérés comme contaminés aux fins de gestion terrestre.

Les sections qui suivent présentent les différentes variantes de mode de gestion des sédiments envisagés dans le contexte du projet, à savoir l'immersion en mer, la valorisation sur le site (sous-fondation du quai nº 2, assèchement et disposition hors site, et tubes géotextiles) (tableau 3).

4.1.1 Variante 1 : Immersion en mer

La grande majorité des sédiments dragués (195 068 m^3) sont de classe 1 et représentent un faible risque pour le poisson et son habitat et peuvent a priori être immergés en mer, comme prescrit par le Plan Saint-Laurent. Par conséquent, la totalité du volume de sédiments de classe 1 est compatible avec une disposition au site d'immersion en mer se trouvant au large du havre de Matane, soit à environ 3 km au nord. Les travaux de caractérisation environnementale des sédiments ont permis de valider que la qualité des sédiments à draguer correspond à celle des sédiments présents au site d'immersion. De plus, une étude de dynamique hydrosédimentaire réalisée par Lasalle | NHC (2023) a aussi permis de démontrer que le site d'immersion est capable d'accueillir le volume de sédiments à draguer.

L'immersion en mer des sédiments dragués offre plusieurs avantages, dont de réduire grandement l'espace qui serait nécessaire pour leur assèchement à terre, le nombre de camions nécessaires pour les transporter à la fois vers l'aire d'assèchement et vers un centre de disposition finale situé à grande distance et donc les gaz à effet de serre (GES) associés ainsi que les nuisances liées à la hausse de l'achalandage routier pour les résidents et les utilisateurs de la zone portuaire.

4.1.2 Variante 2 : Valorisation sur le site (sous-fondation de l'aire d'entreposage au quai nº 2)

Pour une gestion terrestre des sédiments dragués, ces derniers doivent être gérés en fonction des critères génériques du MELCCFP pour les sols. Il est à noter que l'on doit alors considérer les niveaux de contamination et leurs volumes respectifs en fonction des critères génériques pour les sols. Sur cette base, rappelons que 125 872 m^3 présente un niveau de contamination <A, alors que 76 706 m^3 de sédiments à draguer est compris dans la plage A-B des critères génériques. Ainsi, puisque le site à l'étude est à vocation commerciale/industrielle, la valorisation sur le site des travaux pourrait être envisagée pour la totalité des sédiments à draguer.

Dans ce cas, les matériaux dragués pourraient remplacer des matériaux neufs de construction qui ne nécessitent pas de compétence géotechnique particulière, comme du tout-venant utilisé dans le centre d'un quai en caisson de béton. Il est donc primordial de valider la compatibilité des matériaux dragués avec la conception de l'infrastructure portuaire à construire, autant en termes de volume disponible qu'en termes de caractéristiques géotechniques. De plus, la gestion de l'eau contenue dans le matériel dragué doit être tenue en compte, puisque ces matériaux peuvent présenter une siccité aussi basse que 10 % dans le cas de sédiments dragués par succion. Ainsi, les structures dans lesquelles les matériaux dragués peuvent être valorisés doivent être capables de gérer les surplus en eau pour que les matériaux granulaires puissent se densifier.

Sur la base des plans d'aménagement produits par Norda Stelo[1], l'aménagement de l'aire d'entreposage du quai nº 2 pourrait permettre, en théorie, la réutilisation d'une partie du volume de sédiments à draguer (environ 80 000 m^3 ou 40% du total). Pour ce faire, les sédiments dragués mécaniquement ou hydrauliquement seraient mis en place dans la moitié sud de la nouvelle aire d'entreposage, soit entre la zone plus sensible de la structure de quai et le brise-lame existant. Dans les autres secteurs sensibles de la structure de quai, il est impératif d'utiliser des matériaux de remplissage tel un tout-venant de carrière dont la mise en place sera facilement réalisable et la capacité portante atteinte sans inquiétude. Toutefois, le niveau de consolidation des sédiments rend leur valorisation dans l'aire d'entreposage peu intéressante pour des raisons de logistiques opérationnelles de mise en place qui se traduiraient par une augmentation probable de la durée des travaux et des complications importantes dans la décantation des sédiments en suspension ainsi que la compaction et le remplissage des vides laissés par des blocs d'argile consolidée excavés mécaniquement. Les risques liés aux tassements dans une zone d'opération portuaire qui pourraient être engendrés par une mise en place difficilement réalisable ne sont pas acceptables pour ce type

[1] Plans de conception préliminaire SRI-2 Norda Stelo

d'infrastructure. Par conséquent, la variante de réutiliser les sédiments dragués comme remblai sur le site n'est pas envisageable dans le contexte du projet, et ce, bien qu'elle puisse avoir des avantages indéniables au niveau environnemental et social, mais également des coûts.

4.1.3 Variante 3 : Disposition terrestre hors site

La disposition terrestre hors site des sédiments dragués dans un site autorisé à les recevoir serait également possible. Pour une gestion terrestre hors site, le matériel dragué devrait alors être transbordé au quai, puis rechargé dans des camions pour leur transport routier vers un centre de disposition autorisé en fonction de la qualité environnementale mesurée. La gestion terrestre peut être faite en chargeant directement les sédiments dragués humides dans des camions étanches, ou comprendre une étape d'assèchement préalablement au transport routier afin de réduire les volumes transportés et les coûts de disposition hors site. Toutefois, cette étape doit se faire près du site de déchargement des barges et nécessite des aires de travail dédiées ainsi que du temps pour compléter l'assèchement des sédiments dragués. Dans des cas où l'espace nécessaire et le temps sont très restreints pour réaliser l'assèchement, l'option de transporter les sédiments sans assèchement est généralement retenue.

Dans le contexte du port commercial de Matane, le transbordement des sédiments pourrait être effectué dans le secteur nord du quai no 1 ou dans le secteur du quai des pêcheurs (si permis par MPO). Le site de transbordement devrait toutefois être adapté en fonction des interférences potentielles avec les utilisateurs. En fonction de l'espace très limité et du taux d'occupation élevé de l'espace de transbordement et d'entreposage au quai no 1, s'il s'avérait nécessaire d'assécher des sédiments avant leur transport, il serait nécessaire d'explorer des méthodes mécaniques d'assèchement pour que l'assèchement des sédiments dragués soit potentiellement envisageable. Ainsi, la possibilité d'utiliser une méthode d'assèchement par centrifugation pourrait être explorée, ce qui pourrait potentiellement permettre de réduire le contenu en eau des sédiments dragués avec un procédé qui peut être aussi court qu'une heure à quelques heures. Il faut toutefois considérer qu'une méthode d'assèchement par centrifugation nécessite d'aménager une aire d'entreposage temporaire des matériaux humides et des matériaux asséchés, ainsi qu'une aire de procédé. L'aire de procédé comprend habituellement une unité de déstructuration mécanique, une unité de polymérisation, une unité de décantation, une unité de centrifugation, un séparateur eau/sol, une unité de filtration / stockage d'eau de procédé, un système d'évacuation d'eau d'assèchement, etc. De plus, le procédé de centrifugation nécessite généralement d'ajouter des floculants aux sédiments, ce qui doit ensuite être considéré lors de la gestion finale des eaux d'assèchement et des sédiments asséchés.

Comme discuté à la section 3.2.1.2, le choix du site de disposition finale devrait alors être fait en fonction de sa compatibilité avec la plage de contamination des sédiments dragués par rapport aux critères génériques pour les sols.

Le camionnage et la disposition dans un centre autorisé à recevoir ces matériaux impliquent d'aménager une structure d'assèchement des matériaux dragués. En considérant le volume total de sédiments à draguer, une zone d'assèchement par décantation passive pourrait représenter entre 200 000 et 675 000 m^2 et nécessiterait l'implantation d'un système de récupération et de traitement de l'eau d'assèchement. De plus, notons que l'aire d'assèchement et le système de récupération d'eau doivent alors être divisés de façon à éviter tout mélange entre les sédiments présentant différents niveaux de contamination par rapport aux critères génériques. Il est à noter que l'organisation gestionnaire du port commercial de Matane a déjà indiqué que de telles superficies ne sont pas disponibles pour aménager une aire d'assèchement à proximité des travaux.

Par la suite, le camionnage de ces matériaux nécessiterait quelques dizaines de milliers de chargements de camions 20 tonnes, ce qui appliquerait une très grande pression sur le réseau routier local et régional. Enfin, le ou les centres de disposition finaux devraient être sélectionnés en fonction de leur proximité du port de Matane, ainsi que de leur capacité à recevoir de sols. Notons que les matériaux non contaminés gérés comme des sols sont typiquement utilisés comme matériaux de recouvrement par les centres de disposition. Toutefois, le contenu en sel qui pourrait être associé aux

matériaux dragués et la faible conductivité hydraulique mesurée durant les travaux de caractérisation pourraient limiter voire rendre impossible l'utilisation comme matériaux de recouvrement. De plus, le potentiel de valorisation des sédiments dragués à des fins agricole a été vérifié et une telle revalorisation n'est pas envisageable, notamment en raison de la salinité des sédiments dragués (annexe A). Au moment d'écrire le présent rapport, aucune autre avenue concrète de revalorisation n'a été identifiée pour les sédiments qui seront dragués au port commercial de Matane.

Enfin, sur la base des informations que nous détenons actuellement, le centre de disposition le plus près du port de Matane est situé à proximité de Rimouski (environ 100 km), alors que les options suivantes sont situées dans la grande région de Québec (environ 400 km) ou de Baie-Comeau.

4.1.3.1 Tubes géotextiles (géotubes)

Pour faire la gestion hors site de sédiments dragués, une des variantes d'assèchement serait l'utilisation de tubes géotextiles, connus comme des géotubes. Rappelons que l'assèchement passif par décantation du volume théorique total à draguer nécessiterait l'aménagement d'une aire d'assèchement entre 200 000 et 675 000 m^2 à proximité du port commercial de Matane, superficies qui pourraient être réduites de moitié avec des géotubes.

En revanche, cette méthode présente comme inconvénients de ralentir et de complexifier passablement les opérations, puisqu'il faut ensacher les sédiments, et complexifier passablement les phases de transport et de disposition finale des matériaux dragués. De plus, l'utilisation de géotubes nécessite de calibrer avec précision le maillage du géotextile utilisé puisqu'un maillage trop fin entraînerait un colmatage du géotube et un assèchement extrêmement long, alors qu'un maillage trop grand causerait un lessivage et une perte des sédiments que l'on souhaite assécher. Enfin, rappelons que le gestionnaire du port commercial de Matane a déjà indiqué que de telles superficies, même réduites de moitié, ne seraient vraisemblablement pas disponibles pour aménager une aire d'assèchement à proximité des travaux.

4.1.3.2 Valorisation sur des sites industriels locaux

De façon semblable à la variante précédente, la valorisation des sédiments dragués de classe 2, et dont le niveau de contamination en regard des critères applicables pour les sols est situé dans la plage A-B, la revalorisation sur des sites industriels locaux serait une variante intéressante. Un parc industriel est situé à proximité du port de Matane, soit immédiatement au sud de la route 132. Ainsi, dans l'optique où, dans le cadre de travaux sur un site industriel, on pourrait remplacer des matériaux neufs de construction et qu'il était démontré que l'apport des sédiments A-B n'augmenterait pas le niveau de contamination du site récepteur, les sédiments contaminés pourraient y être valorisés. Étant donné les caractéristiques géotechniques des sédiments à draguer, ceux-ci pourraient être valorisés comme matériaux non structurels tels que des matériaux de remplissage ou pour des buttes-écrans par exemple. De plus, la réutilisation de sédiments dragués comme matériaux de remplissage de sites de carrière désaffectée pourrait être évaluée.

Cette option permettrait de réduire considérablement le transport routier nécessaire pour la disposition finale des sédiments, réduisant ainsi d'autant les impacts environnementaux associés. Toutefois, cette variante nécessite tout de même de réaliser un assèchement préalable sur le site du port de Matane et de s'assurer que la salinité des sédiments ne pose pas de risques.

4.1.4 Variante de mode de gestion préconisée pour les sédiments dragués

Étant donné la compatibilité des sédiments de classe 1 avec le rejet en mer et la proximité du site d'immersion situé au large du havre de Matane, de même qu'en considérant les contraintes liées aux autres modes de gestion, il est préconisé de disposer en mer la totalité du volume théorique de 195 068 m^3 de matériaux de classe 1 à draguer. En optant pour l'immersion en mer, le camionnage sera limité aux sédiments de classe 2 et la quantité des GES émis sera nettement réduite. Par

conséquent, les nuisances découlant de l'augmentation du trafic sur la route 132 pour assurer la gestion des sédiments seront également évitées ou limitées au minimum.

En ce qui concerne les 7 510 m^3 de sédiments de classe 2, en considérant les contraintes inhérentes au site du port de Matane dont notamment son espace plutôt restreint et la distance avec les centres de disposition autorisés les plus près, la variante de les valoriser sur des sites industriels locaux apparaît avantageuse. Compte tenu toutefois des risques et contraintes liés à la faisabilité de valoriser les sédiments sur des sites industriels à proximité du port de Matane, il est néanmoins prudent de considérer de les disposer dans un centre de disposition autorisé à cette fin. Dans l'éventualité où la conformité de certaines voies de valorisation était démontrée, celles-ci pourraient être considérées ultérieurement comme des options à privilégier. Ainsi, il est recommandé de procéder à un assèchement mécanique par centrifugation à un emplacement à préciser sur le site du port commercial de Matane. Compte tenu des volumes à disposer hors site et de l'espace disponible réduit sur le site, il est recommandé de procéder à une disposition des sédiments asséchés en continu pour éviter l'accumulation temporaire sur le site de trop grands volumes de sédiments dragués.

Tableau 3 : Comparaison des méthodes de gestion des sédiments dragués

Critère de sélection discriminant	Méthode de gestion des sédiments dragués		
	Milieu hydrique	Milieu terrestre	
	Rejet en mer	Réutilisation sur le site d'origine	Disposition hors site
Économique			
Coût de gestion	Le plus faible	Moyen	Très élevé
Environnemental			
Empiétement et superficie perturbée	Très faible	Faible à moyen	Très élevé
Milieu biologique - Émission atmosphérique et bruit	Très faible	Moyen à élevé	Très élevé
Habitat du poisson - MES	Moyen	Moyen	Faible
Espèces à statut précaire - Perturbation de l'habitat du poisson	Moyen	Moyen	Faible
Revalorisation environnementale	Non	Oui	Conformité à confirmer
Social			
Nuisances pour les utilisateurs/résidents	Le plus faible	Moyen	Très élevé
Respect des orientations de développement durable et des vocations	Non	Oui	Non si pas de valorisation



5 Recommandations

Basé sur la conception du projet de réfection du port commercial de Matane, le Consortium Norda Stelo/Englobe recommande que les travaux soient principalement effectués à l'aide d'équipements usuels de dragage mécanique facilement disponibles combinés à l'usage d'une drague hydraulique (type à confirmer) pour une portion spécifique des sédiments. De façon à accélérer les travaux, il est recommandé que plus d'une drague travaille en parallèle lorsque les conditions le permettent. L'étude de LaSalle-NHC a simulé des taux deux fois plus grands que ceux projetés dans les cadences présentées dans le présent rapport ce qui confirme que deux dragues peuvent travailler en parallèle tout en respectant les critères au niveau des MES.

Ainsi, il est recommandé que le dragage mécanique soit initié en simultané dans la portion ouest du quai nº 2 et dans le chenal d'accès au quai des pêcheurs. De cette façon, le futur chenal d'accès pour les pêcheurs sera disponible avant la prochaine saison de pêche et permettra d'éviter les entraves à la navigation pendant la construction du quai nº 2. En procédant ainsi, le quai nº 1 pourra demeurer en service pendant la construction du nouveau quai nº 2.

Le dragage mécanique permettra de bien ségréger les sédiments de classe 2, principalement situés dans les couches de surface des sédiments, qui pourront ensuite être gérés comme des sols sur la terre ferme sur la base de leur niveau de contamination. Une fois les sédiments de classe 2 retirés, il est recommandé que le dragage des sédiments de classe 1 soit poursuivi avec une drague mécanique dans les zones difficiles d'accès, alors qu'une drague hydraulique à élinde traînante pourra simultanément retirer les sédiments de classe 1 de la partie centrale du havre du port de Matane. Lorsque la construction du quai nº 2 sera suffisamment avancée pour y transférer les opérations de transbordement, il est recommandé que le dragage mécanique soit entrepris au poste à quai nº 1.

En ce qui concerne la gestion des sédiments dragués, il est recommandé que la totalité des sédiments de classe 1 soient disposés au site d'immersion en mer se trouvant à proximité du havre. Quant aux sédiments de classe 2, il est recommandé de les transborder dans le secteur du quai commercial existant. Ceux-ci pourront être asséchés mécaniquement par centrifugation, puis chargés dans des camions pour être disposés en milieu terrestre dans un centre autorisé. En procédant ainsi, il est possible de réduire le volume des sédiments à transporter et considérablement les coûts de transport et de disposition des sédiments de classe 2. Les variantes visant à valoriser sur le site les sédiments dragués n'ont pas été retenues en raison des difficultés opérationnelles liées au niveau de consolidation des sédiments à draguer.



6 Références

BEAULIEU, M. 2021. *Guide d'intervention – Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés*. Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Québec, mai 2021, 326 p. En ligne : http://www.environnement.gouv.qc.ca/sol/terrains/guide-intervention/guide-intervention-protectionrehab.pdf

CIMA+ 2015. *Caractérisation des sols, des sédiments et de l'eau souterraine du site portuaire de Matane, Québec*. Rapport de CIMA+ remis à Transports Canada. 39 p. + annexes. Dossier M03484D-110.

CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L'ENVIRONNEMENT (CCME). 2002. *Recommandations canadiennes pour la qualité des sédiments : protection de la vie aquatique*. Tableaux sommaires. Mis à jour, dans Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement, 1999, Winnipeg, le Conseil.

CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L'ENVIRONNEMENT (CCME). 2022. *Recommandations pour la qualité des sols pour la protection de l'environnement et de la santé humaine : Agricole, résidentiel/parc, commercial, industriel.* Consulté le 15 juin 2022. En ligne : https://ccme.ca/fr/tableau-sommaire

ENGLOBE. 2021. *Caractérisation environnementale des sédiments. Port de Matane, Matane (Québec)*. Préparé pour EMS Ingénierie. 15 p. + annexes.

ENVIRONNEMENT CANADA ET MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS DU QUÉBEC. 2007. *Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec et cadres d'application : prévention, dragage et restauration*. 39 p.

ENVIRONNEMENT CANADA. 1994. *Document d'orientation sur le prélèvement et la préparation de sédiments en vue de leur caractérisation physicochimique et d'essais biologiques*. Série de la Protection de l'environnement. Rapport SPE 1/RM/29. 137 p.

ENVIRONNEMENT CANADA. 2002a. *Guide d'échantillonnage des sédiments du Saint-Laurent pour les projets de dragage et de génie maritime*. Volume 1 : Directives de planification. Environnement Canada, Direction de la Protection de l'environnement, Région du Québec, Section innovation technologique et secteurs industriels. Rapport, 92 p.

ENVIRONNEMENT CANADA. 2002b. *Guide d'échantillonnage des sédiments du Saint-Laurent pour les projets de dragage et de génie maritime*. Volume 2 : Manuel du praticien de terrain. Environnement Canada, Direction de la Protection de l'environnement, Région du Québec, Section innovation technologique et secteurs industriels. Rapport, 107 p.

LASALLE | NHC. 2023. *Réaménagement des installations portuaires de Matane – Évaluation du climat maritime, des conditions d'agitation, de la dynamique hydro-sédimentaire et réfection du brise-lame ouest.* Rapport nº R0561 (rapport préliminaire).

PLAN D'ACTION SAINT-LAURENT (PASL). 2014. *Les butylétains dans les sédiments du fleuve Saint-Laurent*. Suivi de l'état du Saint-Laurent – Sédiments. ISBN 978-0-660-21501-3. 7 p.

SNC-LAVALIN. 2015. *Caractérisation des sols et des sédiments au port de Matane*. Rapport final Rév. 00. Préparé pour Travaux publics et Services gouvernementaux Canada. 42 p. et annexes.

Annexe A
Avis sur le potentiel de valorisation agricole des sédiments dragués

Le 15 novembre 2023

Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie
603, avenue Saint-Jérôme
C. P. 222, Matane (Québec) G4W 3N1
À l'attention de Caroline Ratté, Directrice de l'environnement et du développement durable

Objet : **Avis agronomique sur la valorisation de sédiments marins dragués lors des travaux de réfection des installations portuaires exploitées par la Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie à Matane**
Référence d'Englobe : 16-02301790.000-0300-EN-L-0100-00

Madame,

Dans le cadre du projet de réfection des installations portuaires de la Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG) à Matane, des sédiments marins seront à gérer à la suite du dragage requis pour assurer une navigation sécuritaire dans le havre. En raison des quantités qui seront à gérer, des questions sur le potentiel de valorisation agricole de ces sédiments marins ont été soulevées. Ainsi, Englobe a été mandatée pour produire un avis agronomique préliminaire à partir des analyses physicochimiques des sédiments disponibles (annexe A).

Le matériel à valoriser étant considéré comme un sol au sens de la *Loi sur la qualité de l'environnement* (LQE) lorsqu'il est disposé en milieu terrestre, il devra d'abord respecter le critère d'usage du *Guide d'intervention - Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés*. De façon générale, en milieu agricole, c'est le critère A (ou non contaminé) qui s'appliquera. Par la suite, la *Loi sur la protection du territoire et des activités agricoles* s'appliquera pour la réutilisation des sédiments en territoire agricole. Une autorisation auprès de la Commission de protection du territoire agricole du Québec (CPTAQ) est généralement requise afin d'assurer, notamment, le maintien du potentiel agricole du terrain récepteur.

L'hypothèse étant que les sédiments valorisés ne seront pas contaminés, l'avis émis se limite à une évaluation agronomique préliminaire de leur fertilité et de leur impact potentiel sur les sols agricoles. Les normes généralement utilisées pour les travaux d'aménagement paysager sont les suivantes :

- La norme BNQ 0605-100 - Aménagement paysager à l'aide de végétaux ;
- La norme MTQ 9101 du tome 7 - Matériaux pour aménagement paysager.

Dans le contexte du projet, les sédiments seront comparés aux critères des terreaux pour faciliter l'analyse.

Selon les résultats d'analyse physicochimique, les sédiments contiennent en moyenne environ 8 000 ppm de sodium (Na) et possèdent une conductivité électrique moyenne de 20 mS/cm. Les normes BNQ et MTQ fixent respectivement des conductivités électriques maximales de 1,25 et 3,5 mS/cm, alors qu'une concentration maximale de 135 ppm de sodium est prescrite par la norme MTQ. Les sédiments marins qui seront excavés sont donc hors normes. Il est difficile d'évaluer la fertilité générale puisque les paramètres pertinents (comme le phosphore, le potassium et le magnésium) ont été analysés sur base totale plutôt que par la méthode Mehlich-3. De plus, certains autres paramètres agronomiques nécessaires pour évaluer la fertilité n'ont pas été analysés.

En conclusion, les sédiments marins qui seront excavés dans le contexte du projet possèdent des caractéristiques limitant leur valorisation en milieu agricole. La salinité et la conductivité électrique sont trop élevées pour permettre la croissance adéquate de la plupart des végétaux.

Je vous transmets mes cordiales salutations.



Nicolas Shooner, agr.
Professionnel en environnement
Études environnementales et changements climatiques

ANNEXE

Annexe A Résultats préliminaires de la qualité des sédiments

Registre des révisions et émissions

Nº DE RÉVISION	DATE	DESCRIPTION
0A	15 novembre 2023	Émission de la version finale

Propriété et confidentialité

« Ce document est destiné exclusivement aux fins qui y sont mentionnées. Toute utilisation du rapport doit prendre en considération l'objet et la portée du mandat en vertu duquel le rapport a été préparé ainsi que les limitations et conditions qui y sont spécifiées et l'état des connaissances scientifiques au moment de l'émission du rapport. Englobe Corp. ne fournit aucune garantie ni ne fait aucune représentation autre que celles expressément contenues dans le rapport.

Ce document est l'œuvre d'Englobe Corp. Toute reproduction, diffusion ou adaptation, partielle ou totale, est strictement prohibée sans avoir préalablement obtenu l'autorisation écrite d'Englobe Corp. et de son Client. Pour plus de certitude, l'utilisation d'extraits du rapport est strictement interdite sans l'autorisation écrite d'Englobe Corp. et de son Client, le rapport devant être lu et considéré dans sa forme intégrale.

Aucune information contenue dans ce rapport ne peut être utilisée par un tiers sans l'autorisation écrite d'Englobe Corp. et de son Client. Englobe Corp. se dégage de toute responsabilité pour toute reproduction, diffusion, adaptation ou utilisation non autorisée du rapport.

Si des essais ont été effectués, les résultats de ces essais ne sont valides que pour l'échantillon décrit dans le présent rapport.

Les sous-traitants d'Englobe Corp. qui auraient réalisé des travaux au chantier ou en laboratoire sont dûment évalués selon la procédure relative aux achats de notre système qualité. Pour toute information complémentaire ou de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec votre chargé de projet.

Annexe A
Résultats préliminaires de la qualité des sédiments



Annexe A : Résultats préliminaires de la qualité des sédiments

Paramètre	Unité	LDR	Qualité des sédiments en eau salée (EC et MDDEP, 2007)1					RIM[2]	PSRTC[3]			RESC[4]	Résultat analytique																		
													Site d'immersion			Ext.	Havre (original)							Havre (suppl.)					Poste à quai 1	Poste à quai 2						MA-23-B-08	MA-23-F-22
			CER	CSE	CEO	CEP	CEF		« A »	« B »	« C »		MA-23-B-30	MA-23-B-31	MA-23-B-32	TF-23-02	MA-23-B-02	MA-23-B-03	MA-23-B-04	MA-23-B-05	MA-23-B-06	MA-23-B-07	MA-23-B-08	MA-23-F-22	MA-23-B26	MA-23-B28	MA-23-B29	MA-23-B-09	MA-23-F-11	MA-23-F-12	MA-23-F-15	MA-23-F-17	MA-23-F-18	DUPLICATA 1	DUPLICATA 2
Carbone organique total (COT)	mg/kg	0,05	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.																							
Hydrocarbures pétroliers (C_{10}-C_{50})	mg/kg	50	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	(100)	(700)	(3 500)*	10000 (!)	<100	<100	<100	<100	<100		<100				(160)	<100					(130)	(200)	<100	<100	<100	<100	<100
Salinité (conductivité électrique)	mS/cm	0,02	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	(0,7)	(0,7)	(1,4)*	S. O.	-	(22)*	-	(8,6)*	(22)*		(31)*				(23)*	(22)*					(16)*	-	-	-	(16)*	-	-
Soufre total	mg/kg	0,01	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	400	2000	2000	S. O.	-	0,42	-	0,091	0,38		0,47				0,42	0,46					0,51	0,73	0,47	-	0,41	0,38	0,53
Métaux et métalloïdes																																			
Aluminium (Al)	mg/kg	20	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	12000	12000	11000	7500	9800		12000				13000	12000					12000	14000	13000	13000	12000	13000	12000
Antimoine (Sb)	mg/kg	2	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0		<2,0				<2,0	<2,0					<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Argent	mg/kg	2	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	(0,8)	(20)	(40)*	200 (!)	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0		<2,0				<2,0	<2,0					<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Arsenic	mg/kg	2	4,3	7,2	19	42	150	S. O.	(19)	(30)	(50)*	250 (!)	6,2	5,6	7,6	3,5	5,5		5,8				6,8	5,7					7,5	7,5	7,1	7,2	6,7	6,7	5,7
Baryum	mg/kg	5	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	(350)	(500)	(2 000)*	10000 (!)	62	73	56	15	45		68				88	79					86	91	86	85	88	84	78
Béryllium (Be)	mg/kg	0,5	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	0,55	0,57	<0,50	<0,50	<0,50		0,56				0,67	0,61					0,55	0,64	0,65	0,61	0,58	0,67	0,6
Bismuth (Bi)	mg/kg	5	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0		<5,0				<5,0	<5,0					<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Bore (B)	mg/kg	5	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	27	30	28	7,9	50		61				42	40					36	33	40	38	29	41	42
Cadmium	mg/kg	0,1	0,32	0,67	2,1	4,2	7,2	**0,6**	(1,3)	(5)	(20)*	100 (!)	<0,10	0,17	<0,10	<0,10	0,22		0,30				0,28	0,29					0,23	0,32	0,31	0,30	0,23	0,29	0,30
Calcium	mg/kg	30	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	15000	22000	13000	30000	42000		28000				27000	26000					46000	36000	24000	23000	22000	25000	26000
Chrome	mg/kg	2	30	52	96	160	290	S. O.	(100)	(250)	(800)*	4000 (!)	30	30	30	12	22		28				34	31					32	37	33	32	29	33	30
Cuivre	mg/kg	1	11	19	42	110	230	S. O.	(65)	(100)	(500)*	2500 (!)	15	22	14	4,1	17		25				30	27					39	30	35	33	26	28	28
Cobalt	mg/kg	2	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	(25)	(50)	(300)*	1500 (!)	9,2	9,8	8,1	4	6,9		8,7				11	9,5					10	11	9,8	9,8	9,4	10	9,4
Étain	mg/kg	5	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	(5)	(50)	(300)*	1500 (!)	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0		<5,0				<5,0	<5,0					<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Fer (Fe)	mg/kg	10	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	24000	25000	23000	16000	21000		24000				27000	26000					32000	30000	27000	26000	26000	27000	25000
Lithium (Li)	mg/kg	10	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	29	32	27	25	33		34				39	36					35	36	38	36	35	38	36
Magnésium (Mg)	mg/kg	10	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	8600	9500	8000	5600	8400		9900				11000	9900					11000	11000	10000	10000	9800	11000	10000
Manganèse	mg/kg	2	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	(1 000)	(1 000)	(2 200)*	11000 (!)	320	340	300	230	230		280				340	300					380	350	310	300	300	330	290
Molybdène	mg/kg	2	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	(2)	(10)	(40)*	200 (!)	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0		<2,0				<2,0	<2,0					<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Nickel	mg/kg	1	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	(50)	(100)	(500)*	2500 (!)	26	29	24	15	23		28				33	30					32	35	32	32	30	32	30
Mercure	mg/kg	0,05	0,051	0,13	0,29	0,7	1,4	**0,75**	(0,3)	(2)	(10)*	50 (!)	0,052	<0,050	0,062	<0,050	<0,050		<0,050				<0,050	<0,050					<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Phosphore total	mg/kg	20	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	770	620	850	430	610		680				670	610					630	550	640	670	590	690	630
Potassium (K)	mg/kg	50	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	2600	2200	2400	690	1700		2300				2700	2300					2000	2500	2400	2400	2100	2600	2400
Plomb	mg/kg	5	18	30	54	110	180	S. O.	(40)	(500)	(1 000)*	5000 (!)	11	13	12	<5,0	9,3		11				14	13					18	21	15	14	13	13	13
Sélénium	mg/kg	1	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	(3)	(3)	(10)*	50 (!)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0		<1,0				<1,0	<1,0					<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Sodium (Na)	mg/kg	10	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	6500	7900	6800	3200	10000		11000				11000	7600					6100	8100	9400	9400	6000	8800	9400
Strontium (Sr)	mg/kg	10	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	65	93	59	140	220		140				120	120					210	160	110	100	87	110	120
Tellure (Te)	mg/kg	20	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	<20	<20	<20	<20	<20		<20				<20	<20					<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Thallium (Tl)	mg/kg	2	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0		<2,0				<2,0	<2,0					<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Thorium (Th)	mg/kg	5	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	5,7	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0		<5,0				5,4	<5,0					<5,0	5,1	5,2	5,1	<5,0	5,4	<5,0
Titane (Ti)	mg/kg	5	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	540	400	530	90	220		330				430	370					310	400	380	380	340	430	370
Tungstène (W)	mg/kg	5	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0		<5,0				<5,0	<5,0					<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Uranium (U)	mg/kg	5	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0		<5,0				<5,0	<5,0					<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Vanadium (V)	mg/kg	5	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	35	31	34	11	23		30				35	32					29	34	33	33	30	35	32
Zinc	mg/kg	10	70	120	180	270	430	S. O.	(155)	(500)	(1 500)*	7500 (!)	64	71	64	32	63		72				86	83					96	100	100	91	83	85	82
Zirconium (Zr)	mg/kg	0,1	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	9,6	8,3	8,2	<5,0	7,1		7,2				10	8,8					8,1	10	9,4	9,8	8,5	9,9	8,9
Hydrocarbures aromatiques polycycliques																																			
Naphtalène	mg/kg	0,01	0,017	0,035	0,12	0,39	1,2	S. O.	(0,1)	(5)	(50)*	56 (!)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,012		0,014				0,019	<0,010					0,011	0,024	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Acénaphtylène	mg/kg	0,003	0,0033	0,0059	0,031	0,13	0,34	S. O.	(0,1)	(10)	(100)*	100 (!)	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030		0,0040				<0,0030	<0,0030					<0,0030	0,0032	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030
Acénaphtène	mg/kg	0,003	0,0037	0,0067	0,021	0,089	0,94	S. O.	(0,1)	(10)	(100)*	100 (!)	<0,0030	0,0037	0,0046	<0,0030	0,0130		0,0057				0,0051	0,0042					0,0042	0,0190	<0,0030	0,0045	0,0049	0,0031	0,0040
Fluorène	mg/kg	0,01	0,01	0,021	0,061	0,14	1,2	S. O.	(0,1)	(10)	(100)*	100 (!)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,019		0,012				<0,010	<0,010					<0,010	0,029	<0,010	0,010	0,010	<0,010	<0,010
Phénanthrène	mg/kg	0,01	0,023	0,087	0,25	0,54	2,1	S. O.	(0,1)	(5)	(50)*	56 (!)	<0,010	0,033	0,047	0,027	(0,140)		0,080				0,044	0,034					0,024	(0,180)	0,034	0,032	0,040	0,029	0,032
Anthracène	mg/kg	0,01	0,016	0,047	0,11	0,24	1,1	S. O.	(0,1)	(10)	(100)*	100 (!)	<0,010	0,013	0,017	<0,010	0,025		0,028				0,016	0,014					0,013	0,032	0,014	0,017	0,017	0,013	0,014
Fluoranthène	mg/kg	0,01	0,027	0,11	0,5	1,5	4,2	S. O.	(0,1)	(10)	(100)*	100 (!)	0,017	0,052	0,078	0,038	(0,160)		(0,120)				0,074	0,06					0,060	(0,180)	0,059	0,067	0,075	0,055	0,058
Pyrène	mg/kg	0,01	0,041	0,15	0,42	1,4	3,8	S. O.	(0,1)	(10)	(100)*	100 (!)	0,015	0,040	0,061	0,027	(0,130)		0,094				0,059	0,045					0,047	(0,140)	0,046	0,050	0,056	0,042	0,042
Benzo (a) anthracène	mg/kg	0,01	0,027	0,075	0,28	0,69	1,9	S. O.	(0,1)	(1)	(10)*	34 (!)	<0,010	0,024	0,035	0,016	0,073		0,066				0,034	0,023					0,018	0,051	0,023	0,024	0,030	0,022	0,021
Chrysène	mg/kg	0,01	0,037	0,11	0,3	0,85	2,2	S. O.	(0,1)	(1)	(10)*	34 (!)	0,015	0,028	0,043	0,017	0,084		0,071				0,044	0,031					0,025	0,070	0,036	0,033	0,035	0,031	0,027
Benzo (b) fluoranthène	mg/kg	0,01	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	(0,1)	(1)	(10)*	S. O.	0,012	0,021	0,033	0,012	0,046		0,041				0,031	0,022					0,017	0,044	0,022	0,025	0,028	0,022	0,021
Benzo (j) fluoranthène	mg/kg	0,01	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	(0,1)	(1)	(10)*	S. O.	<0,010	<0,010	0,017	<0,010	0,026		0,025				0,015	0,011					<0,010	0,023	0,011	0,012	0,015	0,011	0,010
Benzo (k) fluoranthène	mg/kg	0,01	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	(0,1)	(1)	(10)*	S. O.	<0,010	<0,010	0,016	<0,010	0,023		0,023				0,013	<0,010					<0,010	0,022	<0,010	0,011	0,013	0,01	<0,010
Benzo (b,j,k) fluoranthène	mg/kg	0,01	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	(0,1)	(1)	(10)*	136 (!)	0,012	0,021	0,066	0,012	0,095	0,000	0,089	0,000	0,000	0,000	0,059	0,033	0,000	0,000	0,000	0,000	0,017	0,089	0,033	0,048	0,056	0,043	0,031
Benzo (e) pyrène	mg/kg	0,01	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	0,011	0,017	0,026	<0,010	0,038		0,036				0,026	0,018					0,016	0,036	0,021	0,021	0,024	0,021	0,018
Benzo (a) pyrène	mg/kg	0,01	0,034	0,089	0,23	0,76	1,7	S. O.	(0,1)	(1)	(10)*	34 (!)	<0,010	0,017	0,031	0,013	0,052		0,049				0,030	0,019					0,015	0,042	0,021	0,022	0,027	0,021	0,018
Indéno (1,2,3-cd) pyrène	mg/kg	0,01	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	(0,1)	(1)	(10)*	34 (!)	<0,010	0,012	0,022	<0,010	0,028		0,029				0,018	0,013					<0,010	0,026	0,013	0,015	0,017	0,014	0,012
Dibenzo (a,h) anthracène	mg/kg	0,003	0,0033	0,0062	0,043	0,14	0,2	S. O.	(0,1)	(1)	(10)*	82 (!)	<0,0030	<0,0030	0,0046	<0,0030	0,0084		0,0064				0,0041	<0,0030					<0,0030	0,0075	<0,0030	0,0036	0,0044	<0,0030	<0,0030

Paramètre	Unité	LDR	Qualité des sédiments en eau salée (EC et MDDEP, 2007)1					RIM[2]	PSRTC[3]			RESC[4]	Résultat analytique																					
									« A »	« B »	« C »		Site d'immersion			Ext.	Havre (original)							Havre (suppl.)				Poste à quai 1	Poste à quai 2					MA-23-B-08	MA-23-F-22
			CER	CSE	CEO	CEP	CEF						MA-23-B-30	MA-23-B-31	MA-23-B-32	TF-23-02	MA-23-B-02	MA-23-B-03	MA-23-B-04	MA-23-B-05	MA-23-B-06	MA-23-B-07	MA-23-B-08	MA-23-F-22	MA-23-B26	MA-23-B28	MA-23-B29	MA-23-B-09	MA-23-F-11	MA-23-F-12	MA-23-F-15	MA-23-F-17	MA-23-F-18	DUPLICATA 1	DUPLICATA 2
Benzo (g,h,i) pérylène	mg/kg	0,01	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	(0,1)	(1)	(10)*	18 (!)	<0,010	0,012	0,021	<0,010	0,027		0,028				0,019	0,014					0,011	0,025	0,015	0,016	0,018	0,015	0,013
Méthyl-2 naphtalène	mg/kg	0,01	0,016	0,02	0,063	0,2	0,38	S. O.	(0,1)	(1)	(10)*	34 (!)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010		<0,010				<0,010	<0,010					<0,010	0,035	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Méthyl-1 naphtalène	mg/kg	0,01	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	(0,1)	(1)	(10)*	34 (!)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010		<0,010				<0,010	<0,010					<0,010	0,016	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo (c) phénanthrène	mg/kg	0,01	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	(0,1)	(1)	(10)*	56 (!)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,013		<0,010				<0,010	<0,010					<0,010	<0,011	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Méthyl-3 cholanthrène	mg/kg	0,01	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	(0,1)	(1)	(10)*	150 (!)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010		<0,010				<0,010	<0,010					<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Diméthyl-7,12 benzo (a) anthracène	mg/kg	0,01	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	(0,1)	(1)	(10)*	34 (!)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010		<0,010				<0,010	<0,010					<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Dibenzo (a,i) pyrène	mg/kg	0,01	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	(0,1)	(1)	(10)*	34 (!)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010		<0,010				<0,010	<0,010					<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Dibenzo (a,l) pyrène	mg/kg	0,01	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	(0,1)	(1)	(10)*	34 (!)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010		<0,010				<0,010	<0,010					<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Dibenzo (a,h) pyrène	mg/kg	0,01	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	(0,1)	(1)	(10)*	34 (!)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010		<0,010				<0,010	<0,010					<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Diméthyl-1,3 naphtalène	mg/kg	0,01	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	(0,1)	(1)	(10)*	34 (!)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,019		<0,013				<0,010	<0,010					<0,010	0,016	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Triméthyl-2,3,5 naphtalène	mg/kg	0,01	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	(0,1)	(1)	(10)*	34 (!)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010		<0,010				<0,010	<0,010					<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
HAP totaux (RIM)	mg/kg	0,01	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	**2,5**	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.	0,070	0,273	0,456	0,150	0,487	0,000	0,612	0,000	0,000	0,000	0,451	0,308	0,000	0,000	0,000	0,000	0,261	0,521	0,315	0,363	0,414	0,309	0,290
Biphényles polychlorés																																			
BPC totaux	mg/kg	0,01	0,012	0,022	0,059	0,19	0,49	**0,1**	(0,2)	(1)	(10)*	50 (!)																							

Notes :

- : Non analysé

S. O. : sans objet

1 Source : Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec et cadres d'application : prévention, dragage et restauration (Environnement Canada et MDDEP, 2007),

Valeur surlignée en vert pâle : concentration d'effets rares

Valeur surlignée en vert : concentration seuil produisant un effet

Valeur surlignée en jaune : concentration d'effets occasionnels

Valeur surlignée en rouge clair : concentration produisant un effet probable

Valeur surlignée en rouge foncé : concentration d'effets fréquents

2 Source : RIM (DORS/2001-275). Les paramètres marqués d'un astérisque sont inclus dans la somme des HAP totaux.

3 Source : Critères provinciaux pour les sols : Guide d'intervention – Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés (PSRTC) du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (Beaulieu, 2021), Annexe 2, Grille des critères génériques pour les sols, Révision : mai 2021

Valeur entre parenthèses (xx) : concentration comprise dans la plage « A-B »

Valeur entre parenthèses et soulignée (xx) : concentration comprise dans la plage « B-C »

Valeur entre parenthèses, soulignée et * (xx)* : concentration supérieure au critère « C »

4 Source : *Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés* (RESC)

Valeur marquée d'un point d'exclamation (!) : dépassement de la concentration prescrite par le RESC



englobecorp.com

Étude des effets du bruit subaquatique des travaux et du trafic maritime post-travaux

Étude d'impact sur l'environnement (ÉIE) pour le projet de réfection et de réaménagement des installations portuaires de Matane

Rev. 01

Soumis à : Englobe corp.

Auteurs :
Marie-Laurence Bazinet, ing.
Antonin Thoraval, Diplôme d'ingénieur de l'ENSIM
Cédric Gervaise, Ph.D. senior acoustique sous-marine

Juillet 2025

Sensea Canada inc.
E-468 rue de l'Expansion
Rimouski, Canada
G5M 1A9

Préparé par : Marie-Laurence Bazinet

Marie-Laurence Bazinet, ing. (OIQ #6036659)

Vérifié par : _____

Cédric Gervaise, Président

Équipe de réalisation

Chargée de projet : Marie-Laurence Bazinet, ing.
Modélisation acoustique : Antonin Thoraval, Diplôme ingénieur
Direction scientifique : Cédric Gervaise, Ph.D.

Ce rapport technique a été préparé avec diligence conformément aux normes en vigueur et aux connaissances scientifiques disponibles au début du projet, soit septembre 2023, incluant les seuils et standards applicables à cette date.

Citation

Bazinet, M.-L., Thoraval, A., & Gervaise, C. (2025). Étude des effets du bruit subaquatique des travaux et du trafic maritime post-travaux : Étude d'impact sur l'environnement (ÉIE) pour le projet de réfection et de réaménagement des installations portuaires de Matane. Sensea Canada inc. pour Englobe Corp., Rimouski, Canada., 141 p.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES I

LISTE DES TABLEAUX III

LISTE DES FIGURES V

SOMMAIRE EXÉCUTIF 1

1 INTRODUCTION 5

1.1 CONTEXTE 5
1.2 MANDAT 5
1.3 ENJEUX DU BRUIT SOUS-MARIN 7

2 EFFET ACOUSTIQUE SUR LES MAMMIFÈRES MARINS 9

2.1 EFFETS BIOLOGIQUES ET COMPORTEMENTAUX 9
2.2 LE BÉLUGA ET LE BRUIT 12
2.3 LE RORQUAL BLEU ET LE BRUIT 13
2.4 GUIDES DE RÉFÉRENCE UTILISÉS DANS L'ÉTUDE 14

3 ESPÈCES À L'ÉTUDE 15

4 CONCEPTS ET MÉTRIQUES UTILISÉS 17

5 ÉTAT DE RÉFÉRENCE DU BRUIT SUBAQUATIQUE 20

5.1 INSTRUMENTATION ET PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE 20
5.2 NIVEAU SONORE 24
5.3 CONTRIBUTION DES DIFFÉRENTES SOURCES 32
5.4 CONCLUSION DU BRUIT AMBIANT 36

6 DÉTECTION ACOUSTIQUE DES CÉTACÉS 37

6.1 RÉSEAUX DE NEURONES ET PERFORMANCES 38
6.2 MÉTRIQUES UTILISÉES POUR LES ANALYSES 39
6.3 RAYON DE DÉTECTION 41
6.4 RÉSULTAT PRÉSENCE DES BÉLUGAS 43
6.5 RÉSULTAT PRÉSENCE DES RORQUALS BLEUS 45
6.6 CONCLUSION PRÉSENCE DES CÉTACÉS 47

7 ZONE D'ÉTUDE DES EFFETS ACOUSTIQUES 48

8 MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DES RAYONS D'EFFET ACOUSTIQUE 49

8.1 ÉMISSION SONORE 50
8.2 PROPAGATION ACOUSTIQUE 64
8.3 RÉCEPTION DU BRUIT 68
8.4 PERCEPTION DU BRUIT 69
8.5 DÉTERMINATION DES RAYONS D'EFFETS – SEUILS SONORES 71

9 RÉSULTATS DES EFFETS - PHASE TRAVAUX 72

9.1 RÉSULTAT TRAVAUX DE BATTAGE 76
9.2 RÉSULTAT TRAVAUX DE VIBROFONÇAGE 81
9.3 RÉSULTAT TRAVAUX MARTEAU FOND-DE-TROU - DTH 86
9.4 RÉSULTAT TRAVAUX DE DRAGAGE 89
9.5 CONCLUSION RÉSULTATS - PHASE TRAVAUX 93

10 RECOMMANDATION - PHASE TRAVAUX 98

10.1 PLANIFICATION DES TRAVAUX 98
10.2 MESURES D'ATTENUATION 98
10.3 LIMITATION DE L'INTENSITÉ ET LA DURÉE DES ÉMISSIONS 99
10.4 SURVEILLANCE VISUELLE ET ACOUSTIQUE 99

11 ÉTUDE DES EFFETS - PHASE EXPLOITATION 101

11.1 INTRODUCTION 101
11.2 MÉTHODOLOGIE DE SIMULATION DU BRUIT GÉNÉRÉ PAR LE TRAFIC MARITIME 102
11.3 RAYON D'EFFET MAXIMAL D'UN PASSAGE D'UN NAVIRE 110
11.4 ANALYSE DE L'EFFET DU TRAFIC MARITIME POUR UN SECTEUR AU LARGE DE MATANE 112
11.5 ANALYSE DE L'EFFET DU TRAFIC MARITIME SUR L'ENSEMBLE DE LA ZONE D'ÉTUDE 115
11.6 DISCUSSION ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS 123

12 GLOSSAIRE 125

13 RÉFÉRENCES 131

ANNEXE A – ÉCHELLE BEAUFORT 137

ANNEXE B – FICHE TECHNIQUE MARTEAU 138

ANNEXE C – RÉSULTAT TRAVAUX DE DRAGAGE 139

ANNEXE D – ESPECES PRESENTES DANS LA ZONE D'ETUDE 140

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3-1 Espèces à l'étude pour le volet bruit acoustique subaquatique dans le cadre de l'étude d'impact environnementale du projet de réfection et de réaménagement des installations portuaires de Matane 16
Tableau 4-1 Résumé des métriques acoustiques utilisées pour l'évaluation de l'exposition sonore des mammifères marins. 19
Tableau 5-1 Caractéristiques techniques de l'hydrophone et conditions de déploiement. 21
Tableau 5-2 Caractéristiques de l'emplacement des points de mesure du bruit ambiant (P1 et P2) 22
Tableau 5-3 Période d'enregistrement du bruit ambiant et date de retrait de l'équipement 22
Tableau 5-4 Statistique des niveaux sonores du bruit ambiant pour 2023 et 2024 24
Tableau 5-5 Niveau de bruit ambiant dB re. 1µPa [16 Hz, 90 kHz] (Wenz 1962, correction + 5 dB pour les milieux en eaux peu profondes) 27
Tableau 5-6 Niveau de pression acoustique équivalent (SPL_{rms}) mesuré aux points P1 et P2 pour les bandes de fréquences de 20 Hz à 200 Hz, avec et sans passage du traversier F.-A. Gauthier, pour les années 2023 et 2024 33
Tableau 6-1 Résultats des performances de détection pour les sifflements des bélugas et les appels D des rorquals bleus. 39
Tableau 6-2 Résumé des détections acoustiques des bélugas en 2023 et 2024 43
Tableau 6-3 Indicateurs des groupes de bélugas détectés acoustiquement aux points P1 et P2 en 2023 (17 août au 22 novembre) et 2024 (19 août au 4 octobre), ... 44
Tableau 6-4 Résumé des détections acoustiques des rorquals bleus en 2023 et 2024 45
Tableau 6-5 Indicateurs des groupes de rorquals bleus détectés acoustiquement aux points P1 et P2 en 2023 (17 août au 22 novembre) et 2024 (19 août au 4 octobre), ... 46
Tableau 8-1 Positions des travaux et caractéristiques associées 51
Tableau 8-2 Niveaux sonores et les bandes fréquentielles typiques du battage de pieux 53
Tableau 8-3 Caractéristiques spécifiques du battage de pieux 54
Tableau 8-4 Valeurs prédites des sonores pour le battage de pieu 55
Tableau 8-5 Niveaux sonores et les bandes fréquentielles typiques du vibrofonçage 55
Tableau 8-6 Caractéristiques spécifiques du vibrofonçage 56
Tableau 8-7 Valeurs des hypothèses sonores pour le vibrofonçage 56
Tableau 8-8 Niveaux sonores et les bandes fréquentielles typiques du fonçage par marteau fond-de-trou (DTH). 57
Tableau 8-9 Caractéristiques spécifiques du fonçage par marteau fond-de-trou (DTH) 58
Tableau 8-10 Valeurs des hypothèses sonores pour le fonçage par marteau fond de trou 58
Tableau 8-11 Niveaux sonores et les bandes fréquentielles typiques du dragage 59
Tableau 8-12 Caractéristiques spécifiques du dragage 59
Tableau 8-13 Valeurs des hypothèses sonores pour le dragage et le transit de la drague 60
Tableau 8-14 Seuil PTS, TTS et dérangement comportemental (DC) selon les groupes de mammifères marins et le type de bruit. 71
Tableau 9-1 Paramètres utilisés pour la simulation de la propagation acoustique 72

Tableau 9-2 Résultat pour les rayons d'empreinte acoustique et de dérangements comportementaux liés au battage de pieu 77
Tableau 9-3 Résultat pour les rayons de PTS et TTS liés au battage de pieu 78
Tableau 9-4 Résultat pour les rayons d'empreinte acoustique et de dérangements comportementaux liés au vibrofonçage de pieu 82
Tableau 9-5 Résultat pour les rayons de PTS et TTS liés au vibrofonçage 83
Tableau 9-6 Résultats pour les rayons d'empreinte acoustique et de dérangements comportementaux liés au fonçage par marteau fond-de-trou de pieu 87
Tableau 9-7 Résultats pour les rayons de PTS et TTS liés au fonçage par marteau fond-de-trou 88
Tableau 9-8 Résultat pour les rayons de dérangements comportementaux liés au dragage transit. 90
Tableau 9-9 Résultat pour les rayons de PTS et TTS liés au dragage transit 91
Tableau 9-10 Résultats clés des rayons d'effets acoustiques selon les dérangements comportementaux, les TTS et PTS pour l'ensemble des travaux. 97
Tableau 11-1 Coordonnées des voies de navigation 103
Tableau 11-2 Distribution des navires sur les différentes voies considérées 104
Tableau 11-3 Niveaux sonores des navires selon leur longueur et leur vitesse, tableau adapté de (Breeding et al. 1996). 105
Tableau 11-4 Scénario permettant la génération du trafic normal, doublé et multiplié par 10 . 107
Tableau 11-5 Définition des critères de caractérisations de l'évolution des niveaux acoustiques rayonnés par le trafic maritime 109
Tableau 11-6 : Rayon d'effet maximal calculé correspondant à un passage d'un navire 111
Tableau 11-7 - Valeurs du niveau sonore évalué au point de mesure à proximité de Matane. 113
Tableau 11-8 Valeurs des critères de caractérisation évalués au point de mesure à proximité de Matane en se basant sur les impacts acoustiques 114
Tableau 11-9 Données statistiques globales (moyenne et centiles évalués sur toute la zone), unité : SPLrms : dB réf. 1µPa, SEL_{24h} : dB réf. 1µPa²s 115
Tableau 11-10 Données statistiques globales dans l'environnement modélisé qui se basent sur les impacts 116
Tableau 11-11 Proportion de l'aire d'étude impactée par une augmentation moyenne de dB, scénario 1 : doublement du trafic et scénario 2 : trafic multiplié par 10. 120
Tableau 11-12 Facteur de réduction de l'espace de communication et d'écholocalisation selon des augmentations de niveau de bruit 122
Tableau 13-1 Tableau de l'échelle Beaufort (Gouvernement du Canada, 2025) 137
Tableau 13-2 Résultat pour les rayons de dérangements comportementaux liés au dragage pour le bruit généré par la drague sur le sol 139
Tableau 13-3 Résultat pour les rayons de PTS et TTS liés au dragage pour le bruit généré par la drague sur le sol 139
Tableau 13-4 Espèces de cétacés susceptibles d'être présentes dans la zone d'étude élargie (Tableaux fournies par Englobe, 2025). La couleur orange dans le tableau représente une présence plus marquée des cétacés dans les mois correspondants. 140

LISTE DES FIGURES

Figure 1-1 Classes de bruit (naturel (ou ambiant) en vert, anthropique en rouge, biologique en bleu) et leur niveau de source respectif. 7
Figure 2-1 Schéma de la représentation des rayons d'effet acoustique selon la distance de la source 10
Figure 3-1 Groupes selon leur sensibilité à différentes fréquences (NMFS N. M., 2024), (Southall et al., 2019) 15
Figure 5-1 Instrumentation pour la mesure de bruit ambiant sous-marin 21
Figure 5-2 Représentation des mois de mesure du bruit ambiant (en bleu) selon les deux points et le nombre de jours par mois 22
Figure 5-3 Points géographiques des mouillages pour la mesure du bruit ambiant entre 2023 et 23
Figure 5-4 Variation saisonnière des niveaux sonores à 1 kHz dans l'estuaire du Saint-Laurent, figure adaptée de l'Ocean Soundscape Atlas. 25
Figure 5-5 Spectres en fréquence des niveaux sonores à Matane pour 2023 (août-novembre, gauche) et 2024 (juin-août, droite) selon la moyenne, la médiane et les percentiles 10,25,75 et 90. 26
Figure 5-6 Médiane du bruit ambiant en 2023 et 2024 à Matane selon le modèle de Wenz (1962) 28
Figure 5-7 Variation mensuelle des niveaux sonores enregistrés SPL_{rms} médiane (en vert) et moyenne et l'écart-type (en orange) en lien avec la vitesse du vent en nœud (en bleu) 29
Figure 5-8 Variations journalières du niveau sonore (en dB re 1 µPa) entre août 2023 et août 2024. Les lignes représentent la médiane (trait plein bleu), la moyenne (trait plein vert), ainsi que les 10e et 90e percentiles (traits pointillés cyan et magenta). 30
Figure 5-9 Variation quotidienne du niveau sonore enregistré à Matane, selon l'heure de la journée (1h à 24h) calculée sur l'ensemble des périodes de mesures de 2023 à 2024 (142 jours) 31
Figure 5-10 Spectrogrammes de la densité spectrale de puissance dans une série temporelle. Types de sons retrouvés dans les enregistrements du bruit ambiant à Matane : Passage de navire, Coup de vent, Précipitation, et Béluga 32
Figure 5-11 Spectrogrammes de 3 passages de navires, possiblement le traversier F.-A. Gauthier, durant la journée du 20 août 2023 à Matane pour le point P2 34
Figure 5-12 Niveau sonore mesuré SPL_{rms} à gauche et la répartition en fonction des fréquences pour le passage à 18h45 à droite 34
Figure 5-13 Corrélation positive entre la valeur du niveau sonore médian du bruit ambiant (dB ref 1 µPa) et la vitesse du vent (nœuds) 35
Figure 6-1 Exemples de spectrogrammes montrant des sifflements (100 Hz –10 kHz) des bélugas trouvés dans les mesures de bruit à Matane. 37

Figure 6-2 À gauche : Exemple de spectrogramme illustrant les infrasons A et B (15–20 Hz) émis par les rorquals bleus, d'une durée pouvant atteindre 20 secondes et les appels D ou downsweep (20–100 Hz) d'une durée de 1 à 13 secondes (Simard Y. et al., 2016). À droite : Exemple de spectrogrammes de vocalise de type D et A-B identifiés dans les mesures de bruit ambiant à Matane en 2023-2024. 37
Figure 6-3 Méthodologie effectuée pour détecter la présence de vocalisation dans un signal audio grâce au réseau de neurones profonds 38
Figure 6-4 Illustration de la variabilité entre le nombre de vocalisations et la densité de cétacés dans le rayon de détection de l'hydrophone 40
Figure 6-5 Représentation des métriques acoustiques des groupes de cétacés 40
Figure 6-6 Étendue des distances de détection pour les bélugas et les rorquals bleus, basée sur le rayon moyen et l'intervalle élargi (rayon moyen ± écart-type). 42
Figure 6-7 Taux de jours positifs (NBj) par mois pour les détections acoustiques des bélugas en 2023 et 2024, mesurées aux points P1 et P2. 43
Figure 6-8 Taux de jours positifs (NBj) par mois pour les détections acoustiques des rorquals bleus en 2023 et 2024, mesurées aux points P1 et P2. 45
Figure 7-1 Zone simulée dans le cadre de l'étude du bruit subaquatique du réaménagement du port de Matane 48
Figure 8-1 Schéma explicatif pour la méthodologie d'évaluation des zones d'effets acoustiques 49
Figure 8-2 Positions des sources A_1, B et C considérées dans la modélisation de l'étude du bruit subaquatique lié au réaménagement du port de Matane. 52
Figure 8-3 Spectres sonores des travaux simulés à Matane (dB re 1 μPa^2/Hz), Spectre du battage : (ORJIP, 2023), Spectre du vibrofonçage : (Blackwell, 2004), Spectre du dragage : (WODA, 2013), Spectre du DTH : (Guan & Miner, 2020) 61
Figure 8-4 Rideau à bulles double autour d'un marteau pour le battage de pieux Source : www.oedigital.com, 2023. 63
Figure 8-5 - Schéma explicatif du calcul de la propagation selon des tranches verticales. Le vecteur r correspond à la distance horizontale, le vecteur z Corresponds à la profondeur. 65
Figure 8-6 - Profils de célérité considérés pour la modélisation acoustique 66
Figure 8-7 – Propagation modélisée par RAMGeo dans le Saint-Laurent (janvier à gauche, juillet à droite) 67
Figure 8-8 Fréquences des champs auditifs des animaux et sources de bruits anthropiques. Figure récupérée de (MPO P. e., 2024) 69
Figure 8-9 Forme des fonctions de pondération M (Southall et al 2019), LF : Cétacés basse fréquence, HF : Cétacés Haute Fréquence, VHF : Cétacés à Très Haute Fréquence, SI : Siréniens, PCW : Carnivore Phociid dans l'eau, OCW : Other carnivore in whater 70
Figure 9-1 Comparaison de la variation des rayons d'effet acoustique pour les seuils de dérangement comportemental des travaux de vibrofonçage au point A, selon l'utilisation de méthodes d'atténuation. À gauche : aucune atténuation appliquée, au centre : rideau de bulles simple appliqué, et à droite : rideau de bulles double 73

Figure 9-2 Comparaison de la variation des rayons d'effet acoustique pour les seuils de dérangement comportemental pour les travaux de vibrofonçage au point A selon les périodes de l'année (janvier, mars, mai, juillet, septembre, novembre) avec l'utilisation d'un rideau de bulles simple pour les seuils de dérangement comporte..... 74
Figure 9-3 Propagation des niveaux sonores (valeurs SPLrms) pour un scénario de battage effectué au point A à l'intérieur du quai, sans atténuation, durant le mois de mars (à gauche) et juillet (à droite). La carte met en évidence l'effet de masquage du quai et la propagation du son vers la Côte-Nord. 76
Figure 9-4 Propagation des niveaux sonores (valeurs SPLrms) pour un scénario de vibrofonçage effectué au point A à l'intérieur du quai, sans atténuation, durant le mois de mars (à gauche) et juillet (à droite). La carte met en évidence l'effet de masquage du quai et la Côte-Nord..... 81
Figure 9-5 Propagation des niveaux sonores (valeurs SPLrms) pour un scénario de fonçage par marteau fond-de-trou effectué au point A à l'intérieur du quai, sans atténuation, durant le mois de mars (à gauche) et juillet (à droite). La carte met en évidence l'effet de masquage du quai et la propagation du son vers la Côte-Nord..... 86
Figure 9-6 Propagation des niveaux sonores (valeurs SPLrms) pour un scénario de dragage (drague en transit), sans masquage par le quai durant le mois de novembre..... 89
Figure 11-1 – Densité du trafic maritime et voies de navigation sélectionnées pour la modélisation, données reprises de Marine Trafic, 2024. 103
Figure 11-2 – Modèle Brandi-3 : Densité spectrale de puissance du niveau de source généré par un bateau de 200 m naviguant à 15 nœuds. 105
Figure 11-3 Répartition horaire du trafic maritime selon les voies de navigation..... 106
Figure 11-4 - Points de modélisation séparés de 5 km et localisés le long des voies de navigation dans le Saint-Laurent..... 108
Figure 11-5 - Exemple de SPL_{rms} propagé dans le Saint-Laurent à partir d'un instant T du scénario du trafic normal..... 110
Figure 11-6 –Séries temporelles de SPL_{rms} issues du point de mesure à proximité de Matane 112
Figure 11-7 – Position du point de mesure à proximité de Matane pour l'extraction des séries temporelles 113
Figure 11-8 - Carte de différence (maximum évalué sur une période de 24 h, moyenne des maximums sur 1 mois) sur le SPL_{rms} maximum propagé entre le trafic normal et le trafic doublé. 117
Figure 11-9 - Carte de différence sur le SPL_{rms} maximum (maximum évalué sur une période de 24 h, moyenne des maximums sur 1 mois) propagé entre le trafic normal et le trafic multiplié par 10. 118
Figure 11-10 - Carte de différence sur le SPL_{rms} (moyenne des différences évaluées sur 1 mois) entre le trafic normal et le trafic doublé. 118
Figure 11-11 - Carte des différences sur le SPL_{rms} propagé (moyenne des différences évaluées sur 1 mois) entre le trafic normal et le trafic multiplié par 10..... 119

Figure 11-12 : Grandeurs et concepts pour le calcul des rayons de communication et de chasse 122
Figure 12-1 Exemple de spectrogrammes, à gauche 5 sons courts et répétitifs [150-750 Hz] à droite sons longs [6,5 -10 kHz]..... 130

SOMMAIRE EXÉCUTIF

La Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG) prévoit actuellement des travaux de réfection et de réaménagement de ses installations portuaires à Matane, incluant l'ajout d'un deuxième poste à quai et des opérations de dragage. Conformément aux exigences environnementales, ce projet nécessite une étude des effets créés par les bruits sous-marins émis par les travaux, visant à évaluer les impacts de ces travaux sur la faune marine, notamment les cétacés et les phocidés.

Les effets des bruits subaquatiques sur la faune peuvent être d'ordre physiologique, comportemental et auditif. Le bruit peut masquer des sons biologiquement importants, affecter la communication et la navigation, perturber le comportement (fuite, abandon d'habitat) ou provoquer des dommages auditifs temporaires (TTS) ou permanents (PTS).

Cette étude comprend :

- Une revue des connaissances scientifiques sur les impacts acoustiques des activités humaines sur les mammifères marins, ainsi qu'une estimation des niveaux sonores émis pour les différents types de travaux.
- L'établissement d'un état de référence du bruit sous-marin dans le secteur de Matane, basé sur des mesures acoustiques réalisées en 2023 et 2024.
- L'évaluation de la présence de cétacés clés, notamment le béluga et le rorqual bleu, à partir de la détection acoustique de leurs vocalisations.
- La modélisation des effets acoustiques associés aux travaux portuaires et au trafic maritime post-travaux, en tenant compte de la saisonnalité, des caractéristiques de propagation sonore et de l'efficacité de différentes mesures d'atténuation (rideaux de bulles simples ou doubles, démarrage progressif, éloignement des animaux). La modélisation couvre un rayon de 250 km à partir de Matane, s'étendant ainsi jusqu'à la Côte-Nord.

État de référence du bruit sous-marin

Concernant l'état de référence du bruit subaquatique, une campagne de mesures acoustiques menée entre 2023 et 2024 (142 jours) a permis de caractériser le bruit ambiant sous-marin autour du quai de Matane. Les niveaux médians mesurés (101,1 à 104,5 dB_{rms} re 1 µPa, 20 Hz–24 kHz, sur 30 secondes) varient selon les conditions de mer et l'activité maritime. À l'échelle horaire, une variation d'environ 1,4 dB entre le jour et la nuit a été établie, principalement attribuable à une augmentation du trafic maritime durant la journée. En effet, le traversier F.-A. Gauthier contribue significativement au bruit dans les basses fréquences (20–200 Hz), générant des hausses ponctuelles de 2,6 à 5 dB re 1 µPa, avec des niveaux sonores maximaux dépassant 122,8 dB SPL_{rms} dans 50 % des passages enregistrés en 2023. Le vent est la principale source naturelle de bruit, expliquant jusqu'à 72 % de la variabilité du niveau sonore dans la gamme 200 Hz –5 kHz.

Les niveaux sonores observés à Matane s'inscrivent dans les plages attendues pour des environnements similaires ailleurs dans le Saint-Laurent. Ils présentent des valeurs médianes et des variations saisonnières comparables à celles modélisées par *l'Ocean Soundscape Atlas*, un outil développé par Pêches et Océans Canada qui permet d'obtenir des cartes d'acoustique sous-marine dans cette région. Cette correspondance indique que les mesures effectuées reflètent bien les conditions acoustiques locales. De plus, ces niveaux mesurés sont cohérents avec les prévisions du modèle empirique de Wenz (1962), qui permet de distinguer les contributions respectives du vent et du trafic maritime sur le bruit ambiant.

Évaluation de la présence de cétacés

Pour évaluer la présence des bélugas et des rorquals bleus dans le secteur de Matane, Sensea Canada utilise des algorithmes d'intelligence artificielle (IA) permettant de détecter les vocalisations de cétacés à partir des enregistrements acoustiques.

L'analyse des enregistrements acoustiques réalisés en 2023 et 2024 confirme une forte présence estivale des bélugas dans la zone d'étude, avec des détections quasi quotidiennes (taux de jours positifs mensuels atteignant 80 % en 2023 et 98 % en 2024), le rayon de captation de ces détections est de l'ordre de 5 km autour des points de mesure. Les vocalises D, un type d'appel émis par les rorquals bleus, ont été détectées de façon plus intermittente, mais régulière, avec des taux de jours positifs par mois de 46 % en 2023 et 68 % en 2024. La portée de détection de ces appels atteint près de 43 km, ce qui permet de détecter les rorquals bleus sur de grande distance.

Il convient toutefois de noter que l'analyse a été ciblée uniquement sur les vocalisations des bélugas et des rorquals bleus. Aucune tentative n'a été faite pour identifier d'autres espèces de mammifères marins. Ainsi, les résultats présentés ne constituent pas un inventaire exhaustif de la faune marine pouvant avoir été présente dans la zone d'étude au moment des enregistrements.

Ces résultats soulignent néanmoins l'importance écologique du secteur de Matane pour les cétacés, notamment les bélugas et les rorquals bleus, et confirment la pertinence d'y mener une étude environnementale sur le bruit sous-marin.

Effets acoustiques associés à la phase de construction

L'analyse acoustique des travaux au port de Matane (battage, vibrofonçage, fonçage fond-de-trou [DTH] et dragage) indique que chacun de ces types de travaux génère des effets variables sur les mammifères marins :

- **Cétacé basse fréquence – LF** *(comme les rorquals bleus et communs, les petits rorquals et les rorquals à bosse).*
- **Cétacé haute fréquence – HF** *(comme les bélugas, les dauphins à flancs blancs et à nez blanc et les baleines à bec communes).*
- **Cétacé très haute fréquence – VHF** *(comme les marsouins communs).*
- **Phocidés – PCW** *(les phoques).*

Avec la mise en place de mesures d'atténuation adéquates et obligatoires, les effets auditifs (TTS et PTS) peuvent exister à de courtes distances, souvent à l'intérieur de l'enceinte du port, tandis que les effets comportementaux peuvent s'étendre sur de plus longues distances, notamment pour les bruits continus.

Les résultats indiquent que :

Travaux de battage de pieux

Avec l'application de mesures d'atténuation telles que le démarrage progressif et l'installation de rideaux de bulles, et en supposant que les animaux s'éloignent du site des travaux, les effets auditifs (PTS et TTS) sont limités à des rayons de ≤ 100 m pour toutes les espèces.

En l'absence de rideau de bulles, le battage génère des effets auditifs significatifs, en particulier pour les cétacés LF, avec des rayons de TTS pouvant atteindre plusieurs dizaines de kilomètres. Ces distances justifient l'application obligatoire de mesures d'atténuation, notamment au vu du nombre de détections acoustiques de rorquals bleus enregistrées dans un rayon de 40 km lors des analyses des mesures du bruit ambiant. Néanmoins, les effets restent contenus à moins de 100 m pour les autres espèces (HF, VHF et PCW), en supposant que les animaux s'éloignent du site des travaux.

Travaux de vibrofonçage de palplanches et de pieux

Pour ces travaux, les rayons associés aux effets auditifs (PTS et TTS) sont significativement plus limités que pour le battage : ils demeurent inférieurs à 500 m et sont donc confinés à l'intérieur de l'enceinte portuaire, même en l'absence de mesures d'atténuation, pour toutes les espèces.

Travaux de fonçage de pieux par marteau fond-de-trou

Ce type de méthode de fonçage de pieux limite efficacement les effets auditifs PTS et TTS à moins de 100 m du site de travaux pour toutes les espèces, même en l'absence de mesures d'atténuation. Le DTH représente donc une alternative pertinente au battage, notamment dans les contextes où la protection contre les effets auditifs est prioritaire.

Travaux de dragage

Pour ces travaux, l'effet des rideaux de bulles n'a pas été analysé. Les rayons associés au effets auditifs permanents (PTS) demeurent inférieurs à 100 m pour toutes les espèces. En revanche, les rayons associés aux TTS atteignent 1,6 km pour les groupes LF et VHF et sont inférieurs à 100 m pour les groupes HF et PCW, si on considère que l'animal s'éloigne de la zone.

Les résultats sont issus d'un scénario conservateur, sans prise en compte du masquage potentiel par le quai. En pratique, une part importante des opérations devrait se dérouler à l'intérieur du port, ce qui réduirait les rayons d'effet TTS et les rendrait compatibles avec la surveillance visuelle.

Dérangements comportementaux

Concernant les dérangements comportementaux, différentes amplitudes de réponse sont associées à divers seuils d'exposition : un seuil de dérangement léger est ici fixé à 120 dB, tandis qu'un dérangement fort correspond à un seuil de 160 dB. Cet écart de 40 dB se traduit par des rayons d'effet très variables. Par exemple, pour le seuil de 120 dB, la zone de dérangement associé au projet pourrait s'étendre jusqu'à la Côte-Nord.

En revanche, pour un seuil de 160 dB, les distances d'effets du projet sont beaucoup plus restreintes, soit moins de 1,5 km avec l'application de rideau de bulles. Ainsi, l'évaluation de la portée réelle de ces dérangements repose sur l'analyse d'écologues, afin de déterminer s'ils représentent un enjeu écologique significatif.

En résumé, les travaux à forte empreinte sonore comme le battage présentent les plus grands risques acoustiques, notamment sur les cétacés LF. Toutefois, ces effets peuvent être largement atténués par l'application obligatoire de mesures d'atténuation, telles que l'installation de rideaux de bulles et l'application d'un démarrage progressif. Les méthodes de vibrofonçage et de fonçage par marteau fond-de-trou (DTH), bien que moins problématiques en matière d'effets auditifs (PTS et TTS), nécessitent également des mesures adaptées pour limiter le dérangement comportemental, notamment l'usage de rideaux de bulles. Enfin, lorsque le dragage est réalisé à l'intérieur du port et accompagné de mesures d'atténuation telles que la surveillance acoustique et visuelle, et, si possible, l'installation d'un rideau de bulles, ses effets peuvent demeurer circonscrits à l'intérieur du quai ou être limités. À proximité de la sortie du quai, il peut toutefois entraîner des effets de type TTS chez les cétacés LF et VHF. Le bruit continu généré par ces travaux est également susceptible de provoquer un dérangement comportemental.

Recommandations phase construction :

- Planifier les travaux bruyants en dehors des périodes de forte présence des cétacés où lorsque la propagation du son est naturellement réduite.
    - Réaliser les travaux entre 6h00 et 22h00 afin d'assurer une période de quiétude nocturne, sans perturbation additionnelle dans le milieu aquatique.
    - Réduire la durée quotidienne des travaux bruyants (ex. limiter le battage à 3 h par jour).

- Appliquer un démarrage progressif pour tous les travaux de battage, de vibrofonçage et DTH afin de prévenir l'exposition soudaine des mammifères marins au bruit et de leur laisser le temps de s'éloigner de la zone.
    - Privilégier les techniques moins bruyantes que le battage de pieux, telles que le vibrofonçage ou le DTH, lorsque possible.
    - Utiliser le niveau de puissance minimal des engins permettant d'atteindre les objectifs d'enfoncement des pieux et des palplanches.

- Installer un rideau de bulles, de préférence double, pour :
    - Réduire les effets auditifs (PTS et TTS) à ≤ 100 m pour toutes les espèces (en lien avec le battage).
    - Réduire les rayons de dérangement comportemental pour tous les types de travaux.

- Mise en place d'une surveillance visuelle et acoustique :
    - Mettre en place une surveillance visuelle par des Observateurs de mammifères marins certifiés (OMM) à l'entrée du port. Le nombre de personnes et leur position sur le chantier doivent être déterminés de façon à assurer la surveillance de l'ensemble de la zone de protection. Les personnes attitrées à la surveillance doivent, en tout temps, être entièrement dédiées à cette tâche.
    - Mettre en œuvre une surveillance acoustique passive (SAP) pour détecter la présence des cétacés et documenter le bruit généré par les travaux en tout temps (jour et nuit) - l'hydrophone devra être installé à un endroit adéquat pour pouvoir couvrir la zone de protection sans qu'il n'y ait d'interférences avec le bruit émis par les travaux bruyants afin de pouvoir capter les vocalises émises par les cétacés.
    - Définir une zone d'exclusion de 800 m autour de la source d'émission du bruit, à l'intérieur de laquelle aucun cétacé ne doit se trouver, en tout temps, durant les travaux.
    - Réaliser une période d'observation (*pre-watch*) de 30 minutes avant les travaux pour s'assurer de l'absence de mammifères marins dans la zone d'exclusion.
    - Interrompre les travaux en cas de détection dans la zone d'exclusion, et les reprendre 30 minutes après la dernière détection.
    - Noter chaque détection de cétacés en identifiant, dans la mesure du possible, l'espèce, le nombre d'individus, leur comportement ainsi que la distance de détection.

Effets acoustiques associés à la phase d'exploitation

Dans le cadre du projet de réfection et de réaménagement des installations portuaires de Matane, une modification du trafic maritime est anticipée à l'issue des travaux. Cette évolution pourrait entraîner une augmentation du nombre de navires transitant au port de Matane, engendrant une élévation du niveau de bruit ambiant sous-marin susceptible d'avoir des effets sur les espèces de cétacés présentes dans la zone.

Un scénario d'augmentation du trafic maritime, correspondant à l'ajout de 4 navires par jour transitant au port de Matane, a été simulé afin d'évaluer les modifications induites sur les niveaux sonores. Cette hausse entraîne une légère élévation du bruit ambiant, dont les effets sur l'environnement acoustique marin demeurent limités. Les niveaux rayonnés (SPL_{rms}) varient peu : la valeur médiane passe de 112 à 113 dB, soit une élévation médiane de 1 dB du niveau sonore. L'analyse spatiale révèle que 84 % de la zone connaît une hausse égale ou inférieure à 1 dB, tandis que moins de 2 % de l'aire étudiée enregistre une élévation supérieure à 3 dB. Ces hausses se traduisent par des réductions modérées des distances de communication (jusqu'à 11 %) et d'écholocalisation (jusqu'à 6 %) pour les mammifères marins, principalement dans des zones situées à proximité immédiate des routes de navigation.

Concernant les seuils de dérangement comportemental (120 et 160 dB), les zones exposées demeurent similaires à celles observées avec le trafic actuel. Le temps où le seuil est dépassé augmente faiblement : moins de 2 minutes supplémentaires par jour pour le seuil de 120 dB et environ 15 minutes par jour pour le seuil de 160 dB. Les risques auditifs (TTS et PTS), quant à eux, restent improbables.

Dans l'ensemble, les résultats indiquent qu'un scénario correspondant à une augmentation de 4 navires par jour n'entraîne pas d'effet acoustique significatif sur les mammifères marins. Les impacts potentiels, bien que localement perceptibles, sont ponctuels, transitoires et spatialement restreints aux voies de navigation, et s'inscrivent dans la variabilité naturelle du bruit sous-marin associée à un trafic modéré.

1 INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE

La Société portuaire du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (SPBSG) doit procéder à des travaux de réfection de ses installations portuaires à Matane en raison de leur état de dégradation observé selon les dernières inspections. Elle souhaite profiter de ces travaux pour réaménager ses installations portuaires en ajoutant notamment un deuxième poste à quai et pour procéder à du dragage dans le havre de manière à assurer des opérations optimales et sécuritaires pour les usagers.

Conformément à l'article 4 (port, quai et terminal portuaire) de la partie II de l'annexe I du Règlement relatif à l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement de certains projets (chap. Q 2, r. 23.1), ce projet est assujetti à la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement (PÉEIE). Afin de satisfaire la directive spécifique émise par le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement (ÉIE) du projet, une étude visant à établir les niveaux sonores subaquatiques dans la zone d'étude et à modéliser la propagation du bruit susceptible d'avoir des effets sur la faune marine.

Le présent rapport servira de document de référence à la production de l'ÉIE pour tous les aspects liés au bruit subaquatique exigés dans la directive émise spécifiquement pour le projet.

1.2 MANDAT

Dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement (ÉIE) pour le projet de réfection et de réaménagement des installations portuaires de Matane, une étude acoustique subaquatique a été réalisée par Sensea Canada Inc. entre le 15 septembre 2023 et le 15 mai 2025.

Le mandat consiste à :

- Présenter les concepts acoustiques de base, expliquer les impacts du bruit subaquatique sur les cétacés et réaliser une revue bibliographique des seuils sonores associés aux travaux en milieu aquatique.
- Mesurer le bruit ambiant subaquatique dans la zone d'étude pour établir un état subaquatique initial.
- Documenter la présence et la fréquentation des bélugas et des rorquals bleus par la détection de leurs vocalisations dans les mesures du bruit ambiant.
- Modéliser et évaluer les impacts acoustiques sur les espèces de cétacés ciblées fournies par Englobe (incluant les groupes auditifs cétacés bases fréquences LF, cétacées haute-fréquence HF, cétacés très haute-fréquence VHF et les phocidés PCW), selon les informations et hypothèses de travaux fournies par Englobe, en considérant l'empreinte acoustique du projet, les seuils de dérangement comportemental et les seuils de déplacement auditif temporaire (TTS) et permanent (PTS).

- Modéliser et évaluer les effets acoustiques reliés à l'augmentation du trafic maritime en lien avec la réfection du port de Matane sur les espèces de cétacés ciblées.
- Proposer des recommandations et des mesures d'atténuation du bruit et évaluer leur efficacité à réduire les impacts acoustiques sur ces espèces.

Ce rapport constitue un document de référence pour l'ÉIE afin de répondre aux exigences liées à l'effet du bruit subaquatique sur les mammifères marins.

1.3 ENJEUX DU BRUIT SOUS-MARIN

L'acoustique sous-marine permet d'étudier le milieu marin et de mieux comprendre l'impact du bruit généré par les activités humaines sur les espèces qui y vivent. Les ondes acoustiques possèdent une meilleure transmission dans l'eau que dans l'air. Cette particularité leur permettant de se propager plus rapidement en atteignant des niveaux plus élevés tout en pouvant parcourir d'importante distance dans l'eau. Ces caractéristiques en font un élément fondamental de l'écosystème sous-marin.

L'environnement sous-marin se caractérise par la présence de nombreux types de sons que l'on peut classer en trois catégories distinctes : les bruits naturels, les bruits biologiques et les bruits anthropiques (Pijanowski et al., 2011). Les bruits naturels sont causés par des phénomènes d'ordre géologique, physique ou météorologique, tels que le bruit des vagues, de la pluie, du vent, ou encore des activités sismiques. Les bruits d'origine biologique englobent les émissions sonores produites par la biodiversité, telles que celles des poissons, des cétacés et d'autres espèces vivantes. Finalement, au niveau des bruits anthropiques, on retrouve les émissions sonores liées aux activités humaines, notamment le trafic maritime, les opérations portuaires, les opérations *offshores* et toutes autres interventions maritimes d'origine humaine. La Figure 1-1 illustre les 3 différentes classes de bruit et des exemples d'activités avec leur niveau sonore typique. Les bruits intenses associés aux activités de construction côtière et *offshore*, tel que le fonçage de pieux, sont connus pour avoir des effets néfastes sur les organismes marins ((Bailey et al., 2010), (Dahl et al., 2015)),

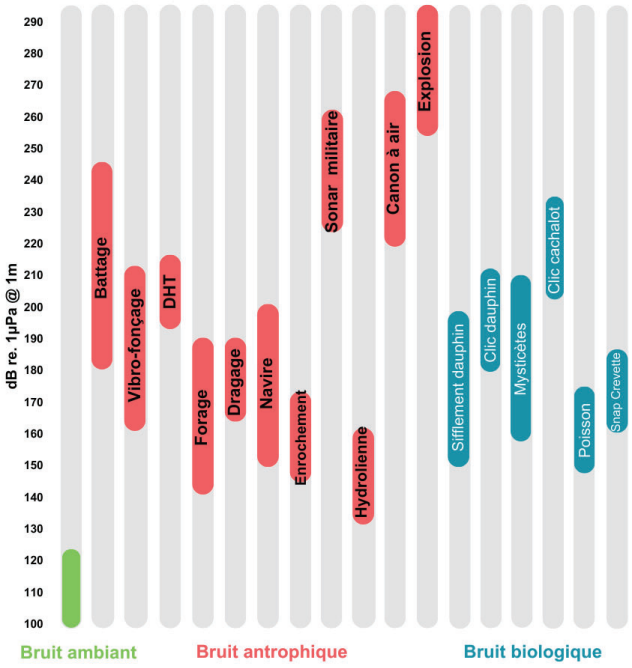


Figure 1-1 Classes de bruit (naturel (ou ambiant) en vert, anthropique en rouge, biologique en bleu) et leur niveau de source respectif.

Le bruit sous-marin d'origine anthropique constitue un enjeu pour la faune marine, en particulier pour les mammifères marins qui dépendent du son pour réaliser des fonctions vitales telles que la communication, la navigation, la recherche de nourriture et la reproduction. Des événements extrêmes, comme les échouages massifs de cétacés liés à l'utilisation de sonars puissants, à la pêche à la dynamite ou à des campagnes sismiques, ont mis en lumière l'impact réel de ces perturbations sonores (Gordon, 2018). Ces incidents, souvent très médiatisés, ont renforcé la prise de conscience des parties prenantes, bien que les liens de causalité entre ces activités et les échouages demeurent partiellement inexpliqués.

Les recherches scientifiques ont révélé une gamme complexe d'effets du bruit sous-marin, touchant non seulement les mammifères marins, mais aussi les poissons, les tortues, les invertébrés et le zooplancton. Ces impacts, qui peuvent être aigus ou chroniques, immédiats ou différés, incluent la mortalité, les blessures physiques, les altérations auditives, les perturbations physiologiques, les modifications comportementales et le masquage des signaux sonores essentiels. Dans certains cas, ces perturbations entraînent des conséquences à l'échelle des populations (Southall et al., 2007 ; 2019 ; Popper et al., 2014 ; NMFS, 2018).

Pour répondre à cette préoccupation et objectiver le débat, la communauté scientifique a élaboré des références techniques (Southall et al., 2007 ; 2019 ; Popper et al., 2014 ; NMFS, 2018) qui établissent des seuils d'exposition sonore pour la faune marine. De bonnes pratiques ont aussi été définies, notamment à travers les lignes directrices publiées par le *Joint Nature Conservation Committee* (JNCC) (2017) visant à réduire les risques de blessures aux mammifères marins lors des levés géophysiques. Des professions et méthodes spécialisées, telles que les observateurs de mammifères marins (OMM) et le suivi par acoustique passive (SAP), ont été développées pour appuyer la mise en œuvre de ces mesures d'atténuation.

Au Canada, le gouvernement a répondu à ces préoccupations en élaborant la *Stratégie canadienne sur le bruit sous-marin* (MPO-DFO, 2024). Cette stratégie met l'accent sur la recherche, la surveillance et la collaboration avec les parties prenantes pour développer des mesures de gestion efficaces, afin de protéger les écosystèmes marins, en particulier dans des habitats critiques comme le fleuve Saint-Laurent. Ce dernier constitue un habitat essentiel pour des espèces en péril, telles que le béluga de l'estuaire du Saint-Laurent, le rorqual bleu et la baleine noire de l'Atlantique Nord. L'augmentation du bruit sous-marin, principalement liée au transport maritime, à la navigation de plaisance, constitue une menace croissante pour ces espèces.

Dans ce contexte, la détection par acoustique passive (section 6 du rapport) a permis de confirmer la présence de bélugas et de rorquals bleus dans le secteur de Matane, soulignant la sensibilité biologique de cette zone. Ces données renforcent la pertinence de mener une évaluation environnementale des émissions sonores subaquatique dans le cadre du projet de réaménagement du port de Matane, où les travaux portuaires pourraient accentuer les pressions sur ces espèces vulnérables.

2 EFFET ACOUSTIQUE SUR LES MAMMIFÈRES MARINS

La plupart des espèces marines, y compris les poissons, utilisent les sons pour presque tous les aspects de leur vie, tels que la reproduction, l'alimentation, l'évitement des prédateurs et des dangers, la communication et la navigation. Les effets des bruits d'origine humaine sur la faune marine peuvent se manifester à plusieurs niveaux, et leurs conséquences varient en fonction des caractéristiques acoustiques du bruit, de l'environnement de propagation sonore et de l'espèce animale considérée (Weilgart, 2007). Parmi ces effets, on recense le masquage acoustique, le dérangement, voire le risque de blessure ou de morts.

2.1 EFFETS BIOLOGIQUES ET COMPORTEMENTAUX

Les impacts du bruit sous-marin sur la faune marine varient en fonction de la distance à la source sonore. Plus on s'éloigne de la source, plus le niveau sonore diminue, réduisant ainsi la probabilité et la gravité des effets comme illustrés à la Figure 2-1. Cette atténuation dépend toutefois de plusieurs paramètres : la puissance de la source, le type de bruit émis (continu ou impulsif), les conditions de propagation du son dans l'eau (profondeur, température, salinité, topographie), et la sensibilité auditive des espèces exposées.

Les effets potentiels peuvent être regroupés en différentes catégories selon le niveau d'exposition sonore :

- Les effets auditifs (TTS et PTS), qui nécessitent des niveaux élevés, surviennent lorsque les animaux se trouvent à proximité de la source ou exposés à long terme.
- Les réactions comportementales apparaissent à des niveaux plus faibles et peuvent survenir à plus grande distance, affectant l'alimentation, les déplacements ou les interactions sociales.
- Le masquage des sons biologiquement importants, qui équivaut au dépassement du bruit ambiant et peut affecter les animaux bien au-delà de la zone d'effets biologiques marqués.

La présente section décrit chacun de ces effets, en commençant par l'empreinte acoustique, qui en constitue le périmètre global, puis en allant vers les effets biologiques plus ciblés.

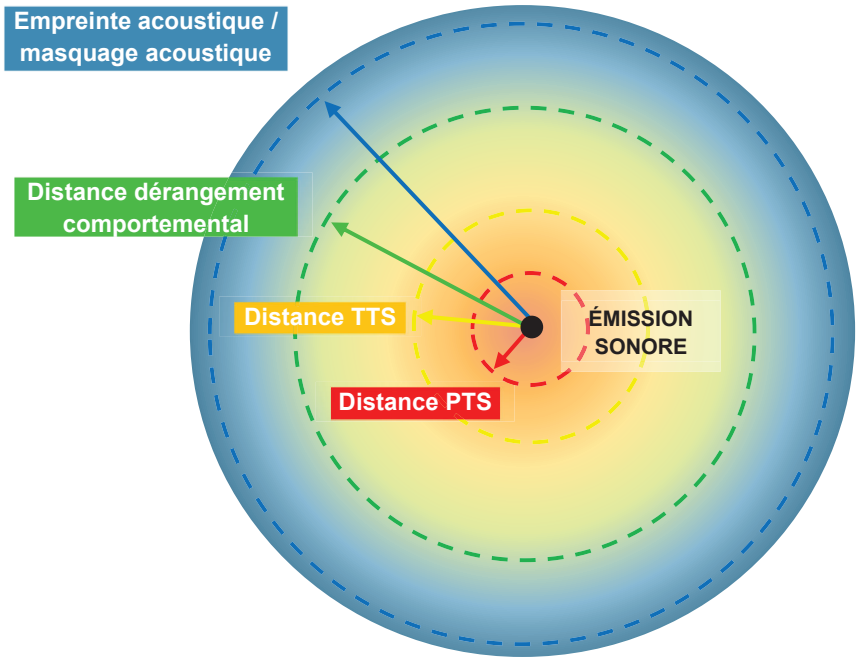


Figure 2-1 Schéma de la représentation des rayons d'effet acoustique selon la distance de la source

2.1.1 EMPREINTE ACOUSTIQUE

L'empreinte acoustique d'un projet correspond à la zone dans laquelle le bruit généré reste audible dans le milieu marin. Cette audibilité est définie comme le dépassement du niveau de bruit propagé par une source par rapport au bruit ambiant. C'est donc une zone étendue dans laquelle des effets potentiels comme le masquage des communications peuvent se produire, même si les effets biologiques plus marqués (dérangement comportemental, TTS, PTS) sont généralement limités à des zones bien plus restreintes à l'intérieur de cette empreinte.

2.1.2 MASQUAGE

Le bruit d'origine humaine peut masquer les signaux sociaux des mammifères marins, l'écholocalisation, les sons de prédateurs, les sons de proies et les sons environnementaux. Le masquage se produit lorsque le bruit interfère avec la capacité de l'animal à détecter d'autres sons importants. Ce phénomène dépend de plusieurs facteurs, comme le fait que le bruit ne survient pas exactement en même temps ou aux mêmes fréquences que la vocalisation, qu'il varie en intensité sur différentes fréquences, ou qu'il comporte des pauses permettant aux sons importants de passer.

2.1.3 DÉRANGEMENTS COMPORTEMENTAUX

Les animaux peuvent réagir au bruit en modifiant leur comportement, par exemple en changeant leur direction de nage, leur vitesse de plongée, leur durée en surface ou leur taux de respiration. Ces réactions incluent aussi une vigilance accrue, des modifications vocales, l'arrêt de certaines activités (alimentation, interactions sociales), voire des comportements d'évitement (Southall B. , 2014) et de désertion de zones de résidence préférentielles. Lorsqu'elles sont ponctuelles, ces réactions peuvent avoir un impact plus limité, mais des perturbations prolongées dans des zones clés peuvent entraîner des effets à l'échelle populationnelle.

Plusieurs études ont examiné ces réponses comportementales face aux sons d'origine anthropique ((Nowacek et al., 2007) ; (Southall et al., 2007); (Gomez et al., 2016)). Ces travaux montrent que, même au sein d'une même espèce, les réactions varient fortement selon les caractéristiques biologiques des individus et les conditions environnementales. Ces variations s'expliquent notamment par des facteurs tels qu'une exposition antérieure au bruit, un état comportemental au moment de l'exposition, l'âge, le sexe ou encore la santé de l'animal.

2.1.4 DÉPLACEMENT TEMPORAIRE DU SEUIL AUDITIF (TTS)

Une exposition à un son suffisamment intense ou prolongé peut entraîner une élévation du seuil auditif chez un animal, réduisant sa sensibilité auditive. Le seuil d'audition représente le niveau sonore le plus bas qu'un animal peut détecter. Ce seuil d'audition varie en fonction des fréquences et est généralement désigné comme le seuil auquel un animal détectera un son 50 % du temps. Si l'audition revient à la normale après une période de calme, on parle alors de déplacement temporaire du seuil auditif, ou *Temporary Threshold Shift* (TTS). Ce phénomène dépend non seulement de l'intensité du son, mais aussi de plusieurs de ses caractéristiques, comme le temps de montée, la durée, la répétitivité et le contenu fréquentiel.

2.1.5 DÉPLACEMENT PERMANENT DU SEUIL AUDITIF (PTS)

Lorsque l'exposition au son est trop intense ou trop prolongée, le seuil auditif chez un animal peut ne pas revenir à la normale après une période de calme : on parle alors de déplacement permanent du seuil auditif, ou *Permanent Threshold Shift* (PTS). Contrairement au TTS, ce déplacement auditif est irréversible et entraîne une diminution permanente de la sensibilité auditive. Le risque de PTS dépend des mêmes facteurs acoustiques que le TTS (niveau sonore, durée, rétivité, fréquence), mais survient à des niveaux sonores plus élevés ou après des expositions plus longues.

2.2 LE BÉLUGA ET LE BRUIT

Les bélugas (*Delphinapterus leucas*) de la population de l'estuaire du Saint-Laurent sont classés comme une espèce en voie de disparition depuis 2005 en vertu de la Loi sur les espèces en péril (LEP). Ces odontocètes utilisent une grande variété de sons pour se repérer dans leur environnement, éviter les obstacles, s'identifier les uns les autres, renforcer leur cohésion sociale et localiser leur nourriture.

Le répertoire vocal du béluga présente une grande diversité sonore incluant des sons de communication comme des sifflements, des claquements, des grincements et des grognements ainsi que des sons pour se localiser ou localiser les proies (clics).

Les fréquences des sifflements utilisés pour la communication varient entre environ 100 Hz et plus de 10 kHz avec un niveau sonore atteignant 143,8 ± 6,7 dB re 1 µPa @ 1 m (Le Bot et al., 2016), tandis que les sons produits pour l'écholocalisation, tels que les clics et les tonalités pulsées, sont générés à des fréquences beaucoup plus élevées, pouvant parfois dépasser les 100 kHz (Roy et al., 2010) et avec une durée très courte, généralement de 41,1 ± 17,3 microsecondes (Song et al., 2023).

Plusieurs études ont évalué leurs seuils auditifs – soit le niveau sonore minimal détectable par le cétacé – et leurs capacités auditives, en laboratoire et dans des conditions naturelles. Finneran et al., (2003) a observé que la meilleure sensibilité auditive se situait entre 40 et 50 dB re 1 µPa, avec des fréquences optimales autour de 50–80 kHz et 30–35 kHz pour deux bélugas en captivité. De son côté, Mooney et al. (2018) a mesuré la capacité auditive de 26 bélugas dans leur habitat naturel, observant des variations selon l'âge et le sexe des individus. En général, les bélugas présentent une audition sensible, avec un seuil auditif inférieur à 80 dB, couvrant une gamme de fréquences allant de 16 Hz à 100 kHz.

Les bélugas du Saint-Laurent sont exposés de manière chronique au bruit provenant du trafic maritime circulant dans leur habitat. De mai à octobre, ils subissent aussi l'impact du tourisme lié à l'observation des baleines. Ces perturbations affectent les bélugas en altérant ou en masquant leurs vocalisations et en réduisant les zones où ils peuvent communiquer et s'entendre. Elles risquent également d'interrompre la connexion acoustique entre les mères et leurs veaux, perturbant ainsi des activités cruciales telles que la mise basse, l'allaitement et la recherche de nourriture (Lesage V. , 2021). Au niveau du dérangement comportemental, certaines études ont observé des réactions à des niveaux aussi bas que 90-120 dB re 1 µPa rms, tandis que d'autres n'ont pas relevé d'effets significatifs en dessous de 150 dB re 1 µPa rms. (Lesage et al., 2014)

2.3 LE RORQUAL BLEU ET LE BRUIT

Le rorqual bleu (*Balaenoptera musculus*) de l'Atlantique, classé comme espèce en voie de disparition depuis 2005 en vertu de la Loi sur les espèces en péril (LEP), dépend fortement de ses vocalisations pour assurer la communication entre individus. Ces signaux acoustiques jouent également un rôle potentiel dans l'orientation des baleines au cours de leurs longues migrations. Émis à très basse fréquence, ces sons peuvent se propager sur plusieurs centaines de kilomètres en eaux profondes, conférant au rorqual bleu une grande portée de communication.

Le répertoire vocal des rorquals bleus de l'Atlantique Nord et du Saint-Laurent comprend principalement trois types d'appels : les infrasons de type « *A* » et « *B* », situés entre 15 et 20 Hz, et les appels « *D* » ou « *arch downsweep* », audibles dans une gamme de 20 à 100 Hz. Ces vocalisations peuvent durer de 1 à 13 secondes, tandis que les infrasons, émis sur une seule note, peuvent atteindre 20 secondes [(Mellinger & Clark, 2003) (Berchok et al., 2006)]. L'intensité de ces sons varie entre 186 et 198 dB re 1 µPa @ 1 m, avec une source estimée à ~190 dB pour les infrasons et environ 30 dB de moins pour les appels D (Aulanier F. et al., 2016).

Dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent, les rorquals bleus sont exposés au bruit sous-marin généré par le trafic maritime, un bruit principalement concentré dans les basses fréquences — soit la même gamme que celle utilisée par ces cétacés pour communiquer. Ce bruit anthropique est susceptible de perturber la transmission d'informations essentielles à leur orientation, leur socialisation et leur reproduction.

Selon des modélisations acoustiques (Aulanier F. et al., 2016) le risque de masquage des communications et de perturbations comportementales, comme l'interruption de l'alimentation ou l'évitement de certaines zones, peut atteindre 30 % dans un rayon de 20 km autour des principales routes maritimes du golfe du Saint-Laurent. Ailleurs dans l'estuaire et le golfe, ce risque demeure généralement inférieur à 10 %.

2.4 GUIDES DE RÉFÉRENCE UTILISÉS DANS L'ÉTUDE

Cette étude s'appuie sur des guides de référence reconnus qui définissent les seuils d'exposition acoustique à ne pas dépasser afin de limiter les effets nocifs sur la faune marine. Ces guides fournissent des valeurs de seuils basées sur les connaissances scientifiques au moment de leur publication et permettent d'évaluer de manière standardisée les risques d'impact associés à différents types de bruit sous-marin. Les guides de bonnes pratiques disponibles pour les mammifères marins utilisés dans l'étude :

Communauté scientifique internationale : Southall, B. L., Finneran, J. J., Reichmuth, C., Nachtigall, P. E., Ketten, D. R., Bowles, A. E., Ellison, W. T., Nowacek, D. P., & Tyack, P. L. (2019). Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Updated Scientific Recommendations for Residual Hearing Effects. *Aquatic Mammals*, *45*(2), 125–232. https://doi.org/10.1578/AM.45.2.2019.125

Agence gouvernementale américaine : NMFS (National Marine Fisheries Service). (2018). Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing (Version 2.0). *Underwater Thresholds for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts Office of Protected Resources*.

Agence gouvernementale américaine : NMFS (National Marine Fisheries Service). (2023). Underwater Onset of Behavioral Disturbance Acoustic Thresholds, de *NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 2005. Endangered Fish and Wildlife; Notice of Intent to Prepare an Environmental Impact Statement.*

3 ESPÈCES À L'ÉTUDE

Les espèces à l'étude sont recensées conformément aux informations fournies par Englobe (donnée 2025, Annexe D), qui répertorient les mammifères marins présents dans la zone de Matane. Bien que les phocidés ne soient pas explicitement mentionnés, leur présence potentielle dans le secteur justifie leur inclusion dans la présente étude (MPO-DFO, 2024).

Concernant les mammifères marins, Southall et al., 2019 les classent en différentes familles d'espèces partageant des caractéristiques auditives communes, notamment en fonction de leur sensibilité à différentes fréquences. Les six groupes auditifs vivant dans l'eau sont les suivants :

- **LF : les cétacés basses fréquences** (*low frequency*), tels que les mysticètes (baleines à fanons) comme les rorquals communs et les baleines boréales.
- **HF : les cétacés hautes fréquences** (*high frequency*), comprenant la plupart odontocètes (cétacés à dents), tels que les cachalots, les bélugas et certains dauphins.
- **VHF : les cétacés très hautes fréquences** (*very-high frequency*), qui sont des odontocètes spécialisés dans l'utilisation de hautes fréquences, tels que les marsouins.
- **PCW : les phocidés dans l'eau** (*phocid carnivores in water*), comprenant les phoques et les éléphants de mer.
- **OCW : les autres carnivores dans l'eau** (*other marine carnivores in water*), comprenant les morses, les otaries, les ours polaires et les loutres.
- **SI : les espèces de type Siréniens**, telles que les lamantins vivant dans les zones tropicales.

La Figure 3-1 ci-dessous présente les différents groupes de mammifères marins classés en fonction de leur sensibilité à différentes fréquences.

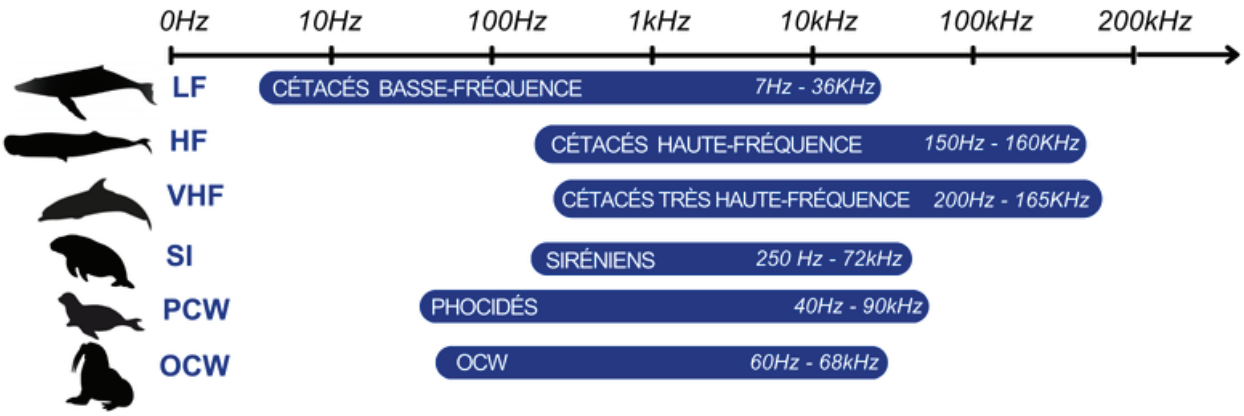


Figure 3-1 Groupes selon leur sensibilité à différentes fréquences (NMFS N. M., 2024), (Southall et al., 2019)

Le Tableau 3-1 liste les espèces à l'étude pour le volet bruit acoustique subaquatique dans le cadre de l'étude d'impact environnementale du projet de réfection et de réaménagement des installations portuaires de Matane en fonction de ces catégories.

Tableau 3-1 Espèces à l'étude pour le volet bruit acoustique subaquatique dans le cadre de l'étude d'impact environnementale du projet de réfection et de réaménagement des installations portuaires de Matane

Groupe de mammifères	Espèces
Cétacés basse fréquence (LF)	Rorqual bleu, *Balaenoptera musculus* Rorqual commun, *Balaenoptera physalus* Petit rorqual, *Balaenoptera acutorostrata* Rorqual à bosse, *Megaptera novaeangliae* Baleine noire de l'Atlantique Nord, *Eubalaena glacialis* Rorqual boréal, *Balaenoptera borealis*
Cétacés haute-fréquence (HF)	Beluga, *Delphinapterus leucas* Cachalot macrocéphale, *Physeter macrocephalus* Globicéphale noir de l'Atlantique, *Globicephala melas* Baleine à bec commune, *Hyperoodon ampullatus* Épaulard, *Orcinus orca* Dauphin à flancs blancs de l'Atlantique, *Lagenorhynchus acutus* Dauphin à nez blanc, *Lagenorhynchus albirostris*
Cétacés très haute fréquence VHF	Marsouin commun, *Phocoena phocoena*
Phocidés (PCW)	Phoque gris, *Halichoerus grypus* Phoque du Groenland, *Pagophilus groenlandicus* Phoque commun, *Phoca vitulina mellonae*
Autres carnivores dans l'eau (OCW)	Aucune espèce recensée
Siréniens (SI)	Aucune espèce recensée

4 CONCEPTS ET MÉTRIQUES UTILISÉS

Niveau sonore à la source SL ou L_s [dB re 1 µPa @ 1m]

Le niveau sonore à la source *(source Level)* est la mesure de la pression sonore, exprimée en décibels (dB), par rapport à une référence de 1 micropascal (µPa) à une distance de 1 mètre de la source sonore.

Perte de transmission ou propagation TL [dB re 1 µPa]

Lors de la propagation acoustique sous-marine, l'énergie du signal se dissipe à travers l'eau sur une certaine distance. Ces pertes se produisent en raison de plusieurs facteurs physiques et environnementaux comme l'absorption de l'énergie par le milieu de propagation ainsi qu'un effet géométrique de divergence. Les pertes en transmission TL(r) (*transmission loss*) expriment de combien de dB l'onde sonore s'atténue lorsque le son se propage sur une distance r. Une équation simplifiée des pertes par transmission prend souvent la forme :

$$TL = k \cdot \log(r)\ [dB]$$

où r représente la distance par rapport à la source sonore en mètre et *k* est une constante qui varie généralement entre 10 et 20, selon les caractéristiques du milieu

Niveau sonore reçu SPL [dB re 1 µPa]

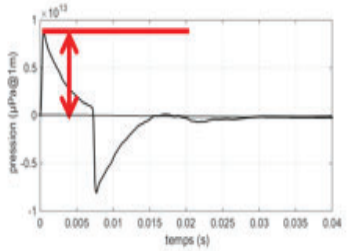
Le niveau sonore reçu SPL (*sound Pressure Level*) fait référence à l'amplitude du signal acoustique détecté par un récepteur sous l'eau (comme un hydrophone ou un mammifère marin). Ce niveau, exprimé en décibel référencé à 1 µPa (dB re 1 µPa), dépend du niveau de la source sonore (SL, source qui émet le bruit) et les pertes par transmission (TL). Ce niveau peut être exprimé selon l'équation suivante :

$$\boldsymbol{SPL}\ (niveau\ sonore\ reçu) = \boldsymbol{SL}\ (Niveau\ sonore\ émis) - \boldsymbol{TL}\ (perte\ par\ tranmission)$$

Niveau sonore SPL_{peak} ou $L_{p,0\text{-}pk}$ [dB re 1 µPa]

Le niveau sonore SPL_{peak} (*Sound pressure level peak*) représente la valeur maximale du niveau de pression sonore dans un signal (ou un enregistrement de pression) *P(t)* pour une bande de fréquence définie. Ce seuil est exprimé selon l'équation suivante.

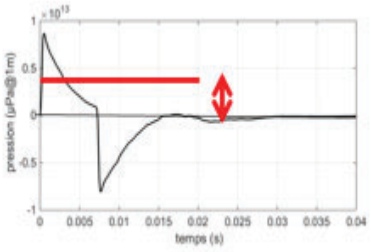
$$SPL_{peak} = 20log_{10}(\max(|P(t)|)),\ \ [dB\ re\ 1\mu Pa]$$



Niveau sonore SPL_{rms} ou $L_{p,rms}$ [dB re 1 µPa]

Le niveau sonore SPL_{rms} (*Sound pressure level rms*) (ou niveau efficace) évalue le niveau sonore moyen du signal reçu pendant la durée *T* du signal pour une bande de fréquence définie. Si P(t) est la pression filtrée dans la bande de fréquences définie, ce seuil est exprimé selon l'équation suivante.

$$SPL_{rms} = 20log_{10}\left(\sqrt{\frac{1}{T}\int P(t)^2 dt}\right), \quad [dB\ re\ 1\mu Pa]$$

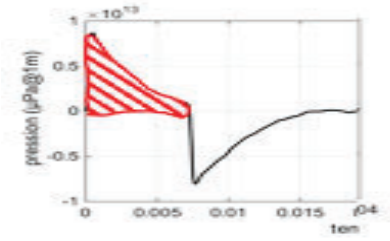


Niveau d'exposition sonore SEL_T ou L_E [dB re 1 µPa²•s]

Le niveau d'exposition sonore ou dose sonore SEL_T (*Sound exposure level*) est une mesure qui évalue la quantité d'énergie sonore totale à laquelle un animal est exposé sur une durée de temps spécifique T. Cette mesure prend en compte la durée de l'exposition au bruit et est exprimée selon l'équation suivante.

$$SEL_T = 10log_{10}\left(\int_0^T P(t)^2 dt\right), \quad [dB\ re\ 1\mu Pa^2 s]$$

où *T* correspond au temps en seconde du signal.



Le SEL_T peut aussi être déterminé selon cette équation :

$$SEL_T = SPL_{rms} + 10\log(T)$$

Pour les bruits impulsifs, le $SEL_{1\ impulsion}$ est utilisé pour déterminer la quantité d'énergie par impulsion. Cette quantité peut ensuite être convertie pour un SEL sur une durée déterminée T selon cette équation :

$SEL_T = SEL_{1impulsion} + 10\,log(N(T))$, où *N* correspond au nombre d'impulsions pendant un temps T, (ex. 2000 impulsions par jour).

Niveau d'exposition sonore SEL_{24h} [dB re 1 µPa²•s]

Correspond au niveau sonore SEL évalué sur une durée de 24 heures. Les seuils sonores pour les mammifères marins sont exprimés selon une durée de 24h.

$SEL_{24h} = SPL_{rms} + 10\log(T)$, où *T* correspond au temps en seconde du signal par jour

Le Tableau 4-1 ci-dessous présente un résumé des métriques acoustiques utilisées dans ce rapport pour l'évaluation de l'exposition sonore des mammifères marins :

Tableau 4-1 Résumé des métriques acoustiques utilisées pour l'évaluation de l'exposition sonore des mammifères marins.

Niveau sonore	Abréviation utilisée dans le rapport	Abréviation ISO 18405	Description	Utilisation
Niveau sonore SPL_{peak}	SPL_{peak}	$L_{p,0\text{-}pk}$	La valeur maximale du niveau de pression sonore dans un signal	Bruits impulsifs (ex. battage)
Niveau sonore SPL_{rms}	SPL_{rms}	$L_{p,rms}$	Mesure du niveau sonore moyen pendant la durée T du signal.	Bruits continus et impulsifs. Utilisé pour les seuils de dérangement comportemental.
Niveau d'exposition sonore pour une impulsion	$SEL_{1\ impulsion}$	-	Mesure la quantité totale d'énergie sonore transmise lors d'une seule impulsion	Utilisé pour caractériser des sources impulsives comme le battage de pieux, en évaluant l'énergie acoustique générée par un seul coup de marteau.
Niveau d'exposition sonore	SEL_{24h}	L_E	Évalue la quantité d'énergie sonore totale à laquelle un animal est exposé pendant 24h.	Calculé pour les seuils sonores des mammifères marins sur 24h

5 ÉTAT DE RÉFÉRENCE DU BRUIT SUBAQUATIQUE

L'objectif de cette section est d'analyser les données acoustiques pour déterminer le niveau sonore du bruit ambiant sous-marin autour de Matane, en identifiant les sources principales de ce bruit ainsi que leur composition spectrale. Ces résultats permettent d'établir un état initial avant les travaux de réaménagement, afin d'évaluer l'impact potentiel du projet sur l'écosystème marin et les espèces sensibles.

Plus spécifiquement, l'analyse permet de :

1. Mesurer les niveaux sonores et identifier les fréquences dominantes.
2. Obtenir un état initial du bruit ambiant et analyser sa variabilité mensuelle et annuelle.
3. Identifier les sources responsables du bruit ambiant et quantifier leur contribution dans le niveau sonore.
4. Comparer les enregistrements de bruit à Matane avec ceux observés dans le Saint-Laurent en se référant à la littérature.

5.1 INSTRUMENTATION ET PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE

L'instrumentation repose sur un enregistreur acoustique autonome (hydrophone) déployé sur le fond marin pour capter et enregistrer les sons. Ce dispositif est équipé d'un largueur acoustique qui, activé par une télécommande, libère des bouées reliées à une corde permettant de remonter l'enregistreur à la surface pour sa récupération. La mesure du bruit ambiant est réalisée à l'aide de deux hydrophones (P1 et P2) couvrant deux zones d'intérêt.

Le site d'étude est caractérisé par des courants marins pouvant atteindre 0,75 m/s (Galbraith et al., 2022) et des mouvements de la masse d'eau lors de tempête dans toute la colonne d'eau. Ces conditions peuvent générer des turbulences autour de l'hydrophone ainsi que des vibrations des composantes immergées, produisant des bruits parasites significatifs par rapport au bruit ambiant (Kinda et al., 2017). Pour minimiser ces interférences, un mouillage rigide en deux parties, posé sur le fond marin, est utilisé afin d'isoler l'hydrophone des autres parties du mouillage (Figure 5-1) :

- Un premier lest (25 kg) comprend l'enregistreur et l'hydrophone, lesquels sont fixes et posés au fond marin.
- Un second lest (50 kg) comprend les éléments nécessaires à la récupération du mouillage, soit le largueur acoustique, la corde de récupération et les deux bouées de flottaison.

Les deux lests sont disposés à 60 m l'un de l'autre et reliés par une corde, assurant que les turbulences et vibrations générées par les composants de récupération ne polluent pas la mesure acoustique de l'hydrophone. Ce montage rigide et découplé permet de réduire le bruit propre lié au mouvement du mouillage, assurant ainsi une mesure plus précise du bruit ambiant sous-marin.

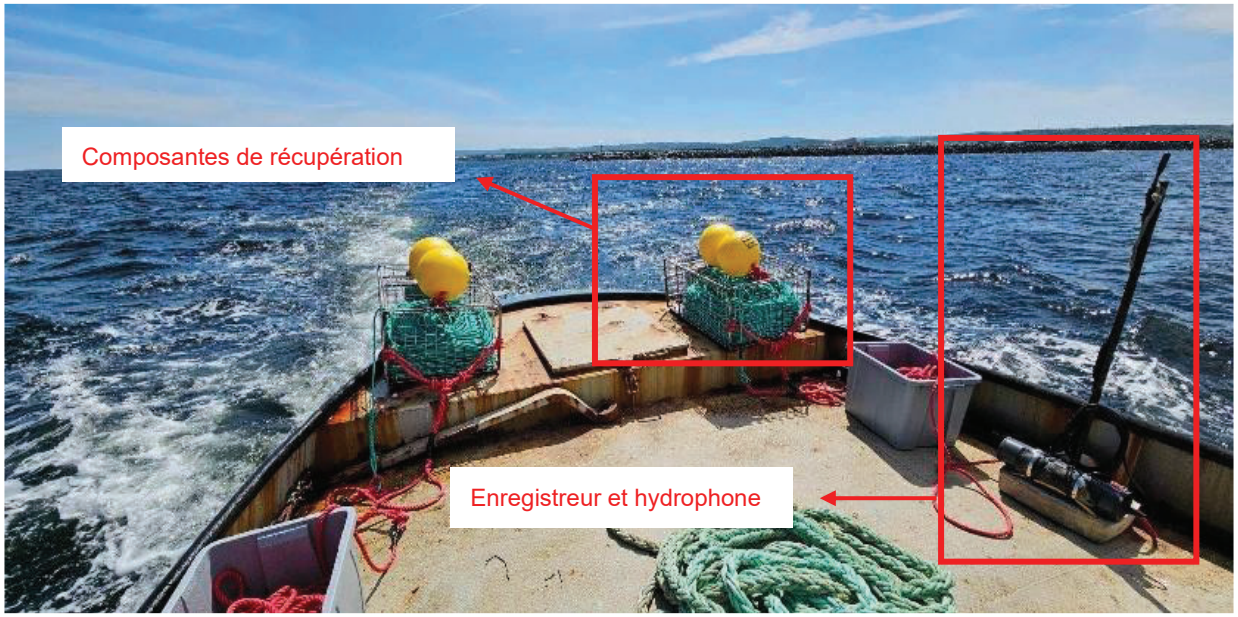


Figure 5-1 Instrumentation pour la mesure de bruit ambiant sous-marin

Les mesures acoustiques sont effectuées à l'aide d'un enregistreur de type Loggerhead LS1, équipé d'un hydrophone HTI-96-min. Les spécifications techniques de l'instrumentation sont décrites dans le Tableau 5-1.

Tableau 5-1 Caractéristiques techniques de l'hydrophone et conditions de déploiement.

Paramètre	Valeur
Numéro de série de l'hydrophone	P1 : 4371490 P2 : 4371489
Sensibilité	-170 dB re 1 V/µPa ± 3 dB [2 Hz – 30 kHz]
Résolution	16 bits
Bruit propre de l'hydrophone	78 dB re 1 µPa (1 Hz – 1 000 Hz)
Fréquence d'échantillonnage	48 kHz
Gain appliqué	P1 : -0,9 dB P2 : -3,9 dB
Cycle d'enregistrement	10 minutes d'enregistrement suivies de 5 minutes de pause

Ces réglages permettent de mesurer le bruit naturel (pluie, vague, vent), les signaux biologiques (comme les vocalisations des cétacés) et les sources anthropiques (notamment les passages du traversier) :

- La bande fréquentielle, la sensibilité et la résolution de l'hydrophone sont adaptées à la détection des bruits anthropiques de forte intensité (ex. passage rapproché d'un navire) ainsi qu'à la majorité des signaux de communication émis par les cétacés (ex. sifflements de bélugas à distance).
- Le niveau de bruit électronique (78 dB re.1µPa) est faible devant le bruit ambiant naturel attendu (112 dB re.1µPa (Simard et al., 2010)), il ne vient donc pas corrompre les données enregistrées.

Les hydrophones sont déployés en trois sessions couvrant différentes périodes afin d'obtenir un état initial acoustique sous-marin sur plusieurs mois. Les enregistrements ont été effectués entre le 17 août et le 22 novembre 2023, puis du 19 juin au 4 août 2024 pour un total de 142 jours de mesure. La Figure 5-2 illustre les mois où il y a eu des mesures réalisées ainsi que le nombre de jours par mois de mesure.

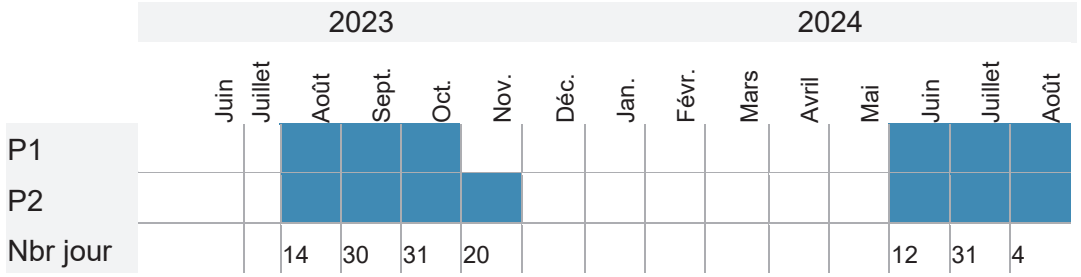


Figure 5-2 Représentation des mois de mesure du bruit ambiant (en bleu) selon les deux points et le nombre de jours par mois

Le point P1 est placé à environ 1,8 km à l'extérieur de l'entrée du quai, tandis que le point P2 est installé à environ 1 km de celle-ci, soit à proximité de la voie de navigation du traversier. Les deux points sont distants d'environ 800 m à 1 km l'un de l'autre. La profondeur du site de mouillage est en moyenne de 30 mètres (voir Tableau 5-2).

Tableau 5-2 Caractéristiques de l'emplacement des points de mesure du bruit ambiant (P1 et P2)

Point de mesure	Position relative	Distance par rapport au quai	Proximité	Profondeur
P1	À l'ouest de l'entrée du quai	1,8 km	Zone plus éloignée de la navigation	30 m
P2	Près de l'entrée du quai	1 km	À proximité de la voie du traversier	30 m

Le Tableau 5-3 et la Figure 5-3 ci-dessous résument les périodes d'enregistrement selon les positions géographiques des hydrophones. La session 2 est réalisée dans le but de télécharger les données et de changer les batteries des équipements, qui sont ensuite remis à l'eau la même journée.

Tableau 5-3 Période d'enregistrement du bruit ambiant et date de retrait de l'équipement

Session	Date de mise à l'eau	Coordonnées	Distance du quai (km)	Date de retrait
Session 1	17 août 2023	P1 : 48.8456N, - 67.6015O P2 : 48.8532N, - 67.5853O	P1 : 1,9 km P2 : 0,9 km	Changement des batteries (Session 2)
Session 2	21 septembre 2023	P1 : 48.8462N, -67.6006O P2 : 48.8508N, - 67.5893O	P1 : 1,8 km P2 : 1,0 km	P2 : 23 nov. 2023 / P1 : 11 déc. 2023
Session 3	19 juin 2024	P1 : 48.8459N, 67.6008O P2 : 48.8505N, -67.5898O	P1 : 1,8 km P2 : 1,0 km	P1 et P2 : 4 août 2024

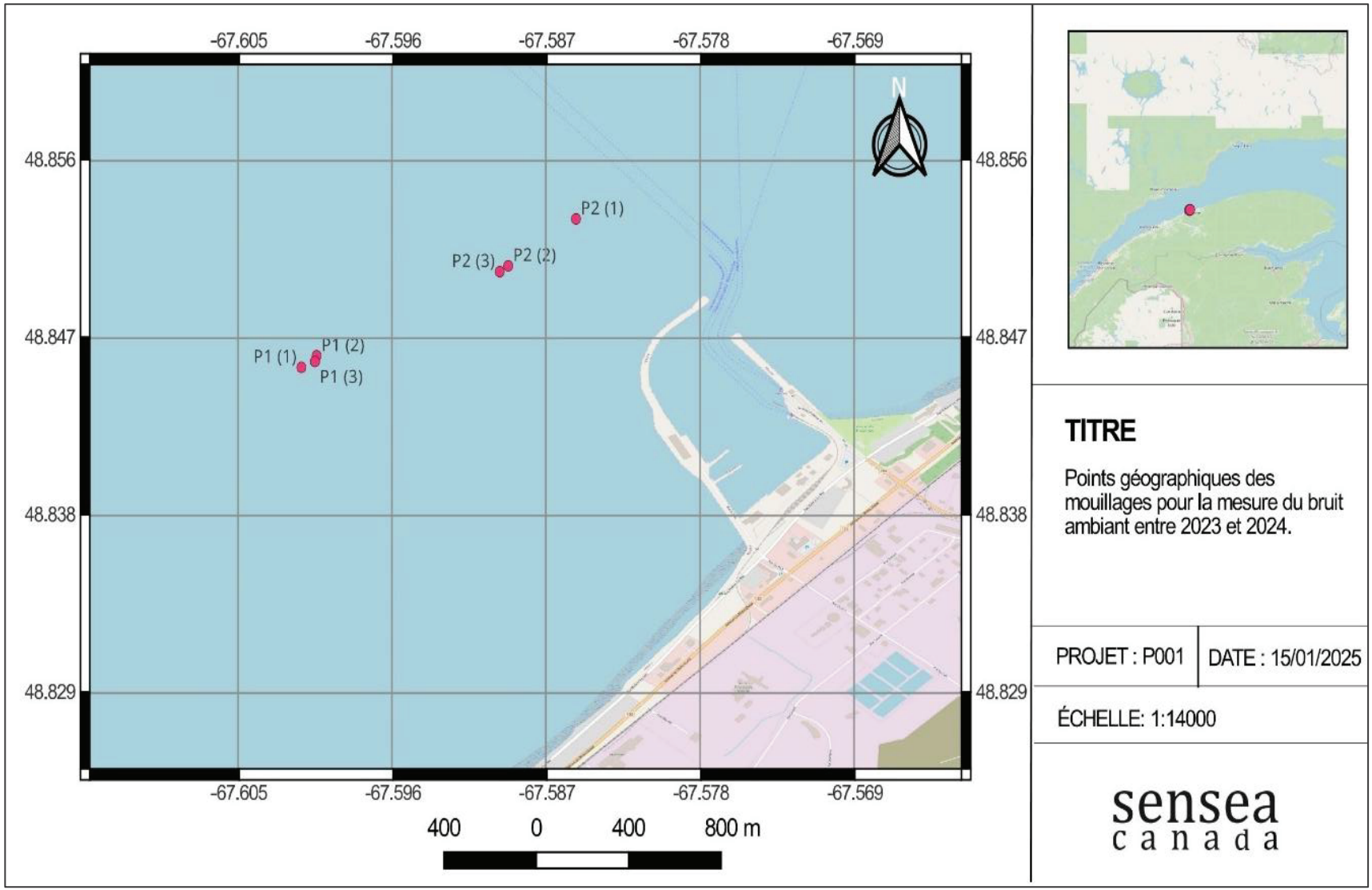


Figure 5-3 Points géographiques des mouillages pour la mesure du bruit ambiant entre 2023 et

5.2 NIVEAU SONORE

Cette section présente l'analyse des niveaux de bruit enregistrés du 17 août au 22 novembre 2023, puis du 19 juin au 4 août 2024, en mettant en avant les tendances mensuelles et journalières, les différences jour/nuit ainsi que les variations interannuelles.

Les valeurs sont exprimées en dB re 1 µPa pour la gamme de fréquences entre 20 Hz et 24 kHz et les niveaux SPL_{rms} sont calculées sur une période de 30 secondes.

Le Tableau 5-4 ci-dessous présente le sommaire des niveaux de bruit ambiant mesurés en 2023 et 2024 à Matane.

Tableau 5-4 Statistique des niveaux sonores du bruit ambiant pour 2023 et 2024

SPL_{rms} [20 Hz – 24 kHz] Unité : dB re 1 µPa	**2023**			**2024**		
	P1	**P2**	**GLOBAL**	**P1**	**P2**	**GLOBAL**
Moyenne et écart-type	101,8 ± 6,6	102,7 ± 7,4	**102,3 ± 7,1**	106,5 ± 8,4	105,3 ± 5,7	**105,9 ± 7,2**
10e percentile	95,0	94,9	**95,0**	99,2	99,7	**99,5**
25e percentile	97,5	97,6	**97,5**	102,0	102,0	**102,0**
Médiane (50e percentile)	100,7	101,5	**101,1**	104,8	104,3	**104,5**
75e percentile	104,5	106,1	**105,4**	108,3	107,0	**107,6**
90e percentile	109,8	111,4	**110,8**	117,6	112,1	**114,5**
Maximum	159,5	159,7	**159,7**	157,6	143,7	**157,6**

En 2023, les niveaux sonores sont relativement similaires entre les deux points de mesure, avec une **médiane de 101,1 dB re 1 µPa** aux deux points et un **maximum atteignant 159,7 dB re 1 µPa, correspondant au passage d'un navire** le 20 septembre 2023. En 2024, la valeur médiane est de **104,5 dB re 1 µPa** pour les deux points.

Il est important de noter que les niveaux sonores aquatiques ne peuvent être directement comparés aux niveaux sonores en milieu aérien, en raison de différences physiques entre les deux milieux. Pour obtenir une intensité équivalente, une correction d'environ 62 dB doit être appliquée aux niveaux mesurés dans l'eau. Ainsi un niveau médian de 105 dB dans l'eau équivaut à environ 43 dB dans l'air, soit un bruit plutôt faible.

La différence de niveaux sonores entre 2023 et 2024 pourrait s'expliquer par des conditions marines plus agitées, une augmentation des activités anthropiques en 2024, ou des variations dans la propagation sonore. En effet, la transmission du son sous-marin varie selon des paramètres comme la température et la salinité, qui diffèrent entre les périodes de mesure (août à novembre 2023, juin à août 2024).

Ces variations saisonnières peuvent être analysées à l'aide de l'*Ocean Soundscape Atlas* (https://soundscape-atlas.uqar.ca), un outil développé par Pêches et Océans Canada (MPO) qui permet l'affichage de cartes modélisées de l'acoustique sous-marine dans le Saint-Laurent. Ces cartes permettent de visualiser les niveaux sonores liés au bruit ambiant et au trafic maritime selon les fréquences et les périodes pour un endroit donné. La Figure 5-4, adaptée des modélisations de cet outil, illustre une diminution durant l'été des niveaux sonores du trafic maritime pour les fréquences de 1 kHz, suivie d'une augmentation en automne, reflétant la variabilité saisonnière du bruit.

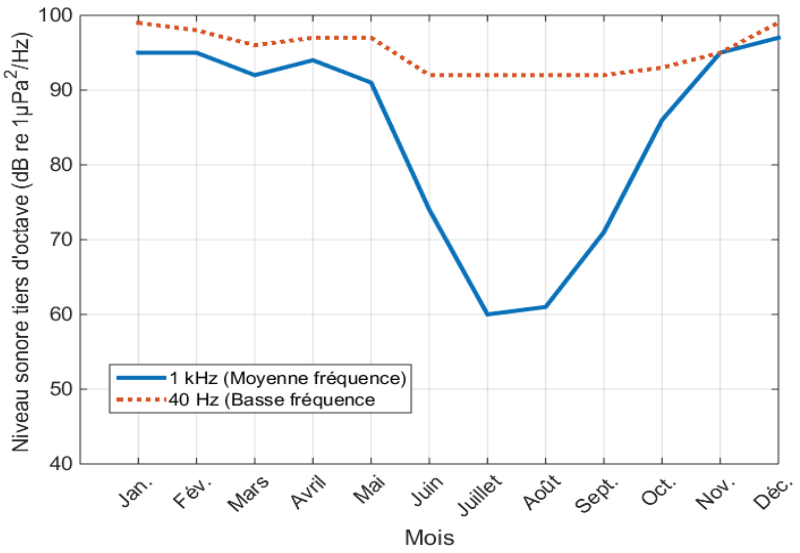


Figure 5-4 Variation saisonnière des niveaux sonores à 1 kHz dans l'estuaire du Saint-Laurent, figure adaptée de l'Ocean Soundscape Atlas.

De manière générale, les niveaux sonores médians à Matane sont comparables à ceux d'autres secteurs du fleuve Saint-Laurent à trafic maritime modéré, tels que Cacouna (102,4 dB re 1 µPa) et l'est de l'île Rouge, en face de Cacouna (103,8 dB re 1 µPa) pour les bandes de fréquences similaires aux analyses à Matane (10 Hz – 23 kHz) (McQuinn et al., 2011). De plus, selon les modélisations acoustiques du bruit ambiant de *Ocean Soundscape Atlas,* la valeur médiane annuelle pour le secteur de Matane serait de 100,4 dB re 1 µPa (pour une profondeur de 25 m en 2018).

En revanche, les niveaux mesurés sont inférieurs à ceux des secteurs à fort trafic, comme l'embouchure du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent (116,7 dB re 1 µPa, 0,01–23 kHz) (McQuinn et al., 2011), (110 à 118 dB re. 1µPa, 1 kHz, 20 kHz) (Gervaise et al., 2012) ou les principales voies de navigation du Saint-Laurent (112 dB re 1 µPa, 20 Hz–0,9 kHz), (Simard et al., 2010) où l'intensité du trafic maritime dans ces secteurs accroît le bruit ambiant.

Ces valeurs confirment que les mesures réalisées à Matane reflètent les conditions acoustiques typiques du Saint-Laurent pour les zones côtières à activité maritime moins intense.

5.2.1 SPECTRE SONORE

Les spectres $L_{p,f}$ en fréquence des niveaux sonores enregistrés à Matane en 2023 (août-novembre) et 2024 (juin-août) révèlent une énergie acoustique concentrée dans les basses fréquences (20–100 Hz), avec une diminution soutenue au-delà de 100 Hz, comme illustrés dans la Figure 5-5. En 2023, les niveaux médians sont de 70 dB re 1 µPa$^{2/}$Hz à 100 Hz et diminue à 57 dB re 1 µPa$^{2/}$Hz à 1 kHz, et 44 dB re 1 µPa$^{2/}$Hz à 10 kHz, tandis qu'en 2024, ils atteignent 76 dB re 1 µPa$^{2/}$Hz à 100 Hz, 56 dB re 1 µPa$^{2/}$Hz à 1 kHz, et 42 dB re 1 µPa$^{2/}$Hz à 10 kHz. Cette prédominance des basses fréquences reflète l'influence du trafic maritime et des activités humaines dans les mesures acoustiques.

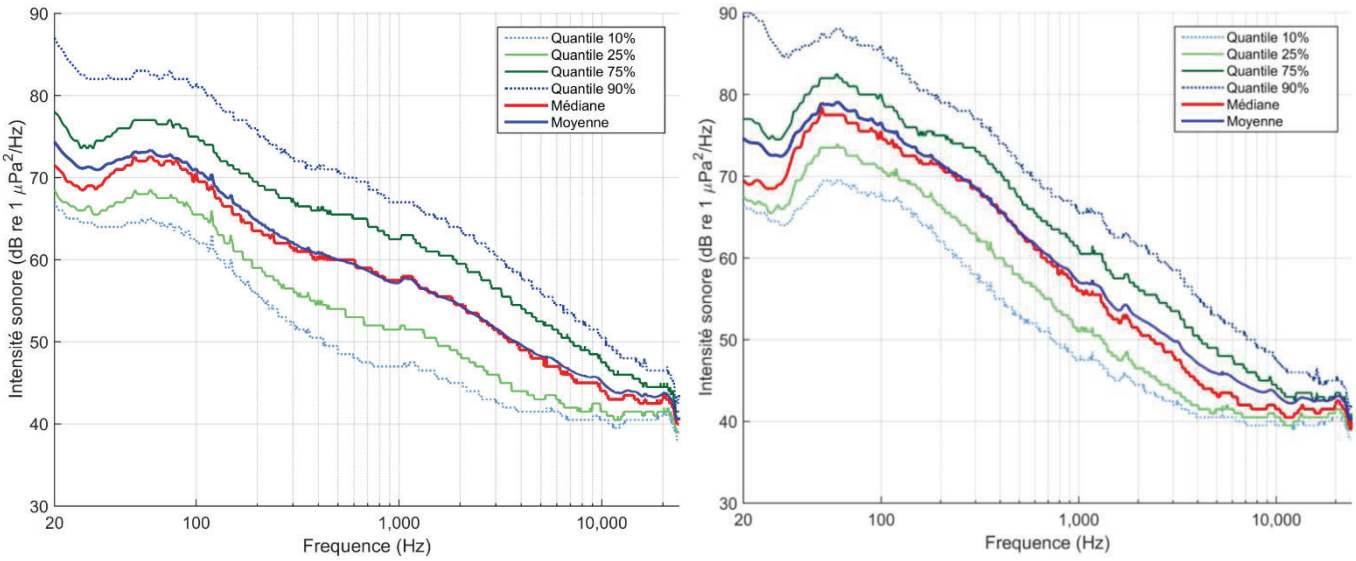


Figure 5-5 Spectres en fréquence des niveaux sonores à Matane pour 2023 (août-novembre, gauche) et 2024 (juin-août, droite) selon la moyenne, la médiane et les percentiles 10,25,75 et 90.

5.2.1.1 MODÈLE DE WENZ

Le modèle empirique de Wenz (1962) décrit les spectres de bruit ambiant en fonction du trafic maritime et de la vitesse du vent. Couvrant une gamme de fréquences de 1 Hz à 100 kHz, il sert de référence pour identifier les sources dominantes de bruit et comparer les niveaux mesurés *in situ* aux valeurs typiques présentées dans le modèle. Les principales sources mises en évidence sont :

Bruit dû aux vagues et au vent (100 Hz - 100 kHz)

L'intensité du bruit est directement liée à la vitesse du vent, avec une augmentation plus marquée à 1 kHz

Les courbes de l'échelle de Beaufort (Annexe A) affichées sur le modèle illustrent l'état de la mer : plus le niveau Beaufort est élevé, plus le bruit ambiant augmente.

Bruit du trafic maritime (5 Hz - 1 kHz)

Dominant dans les basses fréquences, surtout en dessous de 100 Hz.

Génération du bruit principalement par les hélices et les moteurs des navires.

Sur le modèle, on note une différence entre le bruit typique du trafic maritime en eaux profondes (deep water) et le bruit en eaux peu profonde (shallow water).
Des indices de trafic (de 1 à 7) permettent également de quantifier l'intensité du trafic maritime (echelle 1 : faible, 3 : modéré, 7 : intense).

Les courbes représentant l'indice du trafic maritime et l'indice du bruit dû au vent peuvent être synthétisées dans le Tableau 5-5 ci-dessous. Ce tableau indique les niveaux de bruit ambiant (en dB re 1 µPa, plage de fréquences 16 Hz à 90 kHz) selon le modèle de Wenz (1962), corrigé de + 5 dB pour tenir compte des conditions en eaux peu profondes.

Tableau 5-5 Niveau de bruit ambiant dB re. 1µPa [16 Hz, 90 kHz] (Wenz 1962, correction + 5 dB pour les milieux en eaux peu profondes)

Vitesse du vent	Trafic maritime			
	Faible Indice = 1	Moyen Indice = 3,5	Intermédiaire Indice = 4	Fort Indice = 7
0 nœud	93 dB re. 1µPa	103 dB re. 1µPa	105 dB re. 1µPa	120 dB re. 1µPa
5 nœuds	100 dB re. 1µPa	104 dB re. 1µPa	106 dB re. 1µPa	120 dB re. 1µPa
10 nœuds	104 dB re. 1µPa	106 dB re. 1µPa	108 dB re. 1µPa	120 dB re. 1µPa
12 nœuds	105 dB re. 1µPa	107 dB re. 1µPa	109 dB re. 1µPa	120 dB re. 1µPa
20 nœuds	110 dB re. 1µPa	108 dB re. 1µPa	111 dB re. 1µPa	121 dB re. 1µPa
25 nœuds	112 dB re. 1µPa	113 dB re. 1µPa	114 dB re. 1µPa	122 dB re. 1µPa

Les mesures réalisées à Matane sont comparées au modèle de Wenz (Figure 5-6). Dans les hautes fréquences (> 1 kHz), les niveaux sonores enregistrés en 2023 et 2024 sont similaires et correspondent à un état de mer d'environ 2 jusqu'à 4 de l'échelle de Beaufort (brise légère à modérée avec petites vagues). Ces résultats concordent avec les vitesses moyennes des vents mesurées (7,2 ± 3,4 nœuds en 2023 et 6,9 ± 3,9 nœuds en 2024), correspondant à une force de vent de niveau 3 sur cette échelle. En ce qui concerne le trafic maritime, les indices 4 (2023) et 5 (2024) indiquent un trafic modéré à intermédiaire, inférieur à celui observé dans les zones à forte activité maritime. En reprenant le Tableau 5-5 ci-dessus, on observe des niveaux de bruit ambiant compris entre 106 et 108 dB, ce qui est comparable à la médiane de 101,1 dB en 2023 et de 104,5 dB en 2024.

Les niveaux sonores mesurés à Matane en 2023 et 2024 présentent une distribution spectrale conforme au modèle de Wenz, ce qui indique une bonne représentativité des conditions sonores typiques de cette zone côtière. Les niveaux élevés observés aux basses fréquences sont compatibles avec un trafic maritime modéré à Matane, tandis que les niveaux aux fréquences supérieurs à 1 kHz s'alignent avec les données du vent.

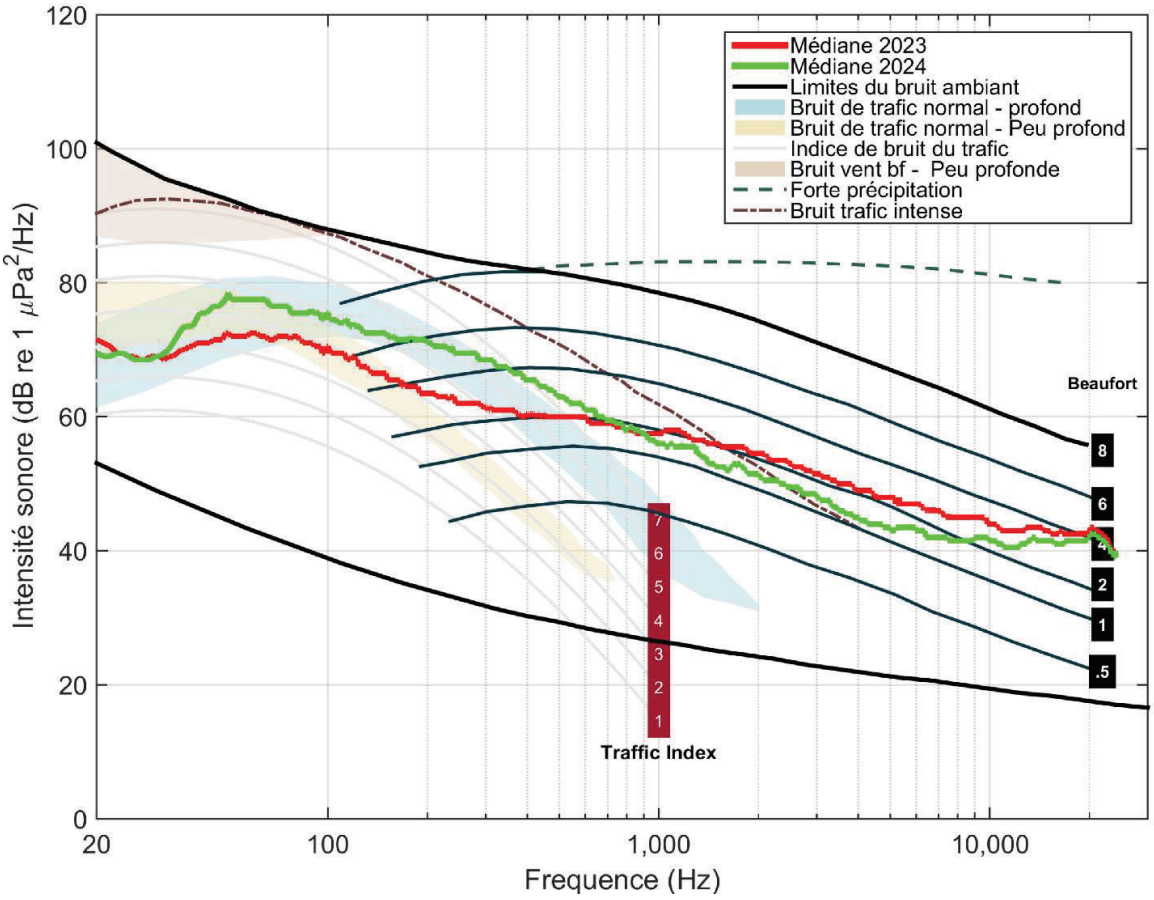


Figure 5-6 Médiane du bruit ambiant en 2023 et 2024 à Matane selon le modèle de Wenz (1962)

5.2.2 VARIATIONS INTER-MENSUELLES

On observe une fluctuation mensuelle du bruit ambiant, avec une **médiane qui varie entre 99,6 dB et 106,5 dB re 1 µPa selon les mois [20 Hz – 24 kHz]**. Une augmentation du bruit ambiant est enregistrée à partir de novembre 2023. Cette hausse en novembre est notamment liée à l'augmentation du niveau de vent durant cette période, comme illustrée dans la Figure 5-7 ainsi qu'une propagation sonore différente. Sur cette figure, la médiane du bruit est représentée en vert, la moyenne (calculée en dB) ainsi que l'écart-type en orange, et le niveau de vent en bleu. On remarque que les variations du bruit ambiant suivent bien la tendance du vent, ce qui confirme l'influence des conditions météorologiques sur les niveaux sonores enregistrés.

La variation du bruit ambiant (écart-type) est de l'ordre de ± 5 à ± 8 dB, probablement en raison du passage de navires augmentant ponctuellement le niveau sonore et des variations dans les conditions de la mer.

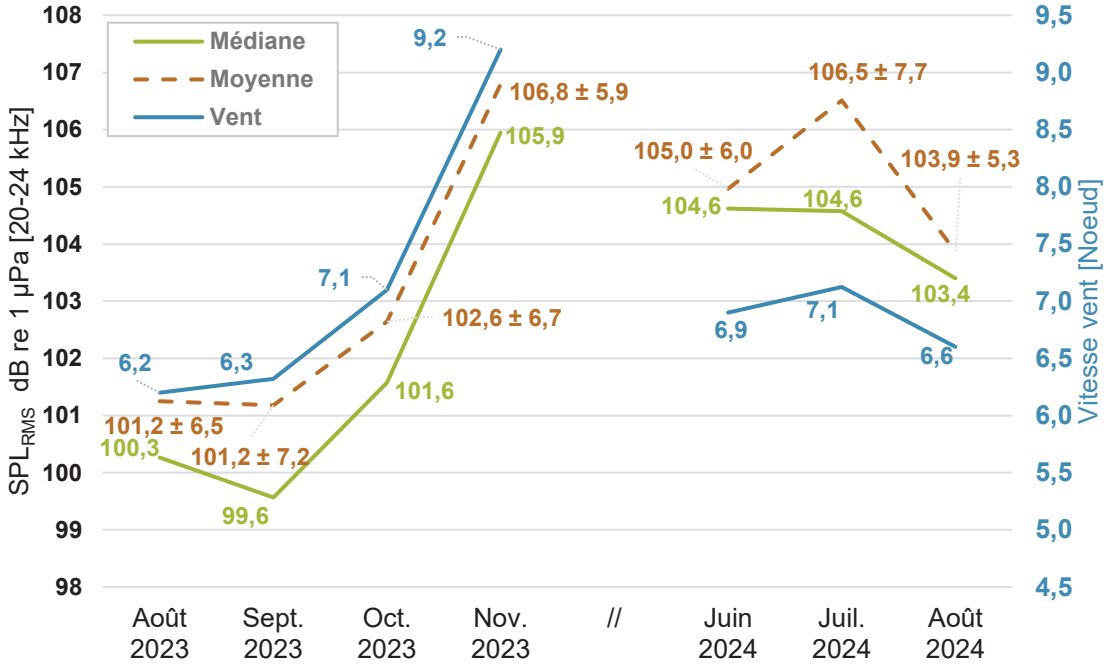


Figure 5-7 Variation mensuelle des niveaux sonores enregistrés SPL_{rms} médiane (en vert) et moyenne et l'écart-type (en orange) en lien avec la vitesse du vent en nœud (en bleu).

5.2.3 VARIATIONS INTER-JOURNALIÈRES

On observe une fluctuation journalière du bruit ambiant, avec une **médiane qui varie entre 82,3 dB et 114,1 dB re 1 µPa selon les jours [20 Hz – 24 kHz]**. La Figure 5-8 illustre la variation du niveau sonore selon les journées. Elle présente la médiane, la moyenne (calculée en dB), ainsi que les 10e et 90e percentiles sur l'ensemble des deux points de mesure.

Entre août et mi-octobre 2023, le niveau sonore demeure relativement constant, puis on observe une augmentation plus marquée à la fin octobre jusqu'à novembre 2023.

En 2024, les niveaux de bruit ambiant restent généralement stables, sauf entre la mi-juillet et la fin juillet, où des pics sont observés, notamment les 9-10, 18-19 et 21-22 juillet. Ces valeurs élevées pourraient résulter d'une combinaison d'activités anthropiques intenses et de conditions marines plus agitées. En effet, la vitesse moyenne du vent lors de ces six journées atteint 10,8 nœuds, contre 7,1 nœuds pour l'ensemble du mois de juillet 2024.

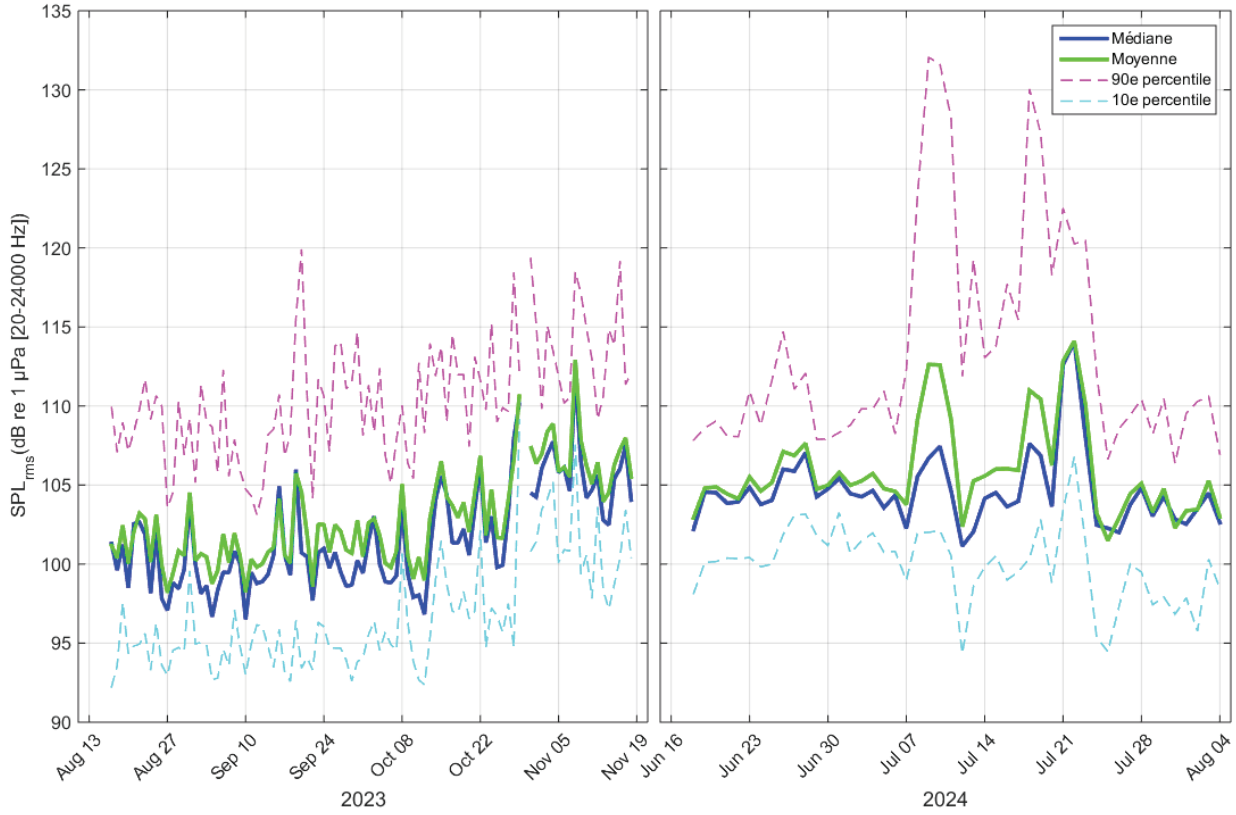


Figure 5-8 Variations journalières du niveau sonore (en dB re 1 µPa) entre août 2023 et août 2024. Les lignes représentent la médiane (trait plein bleu), la moyenne (trait plein vert), ainsi que les 10e et 90e percentiles (traits pointillés cyan et magenta).

5.2.4 VARIATIONS HORAIRES

Le bruit ambiant varie de manière horaire, avec une augmentation durant la journée, où la médiane atteint 103,3 dB re 1 µPa, et une diminution pendant la nuit, avec une médiane de 101,9 dB re 1 µPa (24 Hz - 20 kHz). On observe une **différence d'environ 1,4 dB entre le jour (6 h à 20 h) et la nuit**, principalement attribuable à un trafic maritime plus intense en journée.

La Figure 5-9 illustre l'évolution du niveau sonore moyen des deux points en fonction de l'heure pour l'année 2023 et 2024. On remarque une augmentation du niveau sonore entre 6h et 20h avec certains pics correspondant aux départs et arrivées selon l'horaire du traversier ainsi qu'un maximum à 6h00.

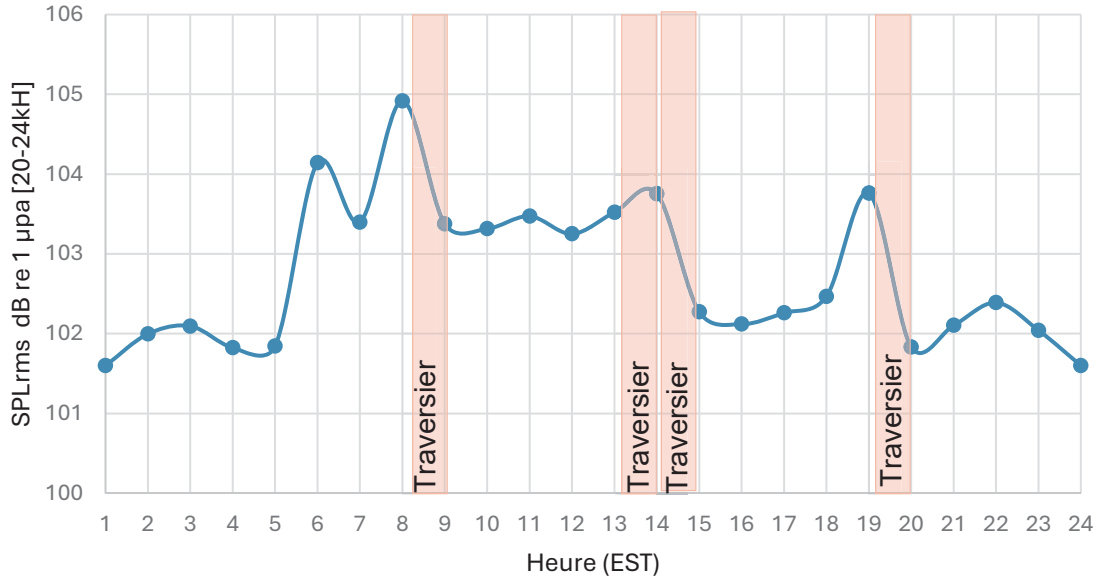


Figure 5-9 Variation quotidienne du niveau sonore enregistré à Matane, selon l'heure de la journée (1h à 24h) calculée sur l'ensemble des périodes de mesures de 2023 à 2024 (142 jours)

5.3 CONTRIBUTION DES DIFFÉRENTES SOURCES

Cette section présente les principaux contributeurs de bruit mesurés à la sortie du port de Matane par les stations P1 et P2 en 2023 et 2024.

Le bruit sous-marin est constitué de sons provenant de diverses sources et se divise en trois catégories principales :

Sons anthropiques : Ces bruits résultent des activités humaines, notamment le trafic maritime, les opérations portuaires, ainsi que d'autres activités industrielles.

Sons naturels abiotiques : Ces sons proviennent de phénomènes naturels tels que le vent, les précipitations, les vagues et les courants marins. Leur intensité et fréquence varient en fonction des conditions environnementales.

Sons biologiques : Les bruits produits par les animaux marins, comme les mammifères marins (baleines, dauphins) et d'autres espèces.

Les encadrés en rouge dans les spectrogrammes suivants (Figure 5-10) illustrent différents types de sons retrouvés dans les enregistrements du bruit ambiant à Matane. On peut voir les spectrogrammes typiques d'un passage de navire, de coups de vent, de précipitations et de sifflements de béluga.

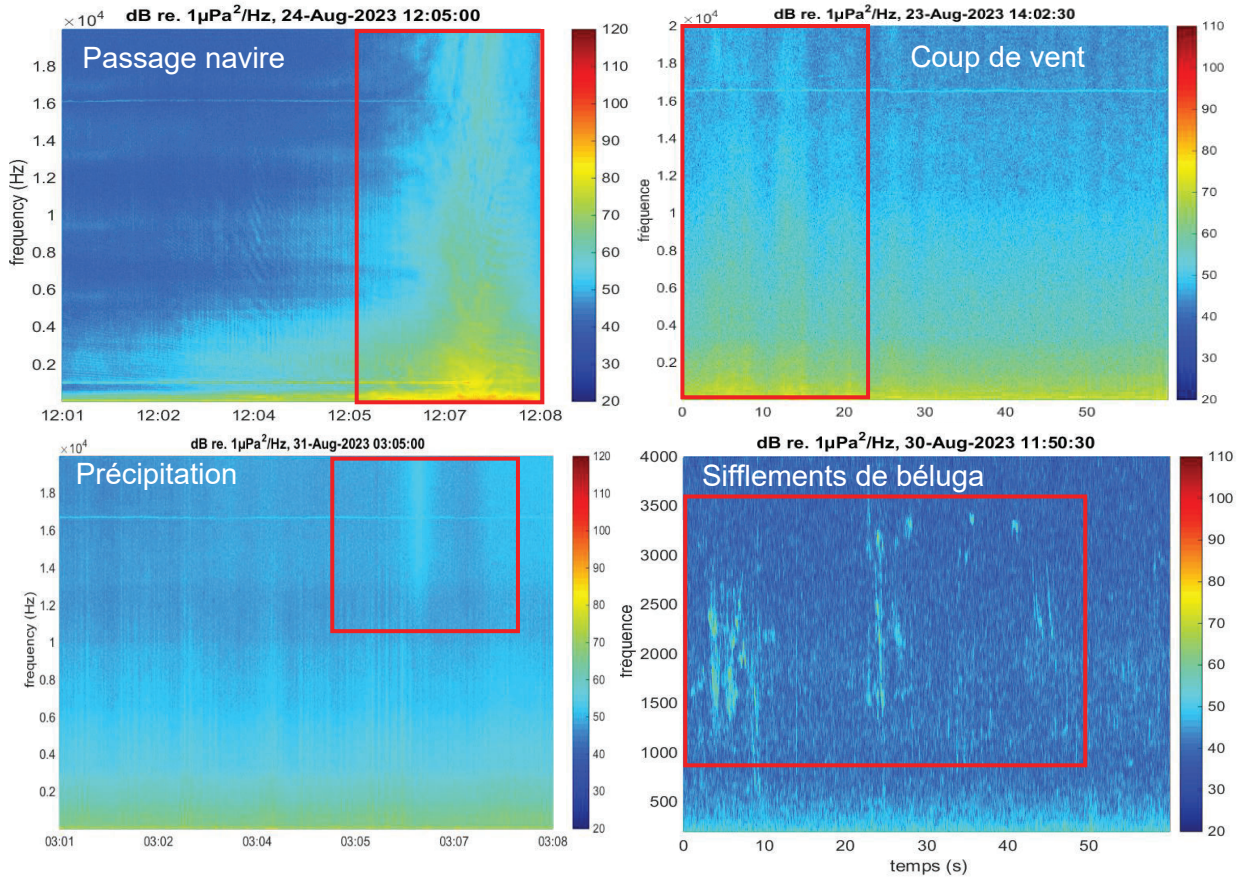


Figure 5-10 Spectrogrammes de la densité spectrale de puissance dans une série temporelle. Types de sons retrouvés dans les enregistrements du bruit ambiant à Matane : Passage de navire, Coup de vent, Précipitation, et Béluga

5.3.1 SOURCE ANTROPHIQUE

Les résultats des mesures indiquent une contribution des navires au bruit ambiant dans le secteur du port de Matane. Bien que ceux-ci augmentent le niveau de bruit sur l'ensemble du spectre, l'influence des navires est particulièrement marquée en basse fréquence, soit les fréquences habituelles des machineries et hélices (<200 Hz). Notamment, le traversier F.-A. Gauthier, qui fait environ 2 allers-retours par jour au port de Matane, a un impact significatif sur l'augmentation du niveau sonore ambiant dans ce secteur.

Les niveaux sonores associés à sa présence ont été calculés, selon son horaire de passage, sur l'ensemble de la période de mesure de 2023 et 2024. Ces niveaux sont calculés sur une période de 15 minutes avant et après les heures de départ et d'arrivée. Ils sont présentés au Tableau 10 qui compare les moyennes, les écarts-types et les médianes du niveau SPL_{rms} avec et sans passage du traversier, ainsi que la médiane des niveaux SPL_{peak} pour l'ensemble des passages, pour les années 2023 et 2024 aux points de mesure P1 et P2. Le niveau sonore efficace est calculé dans la bande de fréquences de 20 – 200 Hz sur des segments de 30 secondes.

On remarque que durant les horaires de passage du F.-A. Gauthier, le niveau sonore médian du bruit ambiant atteint 102,4 dB re 1 µPa en 2023 et 104,5 dB re 1 µPa en 2024 au point P2. En l'absence du traversier, ces niveaux diminuent à 97,4 dB en 2023 et à 101,9 dB en 2024, pour les mêmes plages de fréquences.

La comparaison des niveaux médians montre que **la présence du traversier augmente le bruit ambiant d'environ 5,0 dB en 2023 et de 2,6 dB en 2024 au point P2 dans les basses fréquences**. Au point P1, les écarts sont plus faibles, avec une différence de 2,3 dB en 2023 et de 1,3 dB en 2024, ce point étant plus loin de la voie de navigation du traversier. De plus, pour l'ensemble des passages du traversier, **le niveau sonore maximum dépasse 122,8 dB SPL_{rms} au point P2 dans 50 % des cas en 2023.**

Tableau 5-6 Niveau de pression acoustique équivalent (SPL_{rms}) mesuré aux points P1 et P2 pour les bandes de fréquences de 20 Hz à 200 Hz, avec et sans passage du traversier F.-A. Gauthier, pour les années 2023 et 2024

Unité : dB re 1 µPa			2023		2024	
Condition	**Métrique**	**Statistique**	**P1**	**P2**	**P1**	**P2**
Passage du traversier	SPL_{rms}	Moyenne ± écart-type	100,8 ± 7,3	104,7 ± 10,0	105,8 ± 9,0	106,5 ± 8,2
	SPL_{rms}	**Médiane**	**99,3**	**102,4**	**103,6**	**104,5**
	SPL_{peak}	Médiane	112,5	122,8	111,4	119,5
	SPL_{peak}	Maximum	133,8	146,9	149,5	139,5
Sans traversier	SPL_{rms}	Moyenne ± écart-type	98,3 ± 7,4	98,8 ± 7,9	104,1 ± 9,5	102,7 ± 5,9
	SPL_{rms}	**Médiane**	**97,0**	**97,4**	**102,3**	**101,9**
Différence médiane	SPL_{rms}	(Avec – sans traversier)	2,3	5	1,3	2,6

D'autres navires sont susceptibles d'entraîner une augmentation des niveaux sonores comparable au niveau du traversier, notamment le traversier-rail George-Alexandre-Lebel qui effectue des aller-retours entre Matane et Baie-Comeau, en plus de se rendre au port de Sept-Îles. En revanche, les navires plus petits fréquentant le port de Matane, tels que les bateaux de pêche, devraient générer des niveaux sonores moindres (voir la section 11.2.1.3 portant sur les niveaux sonores en fonction de la longueur et de la vitesse des navires).

Un spectrogramme typique est présenté la Figure 5-11, le 20 août 2023 montre trois passages distincts de navires, soit trois passages de traversiers aux environs de 12 h, 16h45 et 18h15 (UTC) avec l'énergie majoritairement concentrée en basse fréquence. Un autre passage de navire plus lointain est également observable vers 15 h 35.

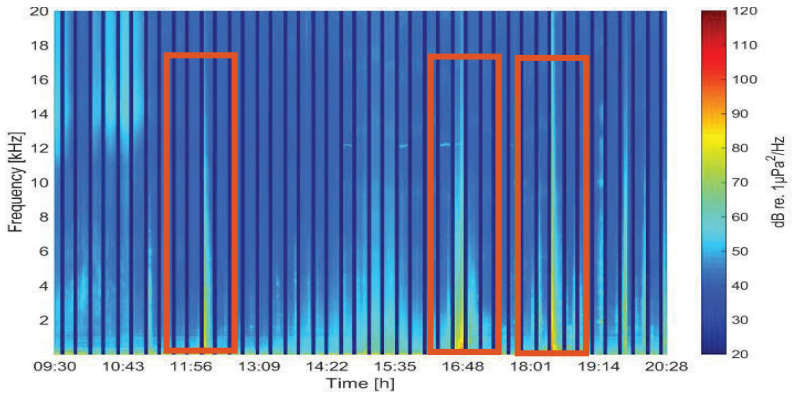


Figure 5-11 Spectrogrammes de 3 passages de navires, possiblement le traversier F.-A. Gauthier, durant la journée du 20 août 2023 à Matane pour le point P2

Le niveau sonore mesuré lors de ces trois passages de navires atteint respectivement 123, 128 et 126 dB re 1 µPa [20-200Hz] comme illustré à la Figure 5-12. L'analyse des fréquences montre que la courbe rouge, correspondant au passage du navire de 18h45, présente une augmentation par rapport au bruit ambiant mesuré à 10h45 pour la même journée, et ce, sur l'ensemble des fréquences. Cette augmentation est particulièrement marquée entre 20 et 200 Hz avec deux pics à 25 Hz et 118 Hz dus à la machinerie. Cet exemple illustre l'influence des navires, notamment du traversier, et du trafic maritime sur l'élévation du niveau sonore du bruit ambiant sous-marin.

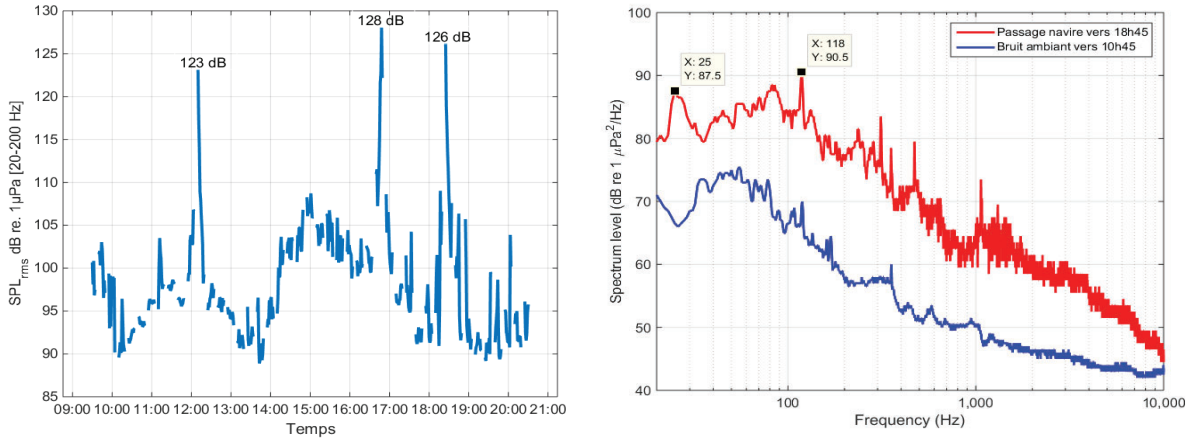


Figure 5-12 Niveau sonore mesuré SPL_{rms} à gauche et la répartition en fonction des fréquences pour le passage à 18h45 à droite

5.3.2 SOURCE NATURELLE (VENT, PRÉCIPITATION)

Les sources de bruit naturelles constituent également un effet non négligeable en haute fréquence, soit dans la plage de 200 Hz à 5 kHz. Ce bruit inclut des phénomènes d'origine naturelle tels que l'agitation de l'eau, les précipitations et les effets du vent. L'analyse des données montre une corrélation positive entre les conditions météorologiques et le niveau sonore mesuré mensuellement aux deux points : **la vitesse du vent expliquerait environ 72 % de la variation mensuelle du bruit dans cette gamme de fréquences** pour 2023 et 2024. La Figure 5-13 met en évidence la corrélation positive entre la vitesse du vent (en nœuds) et les variations du niveau de pression sonore (dB ref 1 µPa) selon l'équation de régression sur le graphique. Les données métrologiques proviennent des données historiques du Gouvernement du Canada pour la station numéro 7055122 située à Mont-Joli, Québec (Canada, 2024).

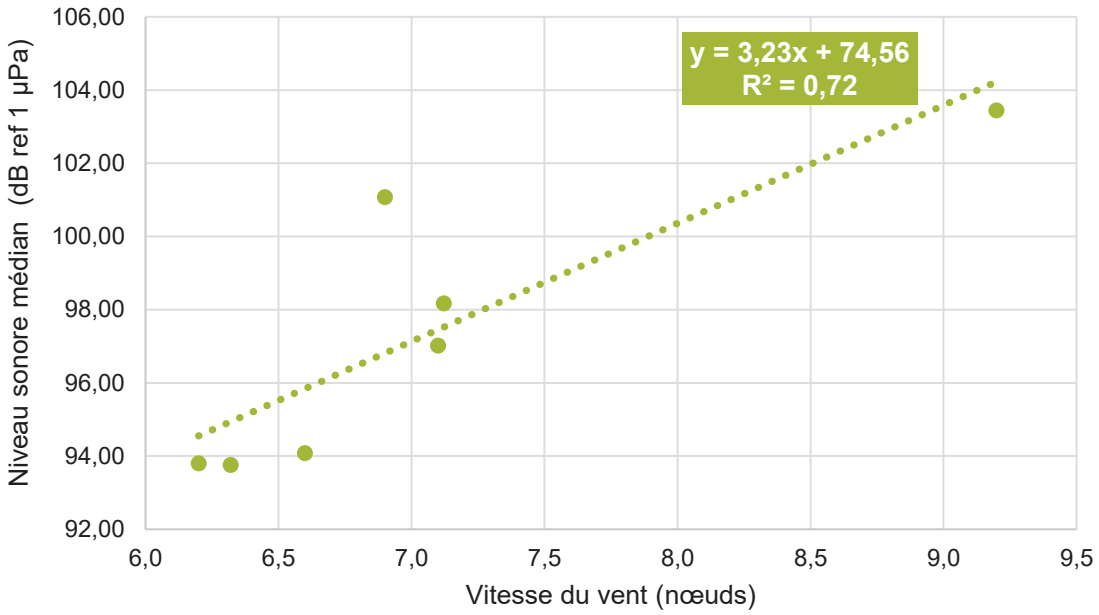


Figure 5-13 Corrélation positive entre la valeur du niveau sonore médian du bruit ambiant (dB ref 1 µPa) et la vitesse du vent (nœuds)

5.4 CONCLUSION DU BRUIT AMBIANT

L'analyse des niveaux de bruit ambiant sous-marin autour du quai de Matane a permis de dresser un état des lieux détaillé des sources sonores et de leurs contributions au bruit sous-marin. Les mesures sont effectuées à l'aide de deux hydrophones (P1 et P2) positionnés à différentes distances du quai, couvrant une période s'étendant du 17 août au 22 novembre 2023 et du 19 juin au 4 août 2024, avec un total de 142 jours de mesure.

L'évaluation des niveaux SPL_{rms} a établi une médiane de 101,1 dB re 1 µPa en 2023 et 104,5 dB re 1 µPa en 2024 (bande 20 Hz - 24 kHz). Une variation mensuelle du niveau sonore a été observée, influencée notamment par les conditions de mer et les différences de propagation acoustique. À l'échelle journalière, une variation d'environ 1,4 dB entre le jour et la nuit a été établie, principalement attribuable à une augmentation du trafic maritime durant la journée. Les principales sources de bruit identifiées sont les suivantes :

Trafic maritime : Le bruit causé par les navires, en particulier le traversier F.-A. Gauthier, ont une contribution significative au bruit ambiant. Le passage du traversier peut entraîner une augmentation du niveau sonore de 2,6 à 5 dB au point P2 dans la gamme de fréquences de 20-200 Hz.

Sources naturelles : Le bruit causé par les phénomènes naturels tels que le vent, les précipitations et l'agitation et associée à une augmentation du niveau sonore ambiant. La vitesse du vent a été responsable de 72 % de la variation du bruit mensuelle dans la gamme de fréquences de 200 Hz à 5 kHz.

Les niveaux sonores observés à Matane s'inscrivent dans les plages attendues pour des environnements similaires ailleurs dans le Saint-Laurent et correspondent aux prévisions du modèle empirique de Wenz 1962, permettant de distinguer les contributions relatives du vent et des navires.

6 DÉTECTION ACOUSTIQUE DES CÉTACÉS

Sensea Canada dispose d'algorithmes de détection basés sur l'intelligence artificielle (IA), capables d'identifier, dans des enregistrements acoustiques, les vocalisations des rorquals bleus (*Balaenoptera musculus*), des bélugas (*Delphinapterus leucas*), des baleines franches de l'Atlantique Nord (*Eubalaena glacialis*) et des dauphins. Ceux-ci vocalisent entre autres pour communiquer, se déplacer ou se nourrir.

La détection des signaux acoustiques des rorquals bleus et des bélugas a été réalisée dans des mesures de bruit ambiant collectées sur deux périodes distinctes : du 17 août au 22 novembre 2023 et du 19 août au 4 août 2024. Les détections permettent de caractériser les périodes de fréquentation et l'intensité de la présence des cétacés dans la zone, fournissant des données complémentaires pour évaluer les effets potentiels des travaux sur ces espèces.

Comme décrit à la section 2, le répertoire vocal des bélugas comprend des sifflements (100 Hz à plus de 10 kHz, illustrés à la Figure 6-1) et des clics ou buzz (pouvant dépasser 100 kHz), tandis que celui des rorquals bleus inclut des infrasons A et B (15–20 Hz, jusqu'à 20 secondes) et des appels D ou downsweep (20–100 Hz, 1 à 13 secondes), illustrés à la Figure 6-2. Dans le secteur de Matane, en lien avec la fréquence d'échantillonnage (48 kHz), la détection est appliquée pour les vocalisations D des rorquals bleus et les sifflements de bélugas.

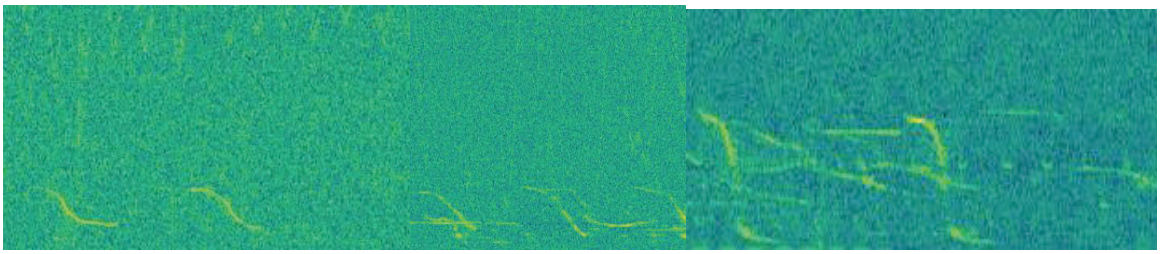


Figure 6-1 Exemples de spectrogrammes montrant des sifflements (100 Hz –10 kHz) des bélugas trouvés dans les mesures de bruit à Matane.

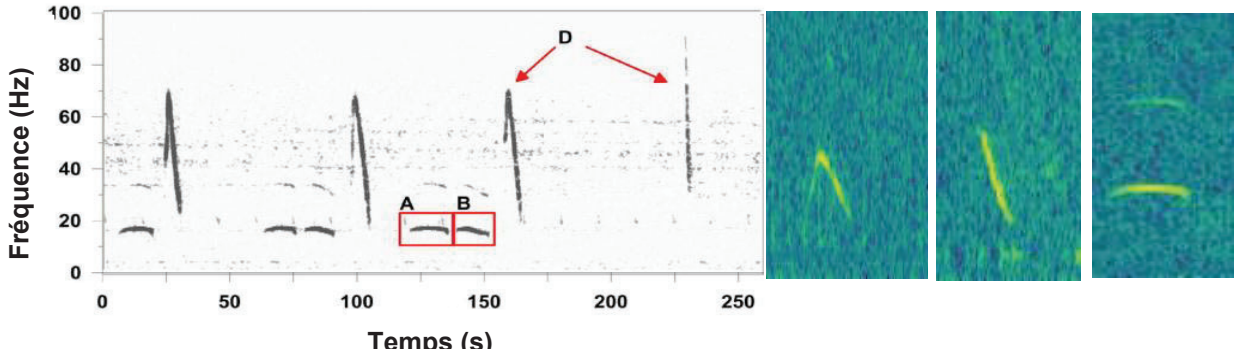


Figure 6-2 À gauche : Exemple de spectrogramme illustrant les infrasons A et B (15–20 Hz) émis par les rorquals bleus, d'une durée pouvant atteindre 20 secondes et les appels D ou downsweep (20–100 Hz) d'une durée de 1 à 13 secondes (Simard Y. et al., 2016). À droite : Exemple de spectrogrammes de vocalise de type D et A-B identifiés dans les mesures de bruit ambiant à Matane en 2023-2024.

6.1 RÉSEAUX DE NEURONES ET PERFORMANCES

Pour chacun des types de vocalisations (sifflement, ou vocalisation D) un réseau de neurones distincts est utilisé. La méthodologie pour effectuer la détection via ces réseaux repose sur quelques étapes clés. Tout d'abord, le signal audio brut est découpé en segments, et pour chacun des segments, on construit le spectrogramme selon les fréquences correspondant aux vocalisations ciblées, par exemple, 100 Hz à 20 kHz pour les sifflements des bélugas et 0 à 150 Hz pour les appels D des rorquals bleus. Le réseau de neurones est alors appliqué sur le spectrogramme pour évaluer un niveau de confiance de présence d'une vocalisation, et si cette probabilité dépasse un seuil prédéfini, le segment est classé comme positif donc contenant une vocalise. Ces étapes sont illustrées à la Figure 6-3.

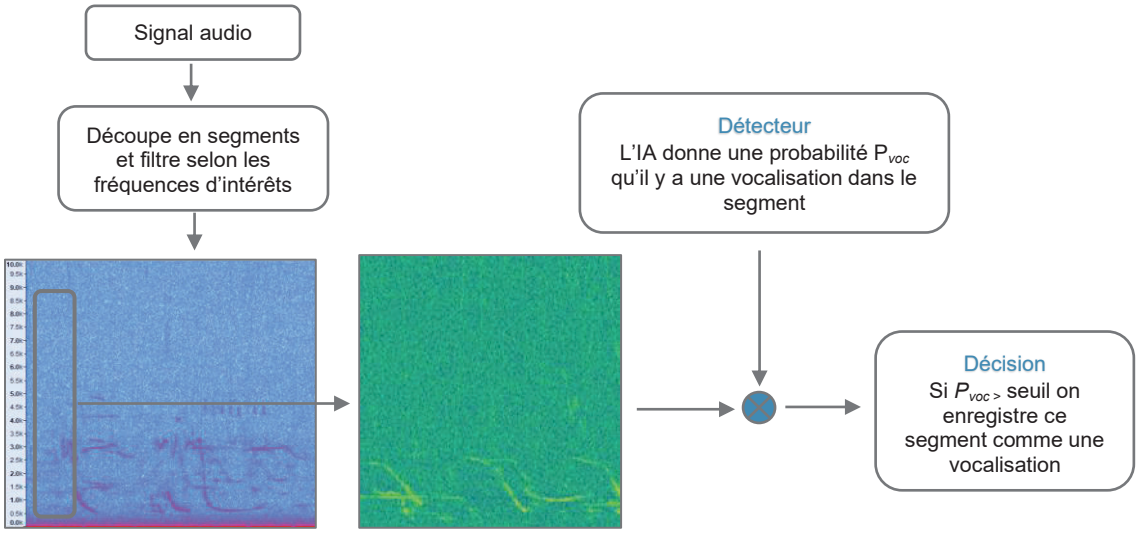


Figure 6-3 Méthodologie effectuée pour détecter la présence de vocalisation dans un signal audio grâce au réseau de neurones profonds

Les performances du réseau de neurones sont évaluées à l'aide de deux métriques qui mesurent la fiabilité et l'efficacité de l'intelligence artificielle pour la détection des vocalisations acoustiques :

- Probabilité de détection : reflète la capacité de l'IA à identifier correctement les vocalisations présentes. Par exemple, une probabilité de 95 % signifie que 95 vocalisations sur 100 existantes sont détectées.
- Taux de fausse alarme : corresponds au pourcentage de cas où l'IA signale une vocalisation qui n'existe pas. Ainsi, un taux de 2 % indique que, sur 100 segments sans baleine, 2 seront déclarés comme contenant des baleines.

L'application de ces indicateurs a permis d'obtenir des performances spécifiques pour les deux espèces étudiées et est présentée dans le Tableau 6-1.

Tableau 6-1 Résultats des performances de détection pour les sifflements des bélugas et les appels D des rorquals bleus.

Espèce	Type de vocalisation	Nombre total de détections	Probabilité de détection	Taux de fausse alarme	Seuil de confiance
Béluga	Sifflements	228 065 (2023) 162 711 (2024)	98 %	0,1 %	0,7
Rorqual bleu	Appels D	3 089 (2023) 1 105 (2024)	81 %	0 % (validé manuellement)	0,6

Pour les sifflements des bélugas, plusieurs détections ont été validées manuellement afin de confirmer l'exactitude de la base de données. Pour les appels D des rorquals bleus, le taux de fausse alarme nul résulte d'une validation manuelle sur l'ensemble des détections. Pour réduire les fausses détections de bélugas, un filtre est appliqué, conservant uniquement les détections comportant au moins cinq sifflements par heure.

6.2 MÉTRIQUES UTILISÉES POUR LES ANALYSES

Pour étudier et quantifier la présence des cétacés dans les enregistrements acoustiques, différentes métriques sont utilisées.

Nombre de détections

Le nombre de détections correspond au total des vocalisations identifiées par l'IA dans les enregistrements. Cet indicateur reflète l'activité acoustique des cétacés, mais il peut varier en fonction de facteurs comme l'intensité des vocalisations ou les conditions d'enregistrement.

Nombre de jours positifs (NBj)

Le nombre de jours positifs (NBj) correspond aux jours présentant au moins une détection. Un jour est considéré comme positif dès qu'une détection est enregistrée. Ce paramètre est complété par :

Pourcentage de jours positifs par mois (NBj/m) = NBj ÷ nombre de jours d'enregistrement par mois.

L'utilisation combinée de ces métriques répond à une problématique clé : une analyse basée uniquement sur le nombre de détections pourrait entraîner une surévaluation ou une sous-évaluation de la présence des cétacés. Cette problématique est illustrée à la Figure 6-4. À gauche, dans le rayon de détection de l'hydrophone, trois vocalisations sont enregistrées pour un seul cétacé, ce qui pourrait suggérer, avec cette seule métrique, une présence importante en raison d'une activité vocale intense. À droite, une seule vocalisation est détectée dans le rayon de détection malgré la présence de six cétacés, ce qui pourrait indiquer une faible présence malgré une densité réelle plus élevée.

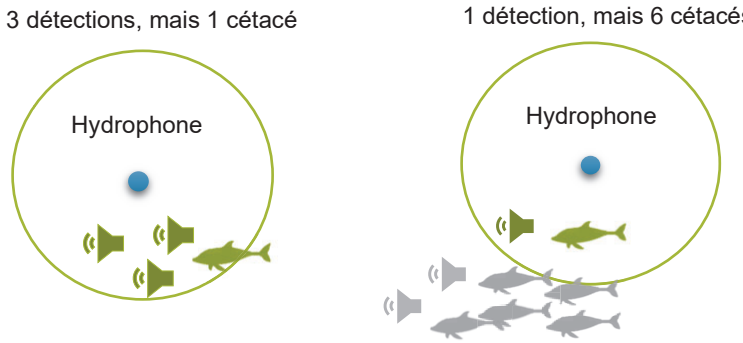


Figure 6-4 Illustration de la variabilité entre le nombre de vocalisations et la densité de cétacés dans le rayon de détection de l'hydrophone

Pour les analyses, le concept de **groupe de détection** est aussi avancé. Ce groupe est défini comme un ensemble continu de détections sonores qui se succèdent dans le temps, sans être interrompues par des silences. Si un silence de durée suffisante (par exemple, 20 minutes) se produit entre deux détections, on considère alors que les détections suivantes appartiennent à un nouveau groupe. Cette définition permet de calculer des métriques, telles que :

- Le temps durant lequel un groupe reste dans la zone de détection.
- Le temps entre les passages successifs de groupes dans la zone

Ces métriques, illustrées à la Figure 6-5 , sont pertinentes dans le cadre de cette analyse, car elles fournissent des indicateurs sur l'occupation de la zone d'étude par les cétacés. La durée entre détections reflète la fréquence de leur activité sonore (ex. 1 sifflement toutes les 5 secondes), le temps de séjour indique la persistance de leur présence dans la zone, et l'intervalle entre groupes permet d'évaluer la récurrence de leurs visites. Ces informations aident à mieux comprendre les modèles d'occupation de la zone et à estimer les risques d'interférence avec les travaux.

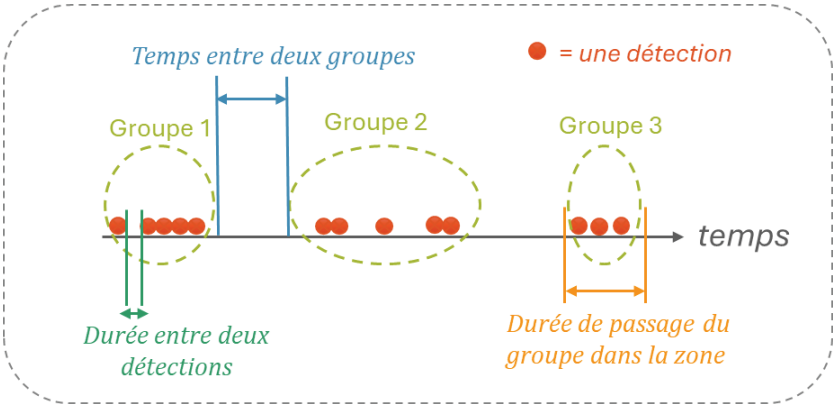


Figure 6-5 Représentation des métriques acoustiques des groupes de cétacés

6.3 RAYON DE DÉTECTION

Il est possible d'estimer les **rayons de détection** par rapport au point de mesure donnant une idée de l'aire de détection autour du capteur. Ces rayons sont calculés pour offrir un ordre de grandeur de cette distance. Toutefois, il est essentiel de souligner que ces estimations restent indicatives : la distance d'un cétacé peut varier en raison des pertes par propagation, mais aussi par le niveau sonore de la vocalisation qui peut être plus ou moins élevé.

Le niveau sonore d'un sifflement émis par un béluga est fixé à 143,8 ± 6,7 dB re 1 µPa @ 1 m (Le Bot et al., 2016), tandis que celui des vocalises de type D d'un rorqual bleu atteint 160 dB re 1 µPa @ 1 m (Aulanier F. et al., 2016). Ces valeurs, bien qu'utilisées comme référence, peuvent fluctuer d'une vocalise à l'autre.

Le calcul du rayon de détection repose sur l'équation suivante, sachant qu'il est possible de détecter une vocalisation selon un rapport signal à bruit (RSB) de - 9 dB pour les bélugas et 0 dB pour les rorquals bleus avec l'intelligence artificielle :

$$\boldsymbol{SPL}\ (niveau\ sonore\ mesuré\ à\ l'hydrophone)$$
$$= \boldsymbol{SL}\ (Niveau\ sonore\ émis\ par\ le\ cétacés) - \boldsymbol{TL}\ (perte\ par\ tranmission) - \mathbf{6\ dB}$$
$$où\ TL = k \cdot log_{10}(r), où\ k = 15$$
$$\boldsymbol{Rayon} = 10^{\left(\frac{(SL-SPL+RSB\ dB)}{k}\right)}\ en\ mètre$$

Pour les bélugas, les détections se situent en moyenne à une distance de 4,4 ± 3,2 km. Ces résultats sont compatibles avec les distances de détection rapportées dans la littérature, qui se situent autour de 3 km (Simard Y. et al., 2010).

Pour les rorquals bleus, les détections se situent en moyenne à une distance de 24,4 ± 18,5 km.

Ces rayons sont illustrés sur la Figure 6-6 suivante, qui présente les distances de détection estimées pour les bélugas et les rorquals bleus, selon le rayon moyen et un intervalle élargi (moyenne + écart-type). On constate que les bélugas sont détectés à proximité du site de mouillage, ce qui reflète une présence acoustique plutôt locale (quelques kilomètres). À l'inverse, les rorquals bleus sont détectés à des distances beaucoup plus grandes, parfois jusqu'à la moitié du Saint-Laurent, ce qui traduit une présence acoustique davantage régionale.

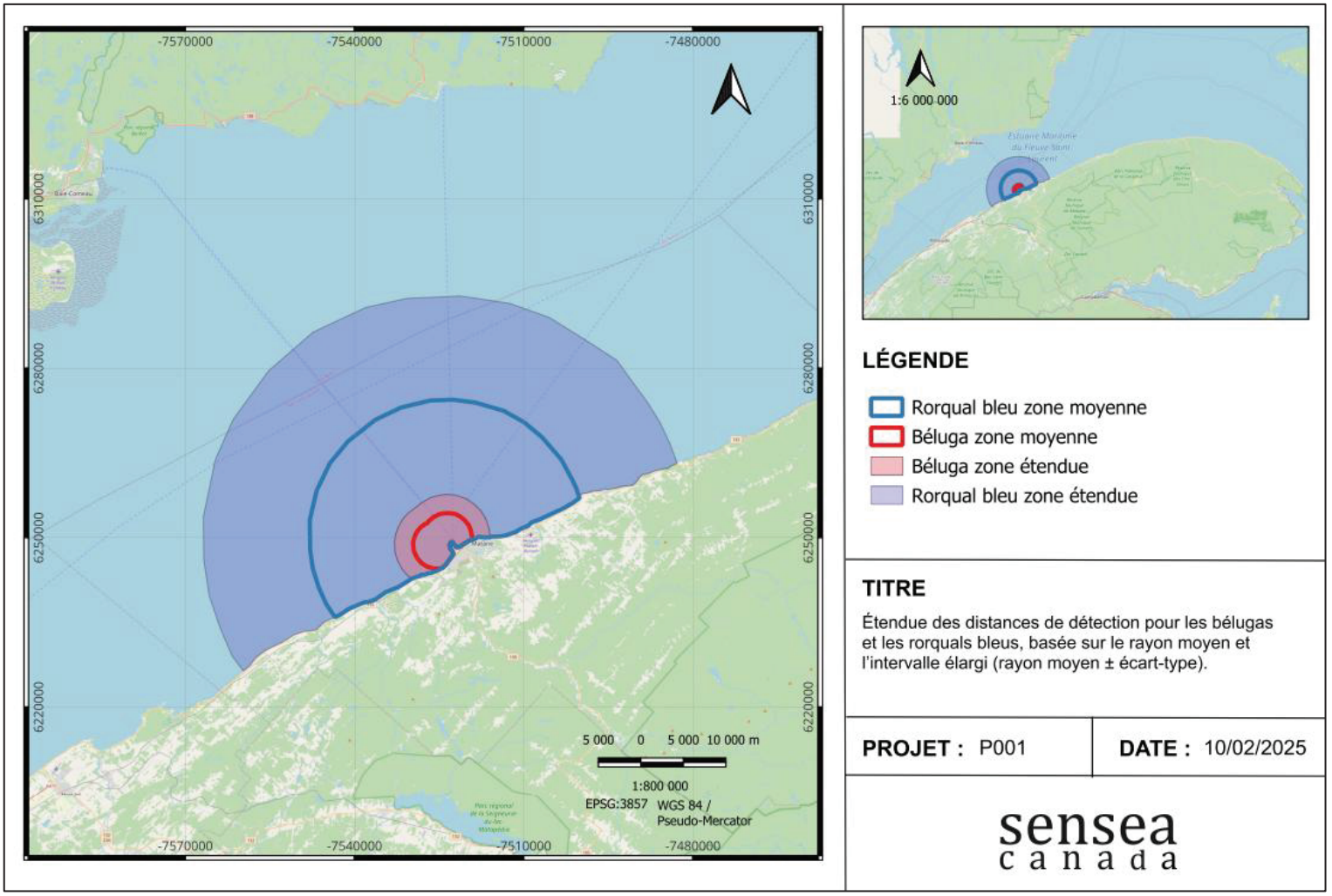


Figure 6-6 Étendue des distances de détection pour les bélugas et les rorquals bleus, basée sur le rayon moyen et l'intervalle élargi (rayon moyen ± écart-type).

6.4 RÉSULTAT PRÉSENCE DES BÉLUGAS

Cette section présente les résultats des détections acoustiques des bélugas en 2023 et 2024, relevées aux points de mesure P1 et P2. Ces données permettent d'analyser leur présence dans la zone étudiée durant les périodes de suivi et de mettre en évidence d'éventuelles variations saisonnières.

6.4.1 ANALYSE DE LA PRÉSENCE JOURNALIÈRE ET ANNUELLE

Les détections acoustiques des bélugas aux points P1 et P2 à Matane en 2023 et 2024 confirment une présence marquée de cette espèce avec 390 776 détections de sifflements en 2023 et 2024 pour un total de 142 jours de suivi. Le Tableau 12 met en évidence une présence régulière des bélugas dans la zone de détection, avec un **taux de jours positifs par mois (NBj/m) atteignant 80 % en 2023 et 98 % en 2024**.

La Figure 6-7 illustre la répartition mensuelle du taux de jours positifs pour les détections acoustiques des bélugas aux points P1 et P2 en 2023 et 2024. On remarque que le taux de présence par jour est plus élevé en été qu'en automne. Cette variation temporelle reflète potentiellement une dynamique saisonnière de fréquentation du secteur par les bélugas.

Tableau 6-2 Résumé des détections acoustiques des bélugas en 2023 et 2024

Année	Nombre total de détections	Jours de suivi	Jours sans détection	Taux de jours positifs (%)	Période de détections marquées
2023	228 065	95	17	80 %	Été
2024	162 711	47	1	98 %	Été

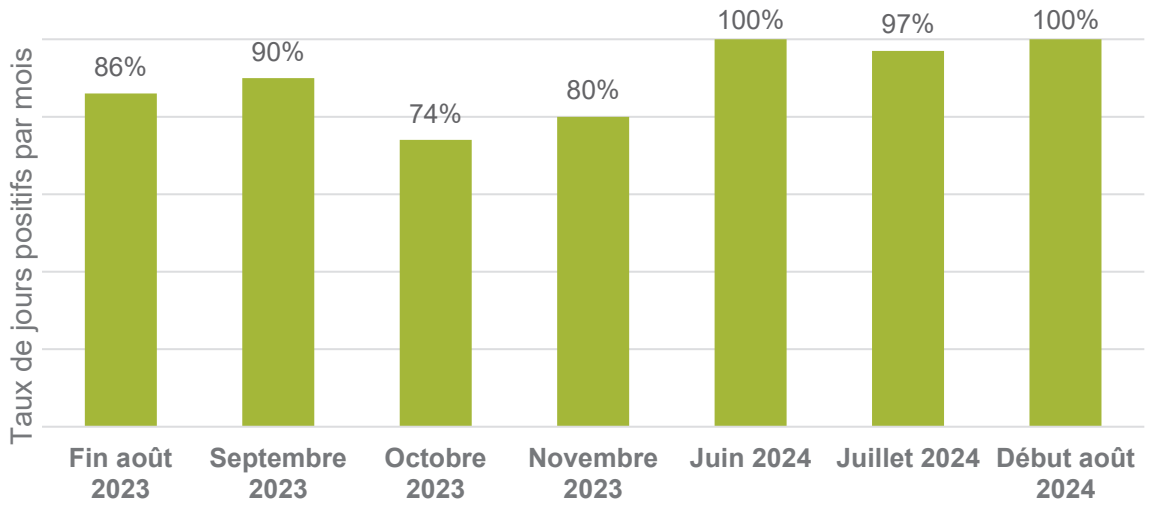


Figure 6-7 Taux de jours positifs (NBj) par mois pour les détections acoustiques des bélugas en 2023 et 2024, mesurées aux points P1 et P2.

L'augmentation de leur présence durant 2024, notamment en août, est cohérente avec les observations visuelles de l'OGSL (Observatoire global du Saint-Laurent) réalisées dans un rayon de 60 km de Matane et principalement dans les voies de navigation du traversier. Ces observations montrent une augmentation du nombre de bélugas détectés, passant de 102 en 2023 à 204 en 2024, dont une concentration plus importante de mai à août 2024 (191 bélugas) (Observatoire global du Saint-Laurent-OGSL, 2024).

6.4.2 TEMPS DANS LA ZONE

Les résultats de l'analyse du temps des groupes de bélugas sont résumés dans le Tableau 18. Ces métriques permettent d'évaluer la fréquence et la persistance des événements acoustique de bélugas dans la zone étudiée.

Tableau 6-3 Indicateurs des groupes de bélugas détectés acoustiquement aux points P1 et P2 en 2023 (17 août au 22 novembre) et 2024 (19 août au 4 octobre),

Indicateur		2023	2024	Points remarquables
Nombre de groupes		1167	1513	Augmentation du nombre de groupes observés en 2024.
Temps de détection dans la zone du groupe	Moyenne ± Écart-type	58 min (± 2h57)	46 min (± 2h38)	La durée moyenne des événements de détections de bélugas est de moins de 15 minutes. Toutefois, certains jours, cette durée peut atteindre 50 minutes. L'écart-type élevé indique que quelques rencontres acoustiques se prolongent sur de longues périodes.
	Médiane	13 min	6 min	
	Pourcentage de groupes qui sont détectés plus de 1h.	20 %	16 %	Moins de 20 % des groupes sont détectés plus d'une heure consécutive dans la zone de détection.
Temps de détection entre deux groupes	Moyenne ± Écart-type	1h54 (± 5h47)	1h28 (± 3h52)	En règle générale, un intervalle d'environ 30 minutes sépare les séries de détections acoustiques, ce qui suggère l'arrivée d'un nouveau groupe. La durée de détection des groupes dans la zone varie entre 6 et 50 minutes. L'écart-type élevé indique que certains intervalles entre deux séries d'événements acoustiques sont nettement plus longs.
	Médiane	27 min	30 min	

Ces données révèlent des événements de détections continus des bélugas, avec peu de périodes de silence dépassant 1 heure dans la zone.

6.5 RÉSULTAT PRÉSENCE DES RORQUALS BLEUS

Cette section présente les résultats des détections acoustiques des vocalises D des rorquals bleus en 2023 et 2024, relevées aux points de mesure P1 et P2. Ces données permettent d'analyser la présence de cette espèce dans la zone étudiée et de mettre en évidence d'éventuelles variations saisonnières.

6.5.1 ANALYSE DE LA PRÉSENCE JOURNALIÈRE ET MENSUELLE

L'analyse des détections acoustiques des rorquals bleus confirme une présence de cette espèce avec un total de 4 194 détections dans 142 jours de suivi. Le Tableau 6-4 résume les détections acoustiques, où **le taux de jours positifs par mois (NBj/m) atteint 46 % en 2023 et 68 % en 2024.**

La Figure 6-8 illustre la répartition mensuelle de ces taux, révélant une variation saisonnière marquée : les détections sont plus fréquentes en été (juin-août), diminuent à partir de septembre, et sont absentes en novembre.

L'Observatoire Global du Saint-Laurent (OGSL) rapporte uniquement 16 détections visuelles en 2023 et 2024 dans un rayon de 60 km du port de Matane, dont une seulement dans la période étudiée.

Tableau 6-4 Résumé des détections acoustiques des rorquals bleus en 2023 et 2024

Année	Nombre total de détections	Jours de suivi	Jours sans détection	Taux de jours positifs (%)	Période de détections marquées
2023	3 089	95	52	46 %	Aucune détection à partir de la mi-octobre
2024	1 105	47	15	68 %	Augmentation des détections en juin et juillet et diminution en août

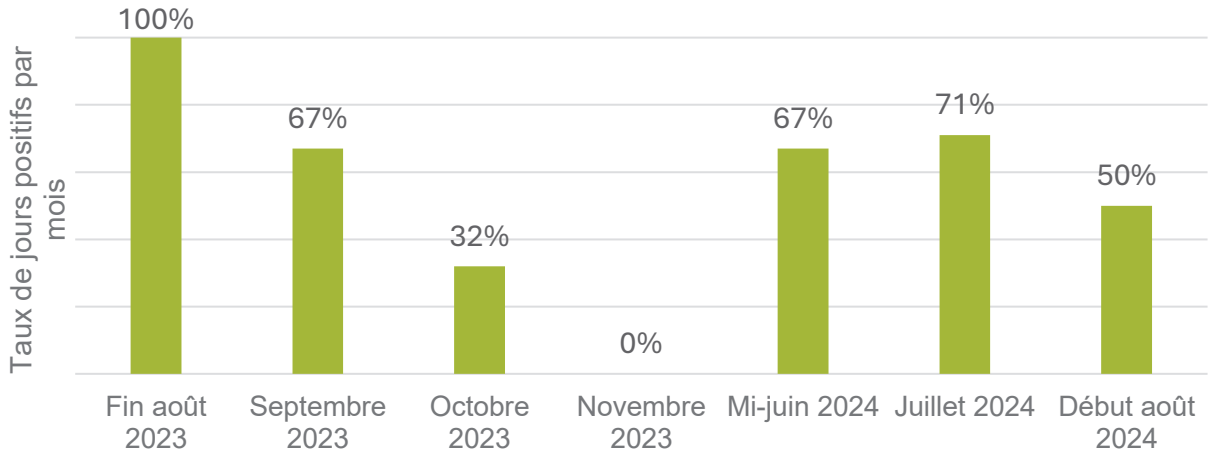


Figure 6-8 Taux de jours positifs (NBj) par mois pour les détections acoustiques des rorquals bleus en 2023 et 2024, mesurées aux points P1 et P2.

6.5.2 TEMPS DANS LA ZONE

Bien que les rorquals bleus se déplacent plutôt en pair ou petits groupes temporaires, il peut être intéressant d'analyser leur temps passé dans la zone. Les résultats de l'analyse du temps des groupes de cette espèce sont résumés dans le Tableau 6-5. Ces métriques permettent d'évaluer la fréquence et la persistance de la présence des rorquals bleus dans la zone étudiée.

Tableau 6-5 Indicateurs des groupes de rorquals bleus détectés acoustiquement aux points P1 et P2 en 2023 (17 août au 22 novembre) et 2024 (19 août au 4 octobre),

Indicateur		2023	2024	Description
Nombre de groupes		208	192	Légère diminution du nombre de groupes observée en 2024.
Temps de détection dans la zone du groupe	Moyenne ± écart-type	1h54 (± 2h18)	5h29 (± 4h36)	La durée médiane des événements de détections de rorquals bleus est d'environ 1h20, mais certains événements peuvent se dérouler pendant plus de 5h30. L'écart-type élevé indique que quelques rencontres acoustiques se prolongent sur de longues périodes.
	Médiane	1h18 min	1h13 min	
	Pourcentage de groupes qui sont détectés plus de 5 h.	9 %	16 %	Peu de groupes sont détectés plus cinq heures consécutives dans la zone de détection.
Temps de détection entre deux groupes	Moyenne ± écart-type	10h54 (± 15h57)	13h03 (± 28h06)	Il y a entre 6 et 13 heures d'intervalle entre les séries de détections acoustiques, ce qui suppose que les moments de détections des rorquals bleus sont assez dispersés. L'écart-type élevé indique que certains intervalles entre deux séries d'événements acoustiques sont nettement plus longs, supposant des moments où il y a une absence de 1 journée entre deux détections acoustiques.
	Médiane	5h41 min	5h40 min	

Ces données révèlent des intervalles de détections acoustiques de rorquals bleus relativement espacées, survenant environ toutes les 11 à 13 heures, avec des événements acoustiques d'une durée de 1h15 à 5 h.

6.6 CONCLUSION PRÉSENCE DES CÉTACÉS

Cette section présente l'analyse des détections acoustique des cétacés à Matane en 2023 et 2024 à partir d'enregistrements effectués aux points de mesure P1 et P2. L'objectif est d'évaluer la fréquence, la récurrence et la durée de présence de ces espèces dans la zone d'étude.

Chez les bélugas, les résultats montrent une activité acoustique régulière et soutenue durant l'été, avec des taux de jours positifs mensuels atteignant 80 % en 2023 et 98 % en 2024. Les détections sont fréquentes, avec peu de périodes de silence dépassant une heure, ce qui suggère une forte présence dans la zone de détection, de rayon 4,4 ± 3,2 km.

Concernant les rorquals bleus, les vocalisations de type D indiquent une présence acoustique plus intermittente, mais récurrente durant l'été, avec des taux de jours positifs par mois de 46 % en 2023 et 68 % en 2024. Les intervalles entre détections sont généralement longs, variant entre 11 et 13 heures, tandis que les événements acoustiques détectés durent de 1h15 à 5 heures, ce qui suggère que les individus demeurent dans la zone de détection pendant ces durées. La portée de détection de ces vocalisations est de 24,4 km ± 18,5 km, ce qui permet de détecter les rorquals bleus sur de grande distance. Dans cette étude, seules les vocalisations de type D ont été analysées. Les appels D ont un niveau source plus faible (d'environ 30 dB de moins) et une fréquence plus élevée que les appels A-B (voir section 2.3), ce qui réduit leur portée de détection en milieu marin et rend la détection plus locale alors que la détection de vocalises A et B peut aller jusqu'à 100 km et apporte peu d'information au fait que les baleines bleues sont présentes dans l'embouchure (Simard et al., 2008).

Ces résultats soulignent l'importance écologique du secteur de Matane pour les cétacés, notamment les bélugas et les rorquals bleus, et confirment la pertinence d'y mener une étude environnementale sur le bruit sous-marin.

7 ZONE D'ÉTUDE DES EFFETS ACOUSTIQUES

La zone d'étude correspond à la région où les niveaux sonores produits par le projet de réaménagement dépassent ceux du bruit ambiant (empreinte acoustique). À l'extérieur de cette zone, le bruit du projet est indétectable. À l'intérieur, le projet devient audible, entraînant une augmentation du bruit ambiant sans que cela implique forcément un effet sur la faune marine. Cette zone d'étude définit l'étendue spatiale jusqu'à laquelle la propagation sonore doit être modélisée. Pour déterminer l'étendue de la zone d'étude, la formule suivante est utilisée ;

$$\boldsymbol{SPL}\ (niveau\ sonore\ reçu) = \boldsymbol{SL}\ (Niveau\ sonore\ émis) - \boldsymbol{TL}\ (perte\ par\ tranmission)$$

$$où\ la\ perte\ par\ transmission\ TL\ dépend\ du\ rayon\ \text{estimé à}\ 15\log(r)$$

Si le niveau du bruit ambiant est de 107 dB_{rms} re1µPa (niveau mensuel maximal dans la bande de 20 Hz à 24kHz sur 30 secondes enregistré en novembre 2023 à Matane) et que le niveau sonore efficace du battage de pieu est de 221 dB re1µPa, on obtient un rayon d'empreinte acoustique supérieur à 500 km. Considérant la géométrie du fleuve à cet endroit, l'étendue de la zone d'étude est limitée à 250 km, comme illustrée à la Figure 7-1.

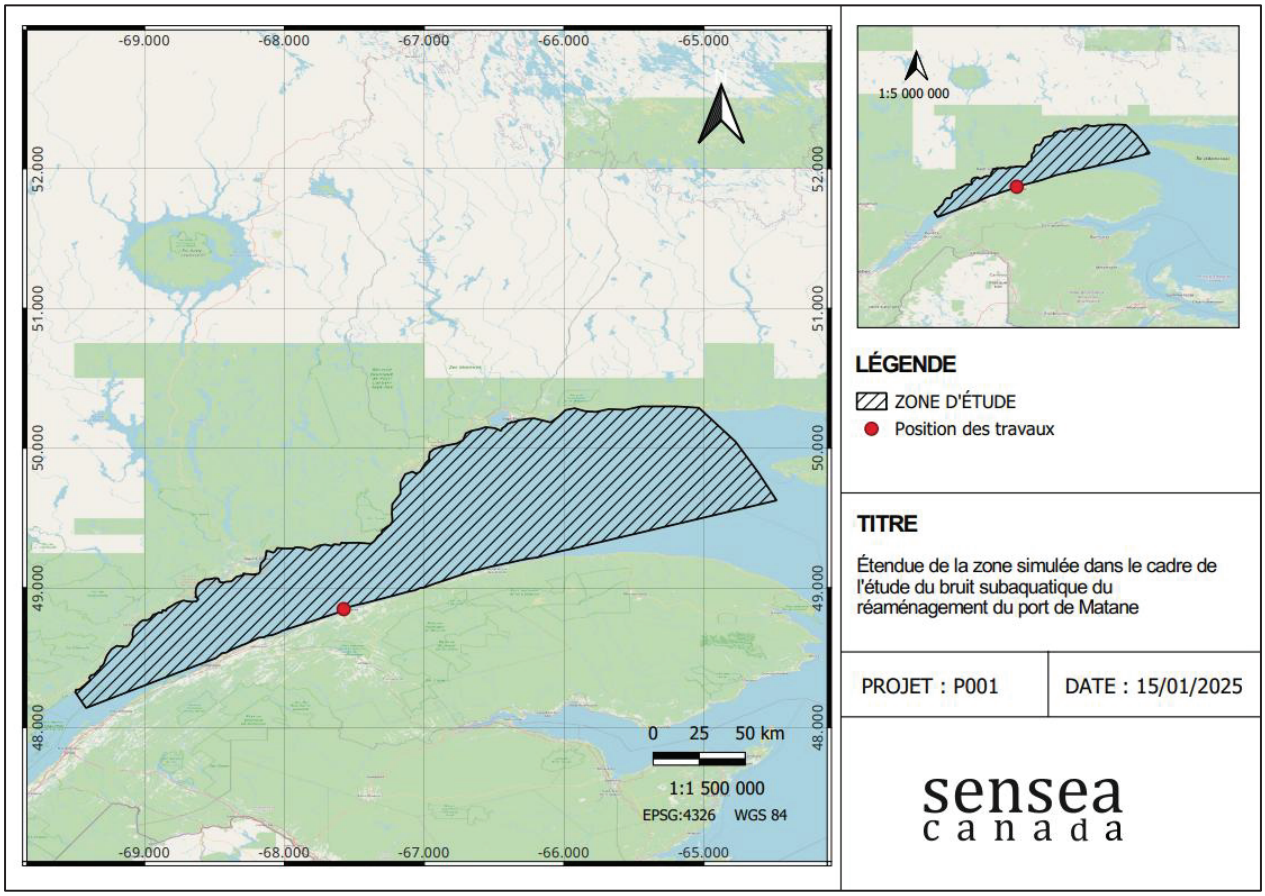


Figure 7-1 Zone simulée dans le cadre de l'étude du bruit subaquatique du réaménagement du port de Matane

8 MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DES RAYONS D'EFFET ACOUSTIQUE

L'évaluation des effets acoustiques sur les mammifères marins repose sur une chaîne de prédiction en cinq étapes illutées à la Figure 8-1 :

1. **Émission sonore :** Correspond au bruit généré dans le milieu, en tenant compte non seulement de son niveau sonore, mais également de caractéristiques telles que sa durée et son spectre fréquentiel.
2. **Propagation acoustique dans le milieu :** Correspond à la manière dont le son se propage à travers le milieu marin, en tenant compte des pertes dues à la distance et aux caractéristiques de l'environnement.
3. **Réception** : Correspond au niveau sonore reçu par le récepteur (ex. hydrophone, mammifères marins) en fonction de sa distance à la source sonore. Étant donné que les mammifères marins peuvent se déplacer dans leur environnement, leur position relative par rapport à la source sonore peut varier, modifiant ainsi leur réception du son.
4. **Perception :** Tiens compte de la sensibilité auditive du mammifère marin, évaluant le niveau sonore perçu en fonction des fréquences auxquelles l'animal est capable d'entendre.
5. **Calcul des rayons d'effet acoustique** : Consiste à déterminer la distance à partir de la source qui émet le son pour laquelle le niveau sonore perçu dépasse un seuil sonore, pouvant affecter le mammifère marin.

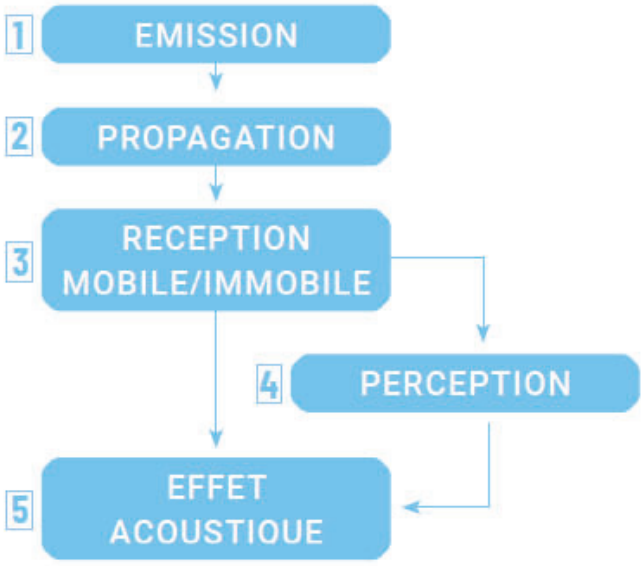


Figure 8-1 Schéma explicatif pour la méthodologie d'évaluation des zones d'effets acoustiques

8.1 ÉMISSION SONORE

L'émission sonore désigne le bruit généré dans le milieu marin, par exemple lors des travaux maritimes. Ce bruit varie en fonction de plusieurs paramètres acoustiques, notamment la fréquence, l'amplitude (intensité sonore), la durée, le temps de montée (temps nécessaire pour atteindre l'amplitude maximale), la directivité (direction du son émis), le pourcentage de temps pendant lequel un son est émis et le taux de répétition (Weilgart, 2007).

En fonction de ces paramètres, on classe généralement les bruits en deux grandes catégories :

Les bruits impulsionnels, produits sous forme d'impulsions uniques ou répétées (ex. une explosion, un signal sonar ou le battage de pieux).
Les bruits non impulsionnels ou continus, qui s'étendent sur une durée plus longue et présentent une intensité plus constante dans le temps (ex. un navire ou le vibrofonçage de pieux ou palplanches).
Cette distinction est essentielle, car ces deux types de sons peuvent engendrer des effets physiologiques différents sur les organismes marins.

Pendant la phase de réaménagement du port de Matane, différents types d'activités peuvent venir augmenter le bruit sous-marin. Pour réaliser une simulation précise des effets acoustiques de ces travaux, il est essentiel de déterminer l'endroit où les travaux se dérouleront ainsi que les niveaux sonores et les fréquences respectives émises par chacune des activités.

Selon les renseignements fournis par Englobe (2024), les travaux du réaménagement du Port de Matane susceptibles de générer un effet sonore sur la faune sont les suivants :

- **Battage de pieux**
- **Vibrofonçage de pieux et palplanches**
- **Fonçage par marteau fond-de-trou (DTH) (non envisagé)**
- **Dragage et transit du navire-support**

Les pieux et palplanches seront majoritairement enfoncés par vibrofonçage, suivi d'un battage jusqu'à refus, sans atteindre le roc dans la plupart des cas. Toutefois, certains pieux pourraient atteindre le substrat rocheux. Dans ces cas particuliers, un ancrage au roc pourrait être nécessaire, impliquant des opérations de forage à l'intérieur des pieux.

Bien que la méthode DTH ne soit pas envisagée pour le réaménagement du port de Matane, elle est tout de même simulée, car elle pourrait constituer une alternative moins bruyante que le battage.

8.1.1 POSITION DES TRAVAUX

Trois positions de travaux sont prises en compte pour la modélisation des activités portuaires, afin de couvrir les zones de travail possibles. En considérant l'effet de masquage des quais, la position à l'intérieur du quai permet de définir des angles d'ouverture vers le Saint-Laurent (puisque le quai fait obstruction à la propagation) qui sont intégrés dans les résultats finaux. Le Tableau 8-1 présente la position des travaux en fonction de la bathymétrie et des angles d'ouverture associés (cap, 0° = nord, 90° = est, 180° = sud, 270° = ouest). La Figure 8-2 illustre la position des travaux dans le port de Matane.

Tableau 8-1 Positions des travaux et caractéristiques associées

Position considérée	Coordonnées	Bathymétrie	Travaux concernés	Angles d'ouverture considérée
A_1	48,84274° N, - 67.57871° O	9 m	Battage, Vibrofonçage, DTH	355° à 25° (prends en compte l'ouverture pour des travaux du point A_1 au point A_2)
B	48,84251° N, - 67,57494° O	4 m	Battage, Vibrofonçage, DTH	345° à 350°
C	48,84815° N - 67,57673° O	9 m	Dragage, Transit de la drague	Aucun masquage par le quai considéré (prend en compte que la drague peut être légèrement à l'extérieur du quai)

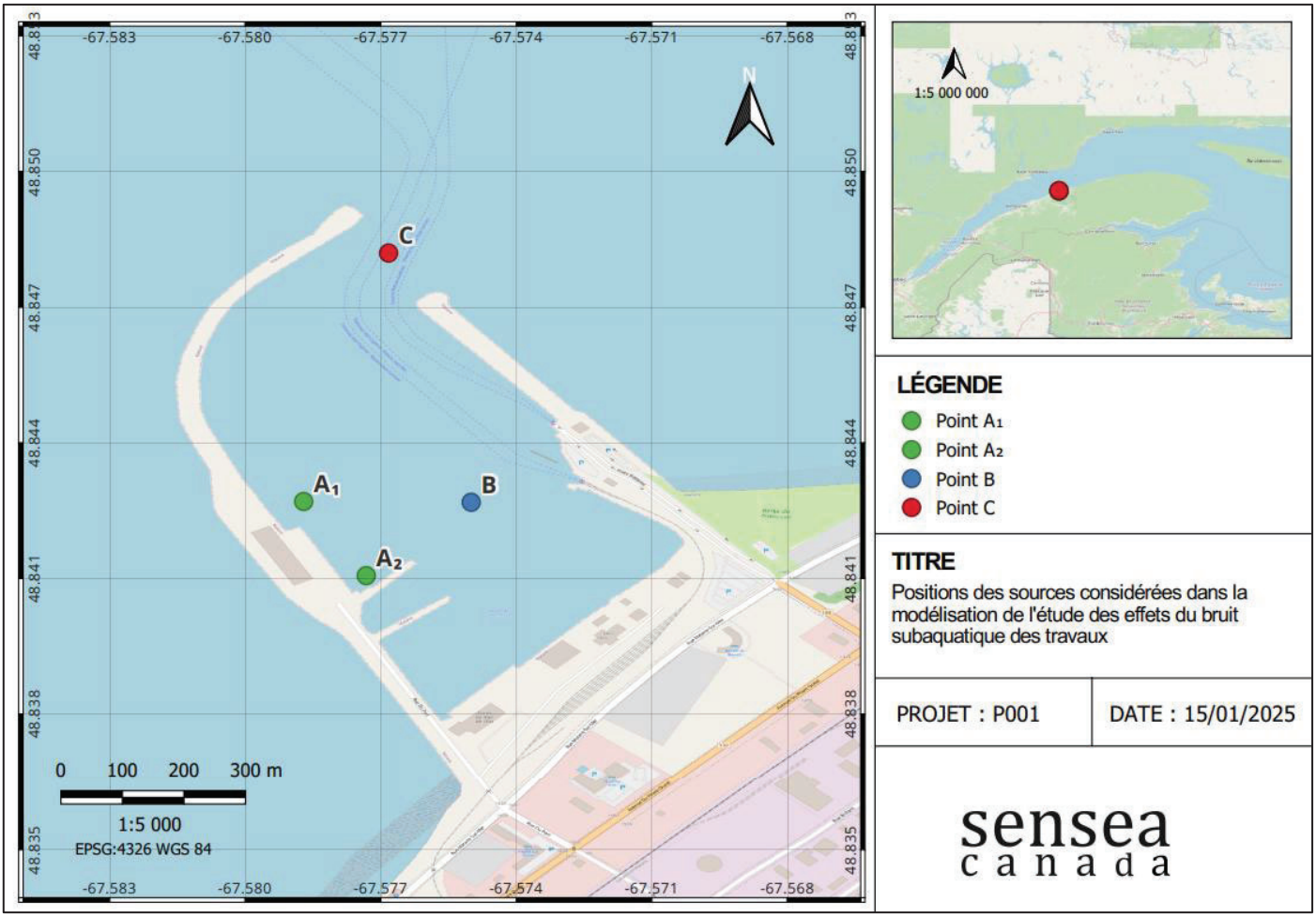


Figure 8-2 Positions des sources A_1, B et C considérées dans la modélisation de l'étude du bruit subaquatique lié au réaménagement du port de Matane.

8.1.2 NIVEAU SONORE DES TRAVAUX

La caractérisation des niveaux des émissions sonores générées par les travaux repose sur deux paramètres clés : le niveau sonore à la source (SL) qui correspond au niveau sonore mesuré à 1 mètre de la source (exprimé en dB re 1 µPa @ 1 m) et le niveau d'exposition cumulé (SEL_{24h}) qui représente la quantité totale d'énergie acoustique à laquelle un animal est exposé au cours d'une journée (exprimé en dB re 1 μPa^2/Hz @ 1 m).

8.1.2.1 BATTAGE DE PIEU

Le battage consiste à frapper la partie supérieure du pieu pour créer une onde de compression importante se propageant vers le bas enfonçant ainsi le pieu dans le fond marin. Le battage produit un son impulsionnel intense caractérisé par une montée rapide suivie d'une décroissance rapide de la pression acoustique.

Les niveaux de pression sonores mesurés lors du battage dépendent de plusieurs facteurs, dont la profondeur d'eau, le type de pieu (bois, béton ou acier), le diamètre du pieu, le type de sol et l'énergie du marteau à impact (Guan & Miner, 2020). Lorsqu'un battage est effectué pour enfoncer un pieu, seule une petite fraction de l'énergie de l'impact est directement responsable du bruit subaquatique. La majeure partie de l'énergie est dirigée dans le sol et disparaît progressivement par dissipation. Bien que seulement une petite partie de l'énergie du battage soit convertie en bruit dans l'eau, les niveaux sonores peuvent être très élevés. Ce type de travaux produisent principalement de l'énergie sonore dans les basses fréquences, entre 30 et 2000 Hz (Blackwell, 2004). Le Tableau 8-2 détaille les niveaux sonores et les bandes fréquentielles du battage de pieux, tels que rapportés dans la littérature [(Blackwell, 2004), (Reyff et al., 2003), (Dahl et al., 2014), (Brandt et al., 2011), (Greene et al., 2008), (ICF Jones & Stokes & Ilingworth and Rodkin, 2009), (Nedwell & Howell, 2004), (Huang et al., 2023), (Gouvernement of South Australia, 2021), (ORJIP, 2023), (GENIVAR, 2012)].

Tableau 8-2 Niveaux sonores et les bandes fréquentielles typiques du battage de pieux

Travaux	Type de bruit	Métrique	Niveau sonore littérature	Fréquence
Battage	Impulsion	SEL	170-225 dB re 1 μPa^2s @1 m	30 Hz et 2 kHz
		SPL_{rms}	180–235 dB re 1 µPa @1 m	
		SPL_{peak}	190–245 dB re 1 µPa @1 m	

Considérant que le niveau du battage de pieu dépend de plusieurs facteurs, celui-ci peut être estimé selon une équation empirique qui prend en compte l'énergie du marteau, le diamètre du pieu et la profondeur d'eau pour une distance de 1 m. Cette équation est issue du rapport *Reducing Uncertainty in Underwater Noise Assessments for Offshore Wind (ReCon)* (ORJIP, 2023) qui a analysé plus de 165 000 frappes individuelles lors de l'installation de pieux dans 11 parcs éoliens offshore au Royaume-Uni, aux Pays-Bas et en Allemagne.

$$SEL_{1\ impulsion} = 6{,}21\ log_{10}(be) + 12{,}82\ log_{10}(pd) - 8{,}19\ log_{10}(wd) + 156{,}42 + k\ log_{10}(750)$$

$$SPL_{rms} = SEL_{1\ impulsion} - 10\ log_{10}(t)$$

$$SPL_{peak} = SPL_{rms} + 10\ dB$$

$$SEL_{24h} = SEL_{1\ impulsion} + 10\ log_{10}(N)$$

Pour le réaménagement du port de Matane, les caractéristiques spécifiques du battage de pieux sont présentées dans le Tableau 8-3.

Tableau 8-3 Caractéristiques spécifiques du battage de pieux

Description	Variable	Détails
Type de travaux	-	Battage de pieux
Type de bruit	-	Impulsionnel
Bathymétrie	*wd*	9 m
Diamètre des pieux	*pd*	1,372 m
Équipement	-	Marteau hydraulique Berminghammer B-64 (Annexe B)
Énergie	*be*	220 kJ
Fréquence d'impact	-	35 coups/min (~0,6 Hz)
Durée du son après un impact	*t*	0,1 s
Durée du battage par jour	-	3 h
Nombre d'impacts de marteau par jour	*N*	6 300 (la durée de battage par jour multipliée par la fréquence d'impact)
Constante de perte par transmission	*k*	Pour les activités côtières, il est recommandé de considérer une perte de transmission (TL) de 15 (NMFS N. M., 2022))
Périodes envisagées		Printemps – été – automne

Avec ces paramètres et l'équation, les prédictions des niveaux sonores émis pour le battage des pieux à Matane sont présentées au Tableau 8-4.

Tableau 8-4 Valeurs prédites des sonores pour le battage de pieu

Métrique	Valeur
SPL_{rms}	218 dB re 1 µPa @ 1 m
SPL_{peak}	228 dB re 1 µPa @ 1 m
$SEL_{1\ impulsion}$	208 dB re 1 μPa^2s @ 1 m
SEL_{24h}	246 dB re 1 μPa^2s @ 1 m

8.1.2.2 VIBROFONÇAGE

Le vibrofonçage implique d'appliquer de l'énergie vibratoire à la partie supérieure du pieu, affaiblissant temporairement la résistance du sol, ce qui permet d'enfoncer le pieu avec une force nette modérée. En comparaison avec le battage, les marteaux vibratoires oscillent à des fréquences beaucoup plus élevées et produisent des sons continus et non impulsionnels avec une pression acoustique plus faible. Le vibrofonçage produit un niveau sonore généralement de 10 à 20 dB inférieur à celui du battage de pieux (ICF Jones & Stokes & Ilingworth and Rodkin, 2009) et l'essentiel de l'énergie est concentré dans les basses fréquences entre 100 Hz et 2 kHz [(Blackwell, 2004), (Burgess & Blackwell, 2005), (GENIVAR, 2012)].

Le Tableau 8-3 détaille les niveaux sonores et les bandes fréquentielles du vibrofonçage, comme rapporté dans la littérature [(Blackwell, 2004), (Burgess & Blackwell, 2005)), (GENIVAR, 2012), (ICF Jones & Stokes & Ilingworth and Rodkin, 2009), (Greene et al., 2008), (Gouvernement of South Australia, 2021)].

Tableau 8-5 Niveaux sonores et les bandes fréquentielles typiques du vibrofonçage

Travaux	Type de bruit	Métrique	Niveau sonore littérature	Fréquence
Vibrofonçage	Continu	SPL_{rms}	160–213 dB re 1 µPa @1 m	100 Hz et 2 kHz

Pour le réaménagement du port de Matane, des pieux et palplanches seront installés par vibrofonçage. Les caractéristiques spécifiques de ces travaux sont présentées dans le Tableau 8-6.

Tableau 8-6 Caractéristiques spécifiques du vibrofonçage

Description	Détails
Type de travaux	Vibrofonçage
Type de bruit	Continu
Bathymétrie	9 m
Diamètre des pieux	1,372 m
Épaisseur des palplanches	12,2 mm type AZ 26-700
Durée du vibrofonçage par jour	3 h
Périodes envisagées	Printemps – été – automne

Le niveau sonore du vibrofonçage (présenté Tableau 8-7) est repris depuis *le Guide technique pour l'évaluation et l'atténuation des effets hydroacoustiques du battage de pieux sur les poissons* (ICF Jones & Stokes & Ilingworth and Rodkin, 2009). Cette valeur concerne le vibrofonçage d'un pieu en acier de 1 m de diamètre dans une profondeur d'eau de 5 mètres, selon une atténuation de 15 log(r).

Tableau 8-7 Valeurs des hypothèses sonores pour le vibrofonçage

Métrique	Valeur
SPL_{rms}	190 dB re 1 µPa @ 1 m
SEL_{24h}	230 dB re 1 $\mu Pa^2 s$ @ 1 m

8.1.2.3 FONÇAGE MARTEAU FOND DE TROU (DTH)

Le fonçage par marteau fond-de-trou (*DTH – Down-The-Hole*) utilise une combinaison de mécanismes de battage et de forage, avec le marteau agissant directement sur la roche pour la briser et créer un trou tout en enfonçant également le pieu dans ce trou. Les coupures et débris générés à la surface de la roche sont éliminés par un système d'air comprimé qui les remonte à l'intérieur du pieu. Cette méthode constitue une alternative pour l'installation de pieux, notamment lorsque le substrat sous-adjacent est constitué de roche dure (Guan et al., 2022) et incorpore les deux catégories de sons : impulsionnelle et continue. Cette technique génère de l'énergie acoustique à basse fréquence, avec la majorité de l'énergie acoustique inférieure à 2 kHz ((Guan & Miner, 2020), (Guan et al., 2022)). Des études rapportent également une fréquence d'impact variant entre 7 à 17 Hz [(Guan & Miner, 2020), (Reyff J. , 2020)].

Le *Guide acoustique pour l'évaluation des systèmes de forage en fond de trou (DTH)*, développé par la NOAA (*National Marine Fisheries Service)* propose des références acoustiques spécifiques à cette méthode (NMFS N. M., 2022). Selon ce guide, les niveaux sonores générés par le DTH sont généralement inférieurs à ceux associés au battage de pieux, bien qu'ils puissent encore poser un risque pour certaines espèces sensibles, notamment dans les basses fréquences. Le Tableau 8-8 détaille les niveaux sonores et les bandes fréquentielles du fonçage par marteau fond-de-trou, tels que rapportés dans la littérature [(NMFS N. M., 2022), (Guan & Miner, 2020), (Guan et al., 2022)].

Tableau 8-8 Niveaux sonores et les bandes fréquentielles typiques du fonçage par marteau fond-de-trou (DTH)

Travaux	Type de bruit	Métrique	Niveau sonore littérature	Fréquence
DTH	Continu	SPL_{rms}	171-189 dB re 1 µPa @1 m	< 2kHz
	Impulsion	SEL	159-179 dB re 1 µPa @1 m	
		SPL_{peak}	185-209 dB re 1 µPa @1 m	

Pour le projet de réaménagement du quai de Matane, les caractéristiques du fonçage de pieux par marteau fond-de-trou sont présentés au Tableau 8-9.

Tableau 8-9 Caractéristiques spécifiques du fonçage par marteau fond-de-trou (DTH)

Description	Détails
Type de travaux	Fonçage fond-de-trou (DTH)
Type de bruit	Continu et impulsif
Bathymétrie	9 m
Diamètre des pieux	1,372 m
Fréquence d'impact	600 coups/min (10 Hz)
Durée du fonçage par jour	3h
Nombre d'impact de marteau par jour	108 000 (la durée du fonçage DTH par jour multiplié par la fréquence d'impact)
Périodes envisagées	Printemps – été – automne

L'estimation des niveaux sonores pour ce type de travaux s'appuie sur les niveaux décrits dans Guan & Miner, (2020), Denes et al., (2019) et Reyff, J., (2020) et les lois de régression proposées par Pein et al. (2022) selon lesquelles un doublement du diamètre entraîne une augmentation de 4 dB du niveau émis. Les niveaux sonores attendus pour ces pieux sont présentés au Tableau 8-10.

Tableau 8-10 Valeurs des hypothèses sonores pour le fonçage par marteau fond de trou

Métrique	Valeur
SPL_{rms}	185 dB re 1 µPa @ 1 m
SPL_{peak}	198 dB re 1 µPa @ 1 m
$SEL_{1\ impulsion}$	175 dB re 1 μPa^2s @ 1 m
SEL_{24h}	225 re 1 μPa^2s @ 1 m

8.1.2.4 DRAGAGE

Parmi les différents types de dragues, les plus couramment rencontrés sont les modèles mécaniques et hydrauliques (Amyot et al., 2013).

Les dragues hydrauliques fragmentent et aspirent les sédiments sous forme de boue liquide grâce à des pompes et des conduites d'aspiration. Certaines sont équipées d'un appareil rotatif permettant de désagréger les sédiments durs avant leur aspiration.

Les dragues mécaniques extraient les sédiments en appliquant une force directe sur le fond marin. Elles sont adaptées aux matériaux durs comme meubles et nécessitent l'utilisation de barges pour le transport des déblais. On distingue plusieurs types de dragues mécaniques, notamment la drague à benne preneuse, la drague à cuillère et la drague rétrocaveuse. Les dragues mécaniques produisent généralement des sons de basse fréquence (CEDA, 2011) et se concentrent principalement sur le bruit des navires et des machines ainsi que l'interaction de la drague avec le sol. On observe que, lorsque le fond est composé de sable, le bruit généré par le dragage n'excède pas celui produit par la drague en transit, notamment par ses moteurs et ses hélices (Jong et al., 2010). L'énergie acoustique du dragage est concentrée sous 2 kHz et des pics sous 250 Hz relatifs au transit de la drague. (WODA, 2013).

Le Tableau 8-11Tableau 8-2 détaille les niveaux sonores et les bandes fréquentielles du battage de pieux, tels que rapportés dans la littérature [(CEDA, 2011), (Jong et al., 2010), (WODA, 2013)].

Tableau 8-11 Niveaux sonores et les bandes fréquentielles typiques du dragage

Travaux	Type de bruit	Métrique	Niveau sonore littérature	Fréquence
Dragage	Continu	SPL_{rms}	175 -189 dB re1µPa @1 m	< 2 kHz et < 250 Hz

Pour les travaux de réaménagement prévus à Matane, la description de l'activité de dragage est illustrée au Tableau 8-12.

Tableau 8-12 Caractéristiques spécifiques du dragage

Description	Détails
Type de travaux	Dragage par drague mécanique Transit d'un navire
Type de bruit	Continu
Bathymétrie	9 m
Durée du dragage par jour	3h
Périodes envisagées	Automne

Les niveaux sonores du dragage mécanique qui regroupe le bruit généré par la drague et le navire-support sont présentés au Tableau 8-13. Ces valeurs sont tirées du *Guide technique de la WODA* (Organisation mondiale des associations de dragage) sur le bruit sous-marin lié au dragage (WODA, 2013).

Tableau 8-13 Valeurs des hypothèses sonores pour le dragage et le transit de la drague

Métrique	Opération	Valeur
SPL_{rms}	Drague	189 dB re 1 µPa @ 1 m
	Navire-support	191 dB re 1 µPa @ 1 m
SEL_{24h}	Drague	229 dB re 1 μPa^2s @ 1 m
	Navire-support	231 dB re 1 μPa^2s @ 1 m

8.1.3 SPECTRE SONORE DES TRAVAUX

La Figure 8-3 présente les spectres sonores des travaux simulés à Matane, couvrant une gamme de fréquences de 1 Hz à 8 192 Hz en tiers d'octave. Les spectres, exprimés en dB re 1 µPa²/Hz, montrent une énergie acoustique concentrée en basse fréquence (< 500 Hz) pour le battage, avec une diminution au-delà de 1 kHz pour l'ensemble des travaux. Ces spectres sont issus des références bibliographiques suivantes :

Battage : (ORJIP, 2023), vibrofonçage : (Blackwell, 2004), dragage : (WODA, 2013), DTH : (Guan & Miner, 2020).

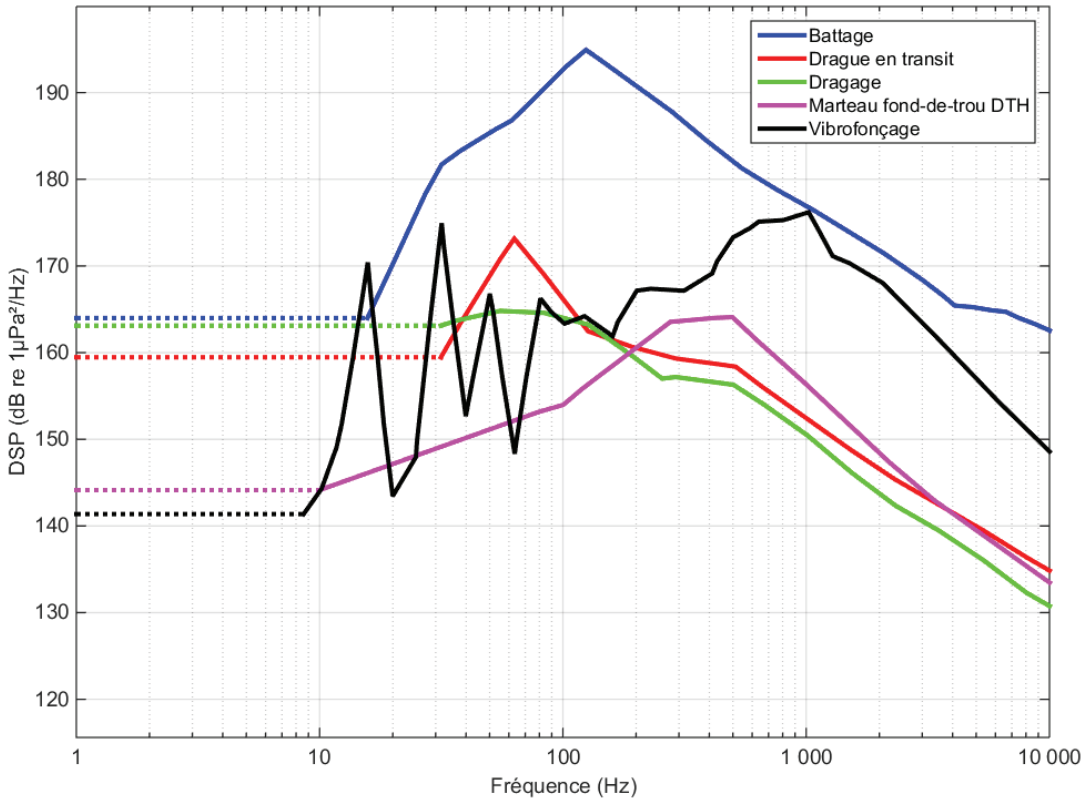


Figure 8-3 Spectres sonores des travaux simulés à Matane (dB re 1 µPa²/Hz), Spectre du battage : (ORJIP, 2023), Spectre du vibrofonçage : (Blackwell, 2004), Spectre du dragage : (WODA, 2013), Spectre du DTH : (Guan & Miner, 2020)

8.1.4 MOYENS D'ATTENUATION TESTÉS LORS DES SIMULATIONS

Différentes méthodes d'atténuation des sources acoustiques peuvent être évaluées permettant d'estimer leur efficacité pour diminuer les risques de perturbation comportementale, de PTS et de TTS sur les mammifères marins.

8.1.4.1 DÉMARRAGE PROGRESSIF DU BATTAGE

Une approche utilisée pour diminuer les effets acoustiques consiste à utiliser la méthode du « *ramp-up* » ou « *soft-start* », qui consiste à démarrer le battage de manière progressive en augmentant graduellement l'intensité et la fréquence des coups. Cette technique permet aux animaux marins de détecter l'augmentation du bruit et de s'éloigner de la zone avant que le niveau sonore atteigne son maximum. Elle est efficace pour limiter l'exposition soudaine aux bruits impulsionnels, réduisant ainsi le risque de dommages auditifs pour la faune.

La stratégie de battage proposée est basée sur celle détaillée dans SeaGreen Wind Energy Ltd (2020), adaptée à la puissance de frappe et au nombre de coups par minute du marteau B-64.

Procédure de démarrage progressif (*Soft-start*)

- Minute 1 : 1 coup toutes les 10 secondes avec une énergie de frappe de 88 kJ (40% de l'énergie maximale).

Procédure de montée en puissance (*Ramp-up*)

- De la minute 1 à la minute 20 : 1 coup toute la 1,7 seconde, avec une augmentation progressive de l'énergie de 88 kJ à 100 kJ (40% à 45% de l'énergie maximale).
- De la minute 20 à la minute 40 : 1 coup toute la 1,7 seconde, avec une énergie augmentant de 100 kJ à 220 kJ (45% à 100% de l'énergie maximale).

Phase de battage stabilisé

- Les 20 minutes suivantes : battage à 220 kJ (100% de l'énergie maximale), avec 1 coup toute la 1,7 seconde.

8.1.4.2 UTILISATION DE RIDEAUX DE BULLES

Les rideaux de bulles consistent à injecter de l'air comprimé à travers un réseau de tuyaux perforés disposés au fond marin autour de la zone de travaux. En raison de la différence d'impédance de l'air et de l'eau, les bulles agissent comme un atténuateur efficace à la propagation du son dans l'eau. Les rideaux de bulles d'air sont couramment utilisés pour réduire l'intensité des ondes sonores sous-marines provenant d'explosions, de battage ou d'autres sources de bruit à haute amplitude (Reyff J. , 2009). Pour certains projets en eaux peu profondes, une réduction du niveau sonore de l'ordre de 10 à 30 dB a été observée (ICF Jones & Stokes & Ilingworth and Rodkin, 2009). Certaines études ont montré que les rideaux de bulles sont efficaces pour les fréquences comprises entre 80 Hz et 16 kHz, mais qu'ils ont peu d'efficacité aux basses fréquences (< 50 Hz) (Bellmann, 2014).

Les rideaux de bulles sont confinés ou non confinés. Pour les types confinés, les bulles sont limitées à la zone autour du pieu à l'aide d'un matériau flexible (comme du plastique ou du tissu) ou d'un tuyau rigide. Les systèmes confinés sont généralement utilisés lorsque des courants forts risquent de disperser les bulles loin du pieu réduisant leur performance. À l'inverse, les systèmes non confinés n'ont pas de dispositif pour maintenir les bulles en place ((ICF Jones & Stokes & Ilingworth and Rodkin, 2009).

Les rideaux de bulles peuvent être simples (ex. *Single Big Bubble Curtain BBC*) ou doubles (ex. *Double Big Bubble Curtain DBBC*). Cette dernière configuration consiste à l'utilisation de deux couches distinctes de bulles d'air, disposées autour du pieu et séparées par une certaine distance. L'ajout d'une deuxième couche permet de créer une barrière acoustique plus efficace et améliorer l'atténuation du bruit. La Figure 8-4 illustre un exemple de rideaux de bulles.



Figure 8-4 Rideau à bulles double autour d'un marteau pour le battage de pieux Source : www.oedigital.com, 2023.

Dans le cadre de l'étude de modélisation du bruit à Matane, deux configurations de méthodes d'abattement du bruit sont prises en compte :

- *Big Bubble Curtain (BBC)*
- *Double Big Bubble Curtain (2BBC)*

L'atténuation acoustique liée à la configuration BBC est intégrée à la modélisation du bruit en ajustant le spectre de la source sonore. En d'autres termes, le BBC réduit l'intensité du son émis en fonction des fréquences, et cette réduction est prise en compte dans les calculs afin de mieux représenter le bruit effectivement propagé dans l'environnement. Une atténuation de -15 dB est appliquée pour une configuration BBC. Pour une configuration 2BBC, une réduction supplémentaire de -5 dB est considérée, pour un total de -20 dB, conformément aux travaux de Verfuss et al. (2019).

Les données disponibles permettent de caractériser l'atténuation du bruit jusqu'à 10 kHz. La capacité auditive maximale des espèces étudiées s'étend sur les bandes de fréquences suivantes : [2 kHz – 200 kHz] pour les HF, [3 kHz – 300 kHz] pour les VHF et [1 kHz – 100 kHz] pour les PCW. L'extrapolation des valeurs d'atténuation au-delà de 10 kHz est réalisée en conservant la dernière valeur disponible.

8.2 PROPAGATION ACOUSTIQUE

La propagation acoustique désigne la transmission des ondes sonores dans l'eau. Ce phénomène décrit comment le son se propage dans l'océan et comment il peut être perçu par des récepteurs, comme des hydrophones ou des animaux marins.

Facteurs influençant la propagation :

Profil de célérité de l'eau : Correspond à la variation de la vitesse de propagation en fonction de la profondeur d'eau. Il dépend de plusieurs facteurs, notamment la température, la salinité et la pression et donc change en fonction des périodes.

Propriété géoacoustique du fond marin : fait référence aux caractéristiques acoustiques du sol sous-marin, y compris des éléments tels que la composition, la densité et la structure du fond marin, qui influencent la propagation du son dans l'eau.

Profondeur d'eau : Correspond à la bathymétrie

Les ondes sonores peuvent être influencées par différents effets qui modifient leur propagation sous-marine :

Réflexion : Lorsque les ondes acoustiques rencontrent une surface (comme le fond marin ou la surface de l'eau), elles peuvent être réfléchies. Cela modifie la direction du son et peut créer des échos.

Réfraction : Lorsque les ondes acoustiques passent d'un milieu à un autre avec des propriétés différentes (ex. couche d'eau chaude vers une couche d'eau froide). La vitesse de propagation du son change, ce qui fait que les ondes se courbent pour aller vers le minimum de célérité.

Absorption : Une partie de l'énergie sonore est perdue sous forme de chaleur à cause du frottement des molécules d'eau ou de réactions chimiques (acide borique, chlorure de potassium). L'absorption est plus marquée pour les hautes fréquences, entraînant une atténuation du signal avec la distance.

Divergence géométrique : En s'éloignant de la source, l'énergie acoustique se répartit dans l'espace. En milieu profond, cette dispersion forme une onde sphérique : la surface sur laquelle se répartit l'énergie augmente, ce qui engendre une diminution du niveau de pression acoustique. En milieu peu profond, la présence du fond marin et de la surface limite la propagation verticale, contraignant l'onde à se propager horizontalement. La dispersion prend alors une forme cylindrique généralement moins marquée que les pertes sphériques.

Transmission et diffusion aux interfaces : Lorsqu'une onde atteint une frontière entre deux milieux (ex. eau-sédiment, eau-air), elle peut être en partie transmise, réfléchie ou diffusée. Le taux de transmission dépend de la différence d'impédance acoustique : plus cette différence est grande, moins l'énergie est transmise (comme entre l'eau et l'air).

Les pertes cumulées par l'absorption, la diffusion et la transmission sont appelées « pertes par transmission », ou TL pour *transmission loss*. Cette quantité exprime de combien de dB l'onde sonore s'atténue lorsque le son se propage sur une distance r. On retrouve ainsi une équation de perte par transmission où r représente la distance par rapport à la source sonore et *k* est une constante qui varie généralement entre 10 et 20, selon les caractéristiques du milieu :

$$TL = k \cdot \log(r)\ [dB]$$

8.2.1 MODÈLE DE PROPAGATION SONORE

Les niveaux sonores sont calculés à l'aide de deux modèles numériques de propagation acoustique sous-marine dont l'un dédié aux courtes distances (< 10 km) et l'autre aux grandes distances (> 3 km) :

Le modèle SCOOTER (intégration du nombre d'onde), précis jusqu'à 10 km et qui considère un environnement à bathymétrie fixe. Il est utilisé pour le calcul du SPL_{peak} (Jensen et al., 2011).

Le modèle RAMGeo (équation parabolique), peu précis en champ proche, mais capable de modéliser la propagation acoustique sur plusieurs centaines de kilomètres tout en considérant une bathymétrie variable. Il est utilisé pour les calculs de SPL_{rms} et SEL_{24h}. Pour ce modèle la résolution au niveau de la distance est de 100 m.

Ces modèles permettent de calculer la propagation sur des tranches verticales de l'environnement, en fonction de la distance et de la profondeur de l'eau. La modélisation est réalisée en 3 dimensions à l'aide de 72 tranches verticales, séparées de 5°, afin de couvrir l'ensemble des 360° autour du projet (Figure 8-5).

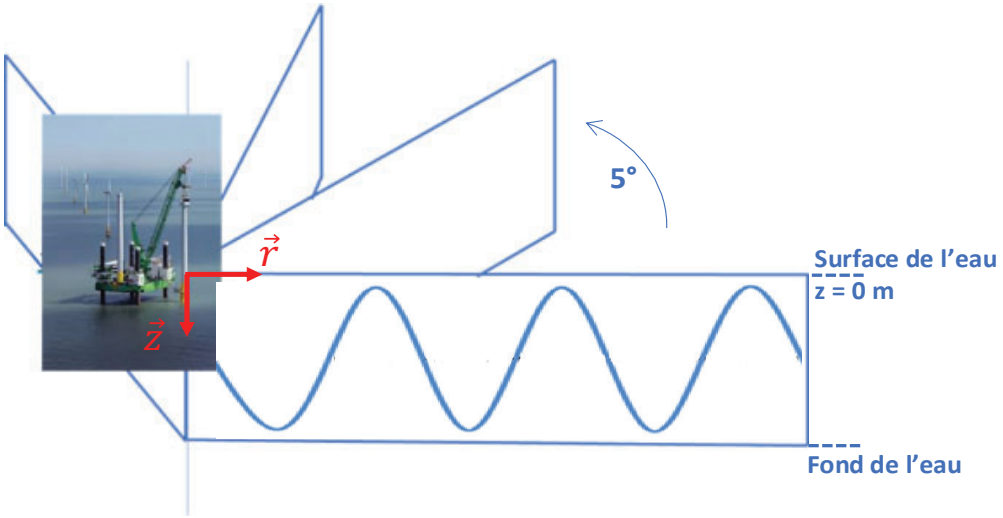


Figure 8-5 - Schéma explicatif du calcul de la propagation selon des tranches verticales. Le vecteur $\vec{r}$ correspond à la distance horizontale, le vecteur $\vec{z}$ Corresponds à la profondeur.

Une fois les tranches verticales simulées, la valeur maximale du niveau sonore sur toute la profondeur est conservée pour chaque distance pour créer des cartes d'effets acoustiques. Cette méthode prend en compte le pire cas en fonction de la profondeur pour une position horizontale donnée.

Il s'agit d'une approche conservatrice, qui suppose que la distribution des espèces cibles est uniforme sur toute la hauteur de la colonne d'eau. Cela signifie que, même si certaines espèces peuvent être à des profondeurs spécifiques, le modèle considère qu'elles sont présentes à l'endroit où le niveau sonore est le plus élevé dans la colonne d'eau. Les rayons d'effet sont ensuite présentés dans des tableaux et illustrés sur des cartes.

8.2.2 PARAMÈTRES ENVIRONNEMENTAUX DE LA PROPAGATION

Pour tenir compte des différentes configurations de propagation au cours du cycle annuel, les calculs sont effectués pour 6 mois (janvier, mars, mai, juillet, septembre et novembre) représentant les variabilités temporelles du profil de célérité (Figure 8-6). Les profils de célérité sont calculés à partir des données de salinité et température extraites de Marine Copernicus (base de données publique : https://marine.copernicus.eu/fr) et de la formule de Chen et Millero (Chen & Millero, 1977).

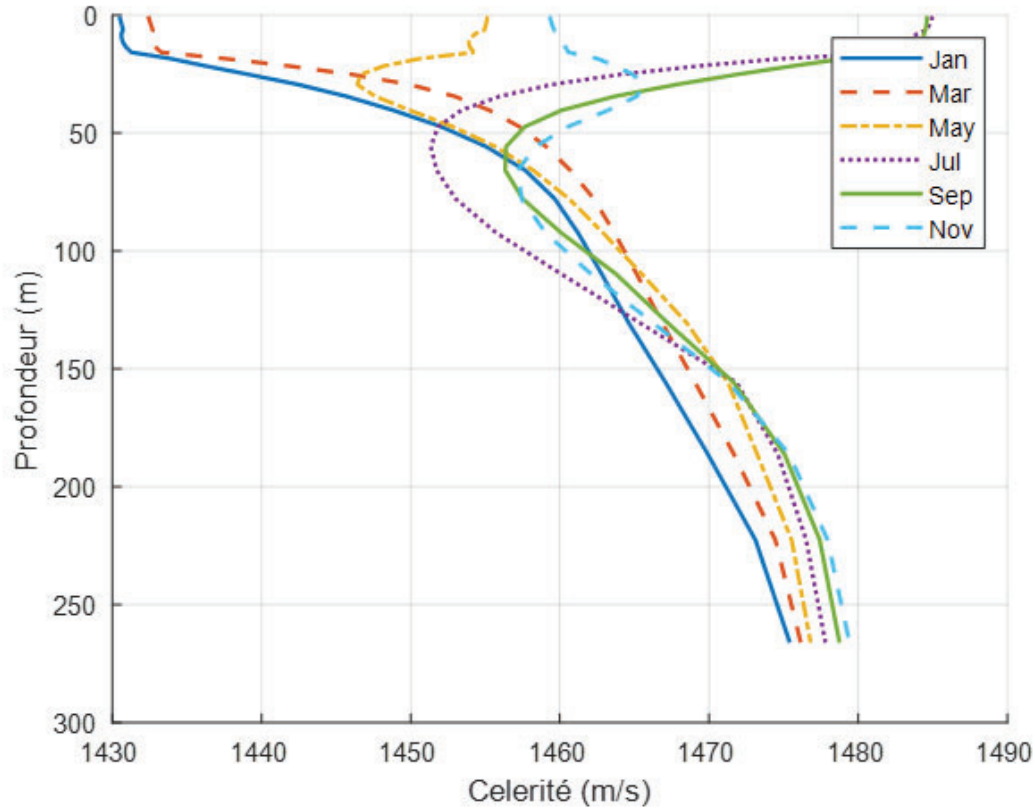


Figure 8-6 - Profils de célérité considérés pour la modélisation acoustique

Un exemple de la différence de propagation en fonction des saisons est illustré à la Figure 8-7. En janvier, l'effet du profil de célérité concentre la propagation sous la surface de l'eau, tandis qu'en juillet, le profil crée un chenal de propagation à la profondeur de 50 m, favorisant les interactions avec le fond de l'eau et limitant ainsi la distance de propagation.

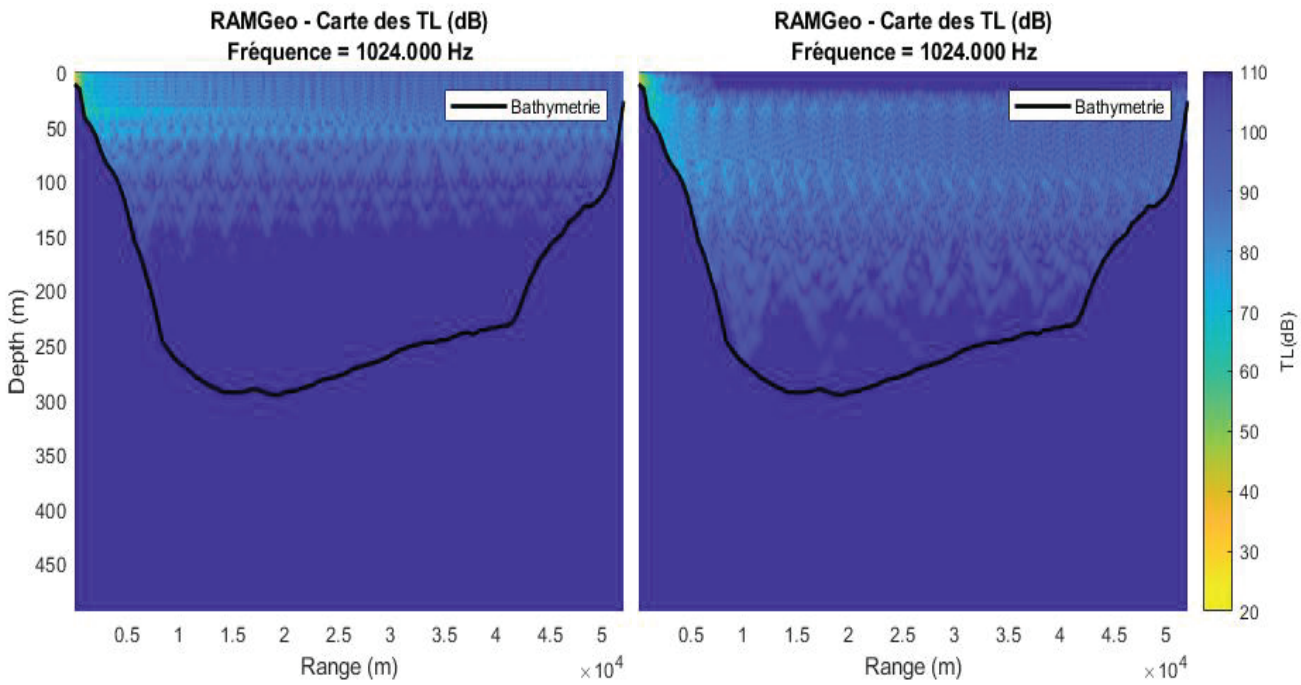


Figure 8-7 – Propagation modélisée par RAMGeo dans le Saint-Laurent (janvier à gauche, juillet à droite)

Les données bathymétriques utilisées dans cette étude proviennent de la base de données mondiale de bathymétrie fournie par le *General Bathymetric Chart of the Oceans* (GEBCO Compilation Group, 2024). Ces données présentent une résolution horizontale de 15 secondes d'arc dans la zone à l'étude (~310 m).

De plus, les propriétés géoacoustiques du fond marin sont définies en fonction des caractéristiques des sédiments et du socle sous-jacent. Les paramètres retenus sont les suivants (Simard Y. et al., 2016):

- Sédiment (sable)
  - Épaisseur : 200 m
  - Vitesse du son (*Cp*) : 1 700 m/s
  - Densité (ρ) : 1 800 kg/m³
  - Atténuation des ondes de compression (α_p) : -0.5 dB/λ

- Socle
  - Vitesse du son (*Cp*) : 4 000 m/s
  - Densité (ρ) : 2 500 kg/m³
  - Atténuation des ondes de compression (α_p) : -0.5 dB/λ

8.3 RÉCEPTION DU BRUIT

L'évaluation de l'impact acoustique sur les mammifères marins repose sur le niveau sonore qu'ils reçoivent dans leur environnement. Ce niveau dépend non seulement de l'intensité du bruit émis, mais aussi des conditions de propagation et de la position du récepteur.

Le niveau sonore reçu SPL fait référence à l'amplitude du signal acoustique détecté par un récepteur sous l'eau (comme un hydrophone ou un mammifère marin). Ce niveau exprimé en décibel référencé à 1 µPa (dB re 1 µPa) dépend de plusieurs facteurs, dont le niveau de la source sonore (SL) (émission du bruit) et les pertes par transmission (TL). Ce niveau peut être exprimé selon l'équation suivante :

$$\boldsymbol{SPL}\ (niveau\ sonore\ reçu) = \boldsymbol{SL}\ (Niveau\ sonore\ émis) - \boldsymbol{TL}\ (perte\ par\ tranmission)$$

Le récepteur, en l'occurrence un mammifère marin, peut être immobile ou se déplacer dans le milieu. Ce déplacement influence directement le niveau reçu : plus l'animal s'éloigne de la source, plus le niveau de bruit reçu diminue.

Pour intégrer cette variabilité, le calcul du SEL_{24h} repose sur des hypothèses de mouvement simulant des comportements de fuite. Différents scénarios sont considérés : un animal immobile (scénario de plus forte exposition) et un animal s'éloignant perpendiculairement de la source à vitesse constante. Quatre vitesses d'éloignement sont prises en compte : 0 m/s, 1 m/s, 2 m/s et 4 m/s.

8.4 PERCEPTION DU BRUIT

L'évaluation des impacts acoustiques ne repose pas uniquement sur l'intensité et la fréquence du bruit émis, mais également sur la manière dont ce bruit est perçu par les mammifères marins. En effet, les bruits anthropiques couvrent un large éventail de fréquences, susceptibles d'affecter les espèces en fonction de leur plage auditive.

À titre d'illustration, la Figure 8-8 présente des exemples des champs auditifs des animaux ainsi que les fréquences émises par des bruits anthropiques. On observe que certains bruits se situent hors des plages auditives de certaines espèces, les rendant inaudibles pour celles-ci (par exemple, le bruit d'un petit bateau pour une méduse). Cela souligne l'importance d'analyser non seulement l'intensité des bruits, mais aussi leur spectre fréquentiel en fonction des capacités auditives propres à chaque espèce étudiée.

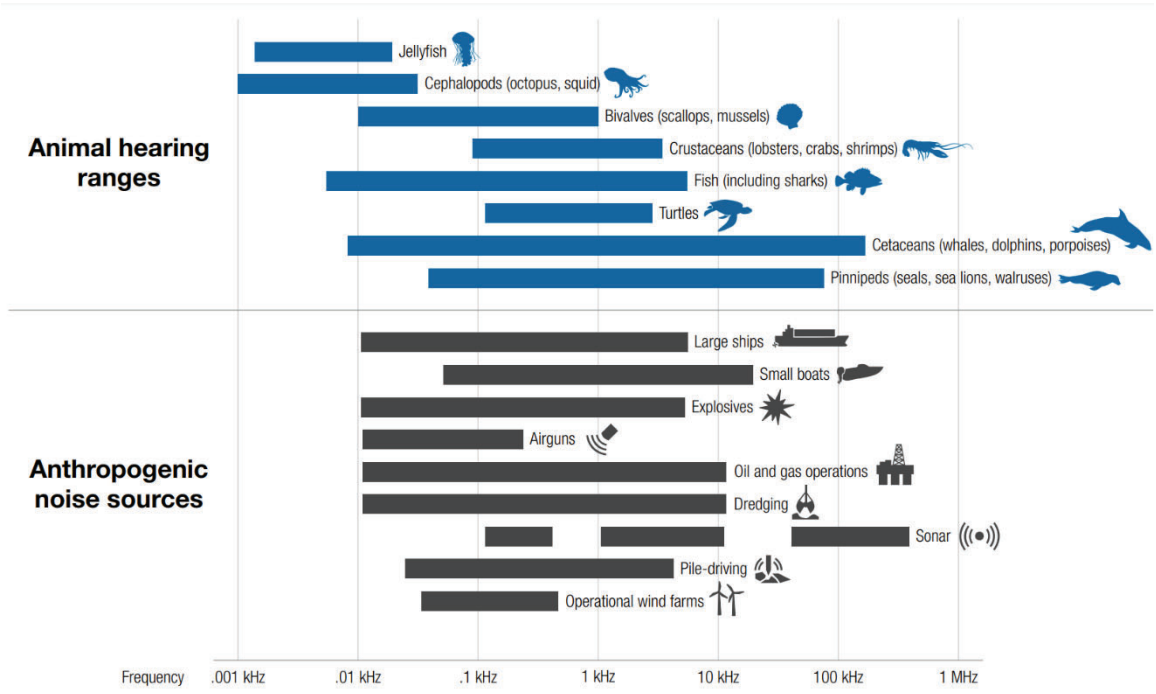


Figure 8-8 Fréquences des champs auditifs des animaux et sources de bruits anthropiques. Figure récupérée de (MPO P. e., 2024)

Afin d'évaluer cette perception du bruit par les mammifères marins, des fonctions de pondération sont appliquées pour attribuer un poids aux différentes fréquences sonores en fonction de leur sensibilité auditive. La pondération M permet une représentation généralisée de cette sensibilité selon les groupes taxonomiques et repose sur l'hypothèse que cette sensibilité diminue progressivement, de manière logarithmique, à mesure qu'on s'éloigne de leur plage auditive optimale. Cela signifie que les mammifères marins sont moins sensibles aux sons à des fréquences plus éloignées de leur plage de meilleure audition. La pondération M est appliquée au niveau sonore reçu afin d'obtenir un niveau reçu pondéré, qui tient compte de la sensibilité auditive spécifique des espèces étudiées.

La fonction de pondération est définie comme suit :

$$W(f) = C + 10log10\left\{\frac{(f/f_1)^{2a}}{[1+(f/f_1)^2]^a[1+\ (f/f_2)^2]^b}\right\}$$

Où les paramètres C, a, b, f1, f2 sont adaptés à chaque groupe de mammifères marins.

La Figure 8-9 montre la pondération appliquée selon le type de catégorie de mammifères marins pour les paramètres de Southall et al., (2019).

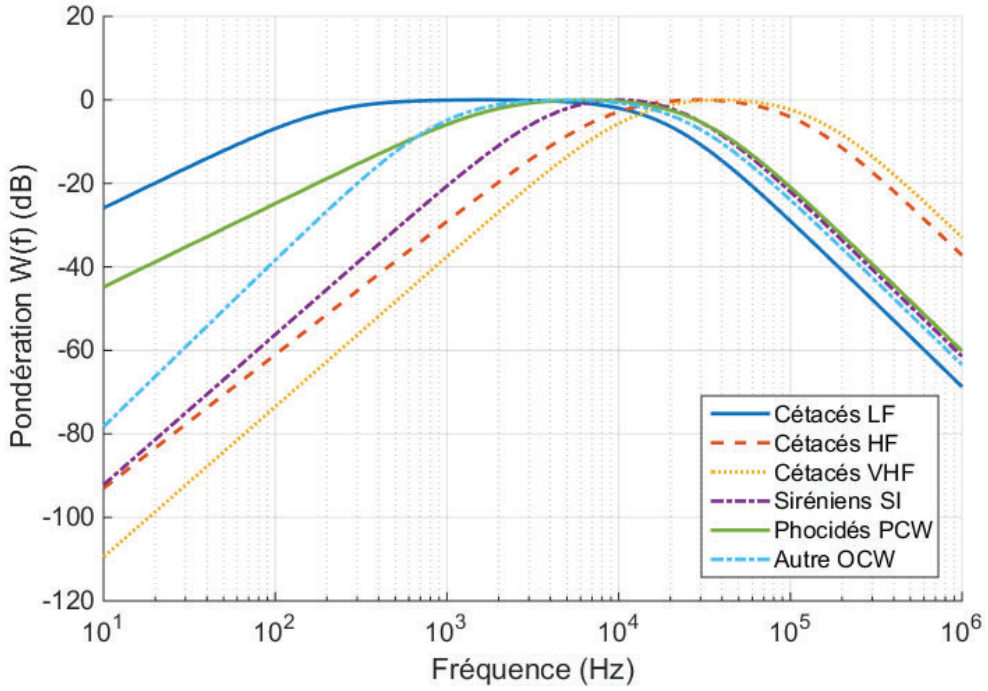


Figure 8-9 Forme des fonctions de pondération M (Southall et al 2019), LF : Cétacés basse fréquence, HF : Cétacés Haute Fréquence, VHF : Cétacés à Très Haute Fréquence, SI : Siréniens, PCW : Carnivore Phociid dans l'eau, OCW : Other carnivore in whater

.

8.5 DÉTERMINATION DES RAYONS D'EFFETS – SEUILS SONORES

L'évaluation des effets acoustiques repose sur des seuils auditifs spécifiques à chaque groupe de mammifères marins définis par Southall et al. (2019) et NMFS (2018). Ces seuils sont établis en fonction du type de signal sonore, qu'il soit impulsionnel ou continu. Ces seuils indiquent les niveaux sonores au-delà desquels des effets tels que le déplacement permanent (PTS) ou temporaire (TTS) du seuil auditif peuvent survenir. Le Tableau 8-14 présente ces seuils en fonction des groupes auditifs de mammifères marins et du type de bruit. Les seuils de dérangement comportemental (DC), définis par NMFS (2023), y sont également inclus.

Tableau 8-14 Seuil PTS, TTS et dérangement comportemental (DC) selon les groupes de mammifères marins et le type de bruit.

Groupe auditif	Son impulsif					Son non-impulsif		
	SPL_{peak} *dB re 1 µPa*		SEL_{24h} pondéré *dB re 1 µPa²s*		SPL_{rms} *dB re 1 µPa*	SEL_{24h} pondéré *dB re 1 µPa²s*		SPL_{rms} *dB re 1 µPa*
	PTS	TTS	PTS	TTS	DC	PTS	TTS	DC
Cétacés LF	219	213	183	168	160	199	179	120
Cétacés HF	230	224	185	170	160	198	178	120
Cétacés VHF	202	196	155	140	160	173	153	120
Phocidés PWC	218	212	185	170	160	201	181	120

À partir de ces seuils, il est possible d'estimer la distance à partir de laquelle un mammifère marin pourrait être affecté par une source sonore donnée.

Ce rayon d'effet correspond à la distance entre la source sonore (SL) et l'animal à partir de laquelle le niveau sonore perçu (SPL) dépasse le seuil d'effet, en tenant compte de la sensibilité auditive propre à chaque groupe de mammifères marins.

Pour chaque seuil (TTS, PTS, DC et empreinte acoustique) et chaque groupe de mammifères marins, un rayon d'effet est mesuré. Le calcul de ce rayon repose sur l'expression suivante :

$$\boldsymbol{SPL\ perçu}\ (niveau\ sonore\ perçu) \geq \boldsymbol{Seuil\ d'effet}$$

9 RÉSULTATS DES EFFETS - PHASE TRAVAUX

Les simulations acoustiques permettent de déterminer jusqu'à quelle distance le bruit peut avoir un effet sur différentes espèces marines (cétacés, phocidés, etc.), en fonction du type d'effet étudié (dérangement comportemental, déplacement temporaire ou permanent de l'audition). Pour les modélisations numériques, plusieurs paramètres influençant les résultats sont pris en compte, notamment :

- La saison de réalisation des travaux
- Le niveau sonore et la durée par jour des travaux
- L'efficacité de solutions de réduction du bruit (rideau de bulles et démarrage progressif)
- La localisation des travaux dans le quai
- Les caractéristiques auditives des mammifères marins
- La vitesse d'éloignement des animaux.

Ainsi, différentes simulations sont réalisées selon les paramètres du Tableau 9-1, représentant un total de 5 760 scénarios de calcul :

Tableau 9-1 Paramètres utilisés pour la simulation de la propagation acoustique

Paramètres	Détail
3 positions de travaux :	A, B et C
5 types de travaux :	Battage de pieu Vibrofonçage de pieu et palplanches DTH de pieu Dragage mécanique Transit de la drague mécanique
6 périodes :	Janvier Mars Mai Juillet Septembre Novembre
4 vitesses d'éloignements :	0 m/s (immobile) 1 m/s 2 m/s 4 m/s
4 scénarios d'atténuation :	Aucune atténuation Démarrage progressif pour le battage de pieu Rideau de bulles simple (incluant le démarrage progressif pour le battage de pieu) Doubles rideaux de bulles (incluant le démarrage progressif pour le battage de pieu)
4 catégories d'espèces :	Cétacés bases fréquences (LF) Cétacés hautes-fréquences (HF) Cétacés très hautes fréquences (VHF) Phocidés dans l'eau (PWC).
1 durée de travaux :	3h

La combinaison de ces paramètres (atténuation, période de l'année, vitesse de fuite, etc.) permet de déterminer les effets acoustiques en fonction des conditions de réalisation des travaux et des groupes auditifs considérés.

À titre d'exemple, la Figure 9-1 illustre l'influence de mesures d'atténuation sur les niveaux sonores générés par les travaux de vibrofonçage en mars. Les cartes présentent le rayon d'effet associé au seuil de dérangement comportemental de 120 dB re 1 µPa, mis en évidence en jaune. Celle de gauche montre ce rayon d'effet sans mesure d'atténuation, celle du centre correspond à l'application d'un rideau de bulles simple, tandis que celle de droite illustre l'effet d'un rideau de bulles double. On observe une réduction progressive du rayon d'effet avec l'ajout de moyens d'atténuation. L'utilisation d'un rideau de bulles, même simple, permet déjà de réduire significativement le rayon de dérangement comportemental.

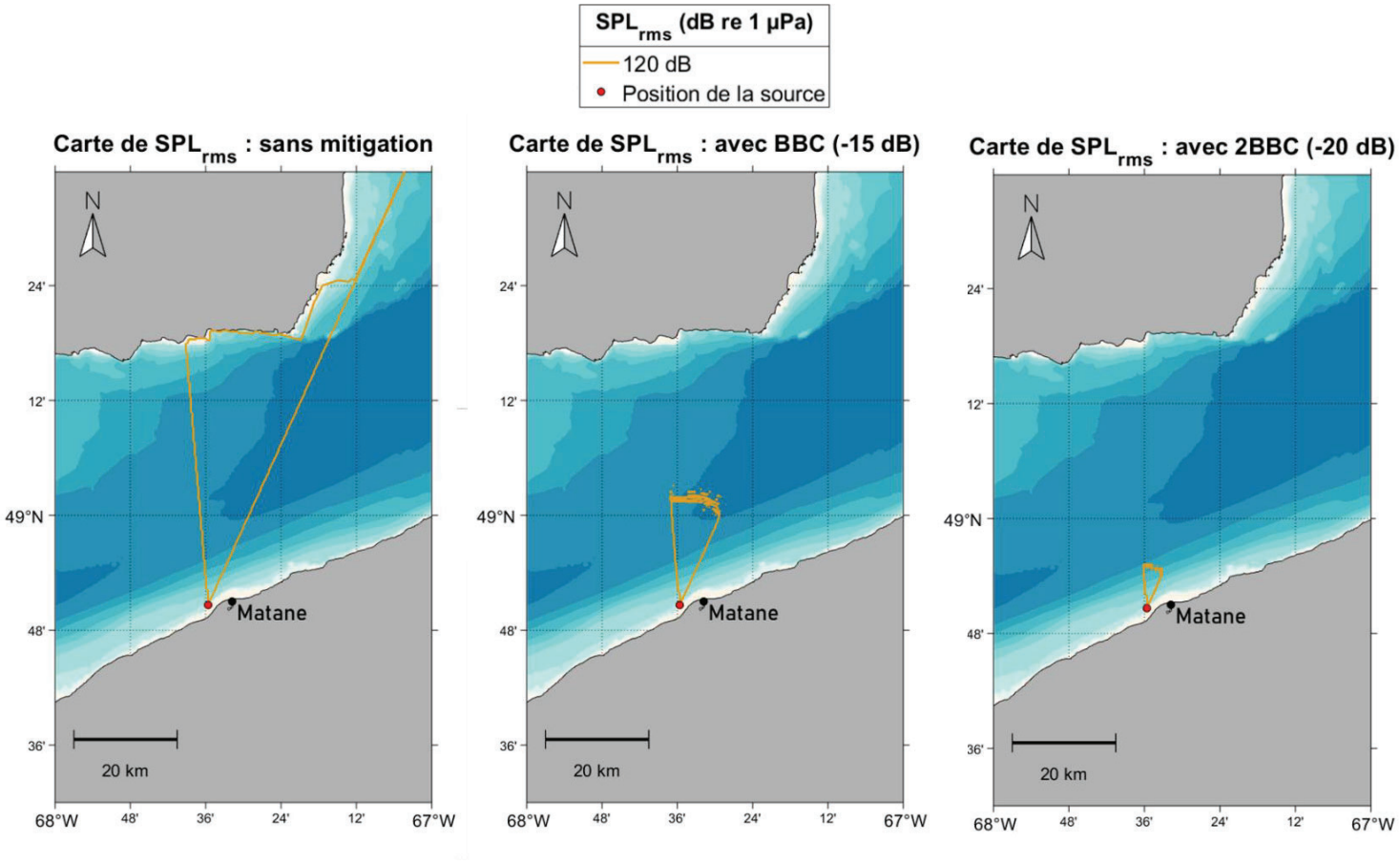


Figure 9-1 Comparaison de la variation des rayons d'effet acoustique pour les seuils de dérangement comportemental des travaux de vibrofonçage au point A, selon l'utilisation de méthodes d'atténuation. À gauche : aucune atténuation appliquée, au centre : rideau de bulles simple appliqué, et à droite : rideau de bulles double

Comme autre exemple, la Figure 9-2 illustre la variation des rayons d'impact acoustique en fonction des différentes périodes de l'année pour les travaux de vibrofonçage, en janvier, mars, mai, juillet, septembre et novembre avec l'application d'un rideau de bulles simple. Ces cartes présentent le rayon d'effet associé au seuil de dérangement comportemental de 120 dB re 1 µPa, mis en évidence en jaune. On remarque qu'au cours de la période estivale, une diminution du niveau sonore est observée, en raison de la modification du profil de célérité dans la colonne d'eau. En automne, le rayon d'effet est supérieur à celui des autres mois, ce qui s'explique par une propagation sonore plus importante pendant cette période pour ces travaux.

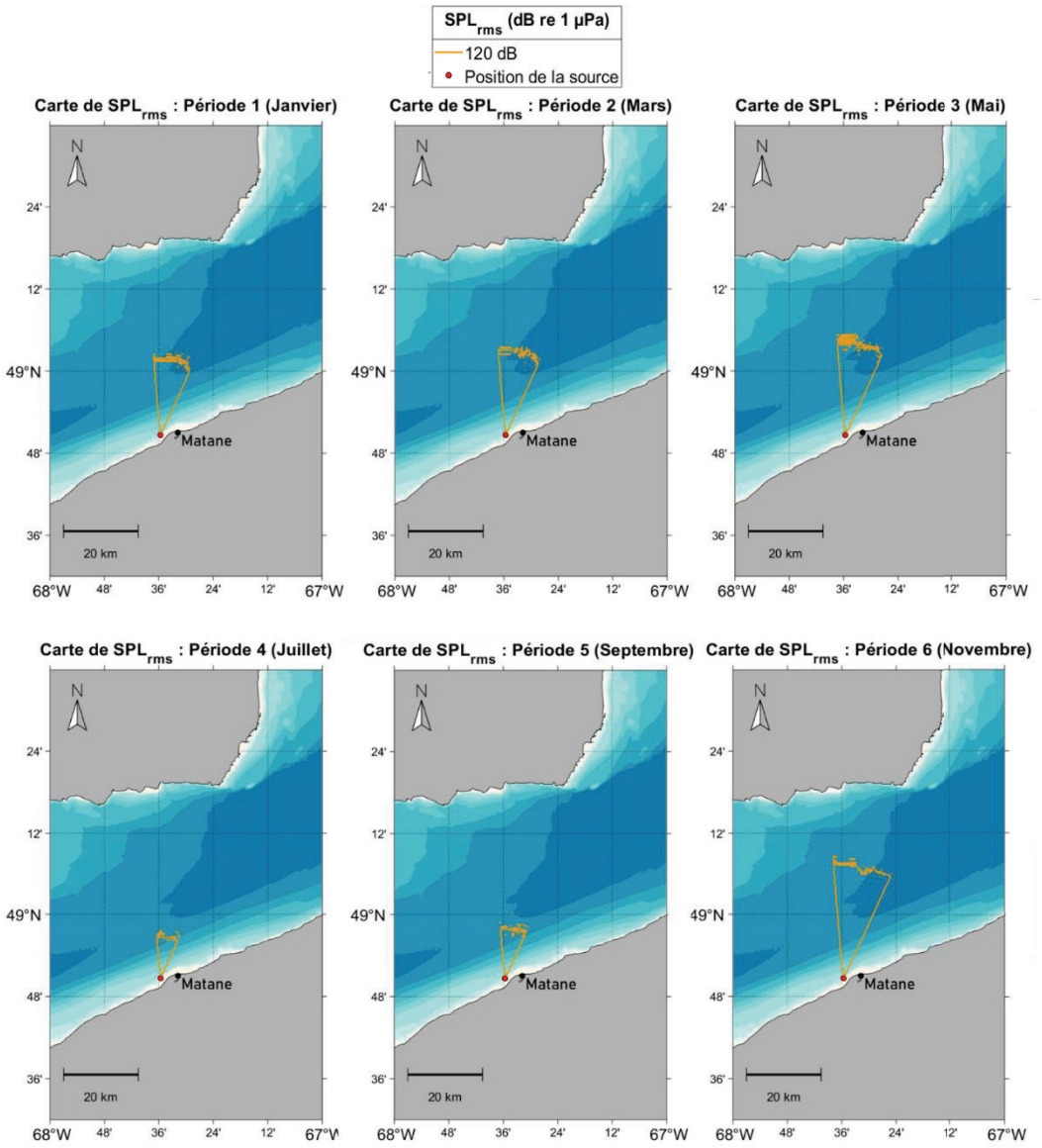


Figure 9-2 Comparaison de la variation des rayons d'effet acoustique pour les seuils de dérangement comportemental pour les travaux de vibrofonçage au point A selon les périodes de l'année (janvier, mars, mai, juillet, septembre, novembre) avec l'utilisation d'un rideau de bulles simple pour les seuils de dérangement comporte

Les 5 760 configurations ne peuvent être présentées exhaustivement. Les résultats clés sont inclus dans cette section, notamment les résultats pour tous les types de cétacés, les résultats sans et avec mesure d'atténuation, ainsi que différentes vitesses de fuite. Par ailleurs, les résultats sont présentés seulement pour la période des travaux envisagée.

Afin d'alléger les résultats, seulement la position A concernant les travaux de battage, de vibrofonçage et de DTH est présentée, car celle-ci génère les rayons d'effet plus important que la position B. La position C est conservée pour les travaux de dragage.

Pour chaque type de travaux, les résultats des distances d'effet sont présentés sous forme de deux tableaux distincts. Une distance de 100 m indique une distance égale ou inférieure à 100 m (résolution du modèle numérique).

Tableau Empreinte acoustique et Dérangements comportementaux : Présente les rayons d'effet associés à l'empreinte acoustique du projet ainsi qu'au dérangement comportemental pour les seuils de 120 dB SPL_{rms} pour les bruits continus et 160 dB SPL_{rms} pour les bruits impulsifs. Les seuils sont appliqués sur tous les groupes de mammifères marins.

Tableau Seuils PTS et TTS : Illustre les rayons d'effet en fonction du niveau d'exposition sonore cumulatif. Pour rappel, le PTS correspond à un déplacement permanent de l'audition et le TTS à un déplacement temporaire de l'audition. Pour ces seuils, les métriques SPL_{peak} (seulement pour les bruits impulsifs comme le battage) et SEL_{24h} sont prises en compte. Pour le SPL_{peak}, les vitesses de fuite ne s'appliquent pas.

Un code de couleurs est utilisé dans les tableaux : les cellules orangées indiquent que le rayon d'impact acoustique se situe dans une zone où une surveillance visuelle des travaux par des Observateurs de mammifères marins certifiés (OMM) est possible, soit à une distance inférieure à 1,5 km (ou 1 km à partir de l'extérieur de l'ouverture du port). Les cellules vertes correspondent à des rayons d'effet situés à l'intérieur du port, soit à une distance de 500 m. Finalement, les cellules rouges correspondent à des rayons d'effet supérieur à 1,5 km.

9.1 RÉSULTAT TRAVAUX DE BATTAGE

Les résultats suivants concernent le battage de pieux pour les périodes du printemps, de l'été et de l'automne, en fonction des rayons d'effet associés aux seuils de dérangement comportemental, de TTS et de PTS, en plus de présenter l'empreinte acoustique sur le Saint-Laurent de ces travaux. Comme rappel, ce type de travaux produit un bruit de nature impulsive.

9.1.1 EMPREINTE ACOUSTIQUE ET DÉRANGEMENT - BATTAGE

La Figure 9-3 illustre deux exemples de propagation des niveaux sonores (SPL_{rms}) pour un scénario sans mesures d'atténuation, respectivement pour les mois de mars (à gauche) et de juillet (à droite). On y observe un effet de masquage attribuable à la structure du quai, qui limite la propagation vers l'ouest. Le son se propage principalement en direction de la Côte-Nord, atteignant des niveaux compris entre 160 et 150 dB re 1 µPa entre Godbout et Baie-Trinité, soit les seuils associés au dérangement comportemental pour les bruits impulsifs. On note également une différence saisonnière : le niveau sonore propagé est plus élevé au printemps qu'en l'été.

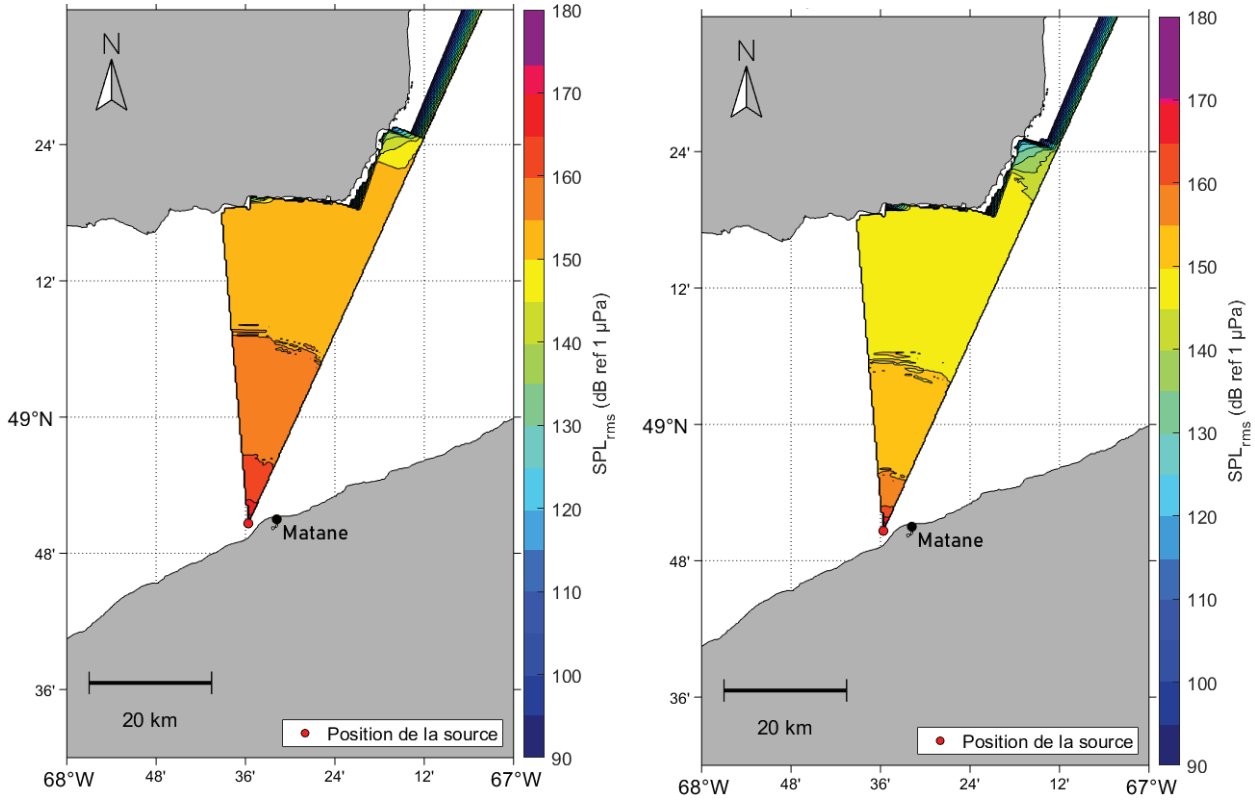


Figure 9-3 Propagation des niveaux sonores (valeurs SPLrms) pour un scénario de battage effectué au point A à l'intérieur du quai, sans atténuation, durant le mois de mars (à gauche) et juillet (à droite). La carte met en évidence l'effet de masquage du quai et la propagation du son vers la Côte-Nord.

Le Tableau 9-2 présente les rayons d'impact pour l'empreinte acoustique ainsi que les seuils de dérangement comportemental pour les travaux de battage. Les travaux de battage envisagés sont prévus pour le printemps, l'été et l'automne.

Tableau 9-2 Résultat pour les rayons d'empreinte acoustique et de dérangements comportementaux liés au battage de pieu

Mammifères marins LF – HF – VHF et les Phocidés (PCW)				
	Sans atténuation		**Rideau de bulles simple**	**Rideau de bulles double**
Type d'effet	**Empreinte acoustique**	**Dérangement comportemental**	**Dérangement comportemental**	**Dérangement comportemental**
Seuil SPL_{rms}	110 dB	160 dB	160 dB	160 dB
Mars *Mai* *Juillet* *Septembre* *Novembre*	L'ensemble de la zone d'étude (Matane jusqu'à la Côte-Nord)	12 km 8,1 km 4,4 km 8,5 km 5,5 km	1,5 km 1,4 km 1,2 km 1,3 km 1,4 km	900 m 800 m 800 m 800 m 800 m

Empreinte acoustique

Pour les niveaux de battage, l'empreinte acoustique du projet s'étend sur l'ensemble de la zone d'étude de Matane jusqu'à la Côte-Nord, à la hauteur de Godbout et de Baie-Trinité. Pour rappel, l'empreinte acoustique d'un projet désigne la zone où le bruit généré demeure audible dans le milieu marin, c'est-à-dire où le niveau sonore créé par le battage de pieu dépasse le bruit ambiant. Elle correspond à l'étendue où des effets potentiels, tels que le masquage des communications, peuvent survenir.

Dérangement comportemental

Durant la période la plus défavorable (printemps), les rayons de dérangement comportemental peuvent atteindre jusqu'à 12 km, toutes espèces confondues. Ces seuils sont diminués à 8,5 km en automne et 4,4 km en été. L'utilisation d'un rideau de bulles simple réduit le rayon du seuil de dérangement comportemental à environ 1,5 km et environ 900 m pour un rideau de bulles double. Ces rayons de dérangement avec l'utilisation de rideau de bulles (simple ou double) sont cohérents avec une distance de surveillance visuelle des travaux par des Observateurs de mammifères marins certifiés (OMM).

9.1.2 TTS ET PTS – BATTAGE

Le Tableau 9-3 détaille les rayons d'impact nécessaires pour atteindre les seuils PTS et TTS, en fonction des catégories auditives des mammifères marins et des différentes mesures d'atténuation appliquées pour les travaux de battage de pieu.

Tableau 9-3 Résultat pour les rayons de PTS et TTS liés au battage de pieu

Déplacement permanent et temporaire de l'audition (PTS – TTS)					
	SPL_{peak} (Sans atténuation)	**Sans atténuation + Animal immobile**	**Démarrage progressif + Animal fuit à 2 m/s**	**Démarrage progressif + Animal fuit à 4 m/s**	**Rideau de bulles simple + Démarrage progressif + Animal fuit à 4 m/s**

Cétacés LF (basse fréquence)										
Seuil	SPL_{peak}		SEL_{24h}: PTS = 183 dB, TTS = 168 dB							
Période	PTS 219 dB	TTS 213 dB	PTS	TTS	PTS	TTS	PTS	TTS	PTS	TTS
Mars	50 m	70 m	18,3 km	L'ensemble de la zone d'étude (Matane jusqu'à la Côte-Nord)	≤ 100 m	63,0 km	≤ 100 m	62,0 km	≤ 100 m	≤ 100 m
Mai	50 m	80 m	13,4 km			62,7 km		53,2 km		
Juillet	50 m	80 m	6,3 km			52,4 km		47,4 km		
Septembre	50 m	80 m	6,6 km			52,5 km		47,9 km		
Novembre	50 m	80 m	8,9 km			62,5 km		50,6 km		

Cétacés HF (haute fréquence)										
Seuil	SPL_{peak}		SEL_{24h}: PTS = 185 dB, TTS = 170 dB							
Période	PTS 230 dB	TTS 224 dB	PTS	TTS	PTS	TTS	PTS	TTS	PTS	TTS
Mars	10 m	10 m	≤ 100 m	200 m	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m
Mai	10 m	10 m		700 m						
Juillet	10 m	10 m		200 m						
Septembre	10 m	10 m		200 m						
Novembre	10 m	10 m		800 m						

Cétacés VHF (Très haute fréquence)										
Seuil	SPL_{peak}		SEL_{24h}: PTS = 155 dB, TTS = 140 dB							
Période	PTS 202 dB	TTS 196 dB	PTS	TTS	PTS	TTS	PTS	TTS	PTS	TTS
Mars	230 m	520 m	700 m	2,4 km	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m
Mai	240 m	510 m	1,2 km	4,8 km		700 m				
Juillet	260 m	550 m	500 m	2,8 km		≤ 100 m				
Septembre	260 m	550 m	600 m	3,4 km		≤ 100 m				
Novembre	250 m	520 m	1,7 km	15,4 km		1,1 km				

Phocidés PCW										
Seuil	SPL_{peak}		SEL_{24h}: PTS = 185 dB, TTS = 170 dB							
Période	PTS 218 dB	TTS 212 dB	PTS	TTS	PTS	TTS	PTS	TTS	PTS	TTS
Mars	50 m	80 m	1 km	13,6 km	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m
Mai	50 m	80 m	1,5 km	13,4 km		≤ 100 m				
Juillet	60 m	90 m	1 km	5,9 km		≤ 100 m				
Septembre	60 m	90 m	1 km	6,6 km		≤ 100 m				
Novembre	60 m	80 m	1,5 km	19,7 km		700 m				

Cétacés LF – Basse fréquence

Sont notamment concernés les rorquals bleus et communs, les petits rorquals, les rorquals à bosse, les baleines noires de l'Atlantique Nord, le cachalot et les baleines boréales.

Les cétacés à basse fréquence sont plus affectés par le battage de pieux que les autres cétacés, car ce type de travaux génère des sons en basses fréquences dans les mêmes gammes de fréquences que celles qu'ils perçoivent.

Concernant le déplacement temporaire de l'audition (TTS), les rayons d'effet varient selon les saisons. Sans aucune méthode d'atténuation, ces rayons couvrent l'ensemble de la zone d'étude (Matane jusqu'à la Côte-Nord).

Ces rayons sont conservateurs : ils supposent que l'animal reste immobile pendant les 3 h que durent les travaux. Dans un scénario plus réaliste où l'animal s'éloigne (ici à 4 m/s) et où les travaux de battage sont démarrés progressivement, les rayons TTS diminuent à 62 km au printemps, 47 km en été et 51 km en automne.

L'utilisation combinée d'un rideau de bulles simple, d'un démarrage progressif et de la fuite de l'animal à 4 m/s réduit ces rayons à moins de 100 mètres, les confinant ainsi à l'intérieur du port. Ce résultat met en évidence l'efficacité des mesures d'atténuation, en particulier le rideau de bulles pour limiter les effets auditifs temporaires.

Pour le déplacement permanent de l'audition (PTS), les rayons d'effet pour un cas sans atténuation et un animal immobile sont de 18,3 km au printemps, 6,3 km en été et 9 km en automne. Encore une fois, ces rayons sont conservateurs puisque l'animal est considéré comme immobile durant les 3h des travaux.

En tenant compte que l'animal fuit à 4 m/s et d'un démarrage progressif, les rayons PTS sont réduits à moins de 100 mètres, soit à l'intérieur du quai, et ce, sans recours à un rideau de bulles.

Cétacés HF – Haute fréquence

Sont notamment concernés les bélugas, les globicéphales noirs de l'Atlantique, les dauphins à flancs blancs, les dauphins à nez blanc, les baleines à bec communes et les épaulards.

Pour les cétacés à haute fréquence HF, le battage de pieux a un impact moindre, car il émet moins d'énergie dans leur gamme de fréquences auditives, même si leurs seuils de sensibilité sont comparables à ceux des espèces à basse fréquence. En ce qui concerne le déplacement temporaire de l'audition (TTS), si aucune mesure d'atténuation n'est mise en place et que l'animal reste immobile, les rayons TTS atteignent environ 700 m au printemps, 200 m en été et 800 m en automne.

Dans un scénario plus réaliste, où l'animal se déplace à une vitesse de 4 m/s et que les travaux débutent progressivement, les rayons TTS sont réduits à moins de 100 mètres, soit à l'intérieur du quai, sans recours à un rideau de bulles.

Pour le déplacement permanent de l'audition (PTS), les rayons calculés demeurent toujours de l'ordre de 100 mètres ou moins, quel que soit le scénario d'atténuation envisagé, ce qui les confine également à l'intérieur du quai.

Cétacés VHF – Très haute fréquence

Sont concernés ici les marsouins communs

Les cétacés à très haute fréquence (VHF) sont légèrement plus affectés par le bruit du battage de pieux que ceux à haute fréquence (HF), bien que leur plage auditive soit davantage axée sur les hautes fréquences. En effet, leurs seuils d'exposition pour le TTS et le PTS sont plus bas, ce qui se traduit par des rayons d'effet plus étendus.

Pour le déplacement temporaire de l'audition (TTS), en l'absence de mesures d'atténuation, les rayons d'effet peuvent atteindre 4,8 km au printemps, 2,8 km en été et 15,4 km à l'automne. Dans un scénario plus réaliste, où l'animal s'éloigne à une vitesse de 4 m/s et où le battage est amorcé progressivement, ces rayons sont réduits à moins de 100 m, soit à l'intérieur du quai.

Concernant le déplacement permanent de l'audition (PTS), les rayons sans atténuation sont estimés à 1,2 km au printemps, 500 m en été et 1,7 km à l'automne pour un animal immobile. Avec un scénario réaliste incluant un démarrage progressif et une fuite à 4 m/s, ces rayons diminuent également à moins de 100 m.

Phocidés PWC

Sont concernés ici les phoques

Concernant les phoques (phocidés), leur plage de sensibilité auditive se situe davantage en basse fréquence que les cétacés HF pour les mêmes niveaux de seuil, ce qui les rend plus sensibles que ces dernières au bruit de basse fréquence généré par le battage de pieux.

Pour les TTS, sans aucune atténuation, les rayons d'effets sont de 13,6 km au printemps, 5,9 km en été et 19,7 km à l'automne. Avec un scénario plus probable (vitesse de fuite à 4 m/s et démarrage progressif), les rayons sont réduits à 100 m.

Pour les PTS, sans aucune atténuation, les rayons sont de 1,5 km au printemps et à l'automne, et de 1 km en été. Avec un scénario plus réalise et des mesures d'atténuation (vitesse de fuite à 4 m/s et démarrage progressif), ces rayons sont également réduits à 100 m.

9.2 RÉSULTAT TRAVAUX DE VIBROFONÇAGE

Les résultats suivants concernent le vibrofonçage pour les périodes du printemps, de l'été et de l'automne, en fonction des rayons d'effet associés aux seuils de dérangement comportemental, de TTS et de PTS, en plus de présenter l'empreinte acoustique sur le Saint-Laurent de ces travaux. Comme rappel, ce type de travaux produit un bruit de nature continue.

9.2.1 EMPREINTE ACOUSTIQUE ET DÉRANGEMENT – VIBROFONÇAGE

La Figure 9-4 présente la distribution des niveaux propagés SPL_{rms} associés au vibrofonçage, pour un scénario sans mesures d'atténuation, aux mois de mars (à gauche) et de juillet (à droite). Comme pour le battage, la structure du quai provoque un effet de masquage limitant la propagation vers l'ouest, tandis que l'énergie sonore se diffuse principalement vers la Côte-Nord. Les niveaux atteignent entre 125 et 130 dB re 1 µPa dans le secteur compris entre Godbout et Baie-Trinité, soit plus haut que les seuils de dérangement comportemental pour les bruits continus. Les rayons dépassant les 140 dB re 1 µPa sont compris dans un rayon maximum de 10 km de la source. Une variation saisonnière est également observable, avec des niveaux sonores plus élevés au printemps qu'en été.

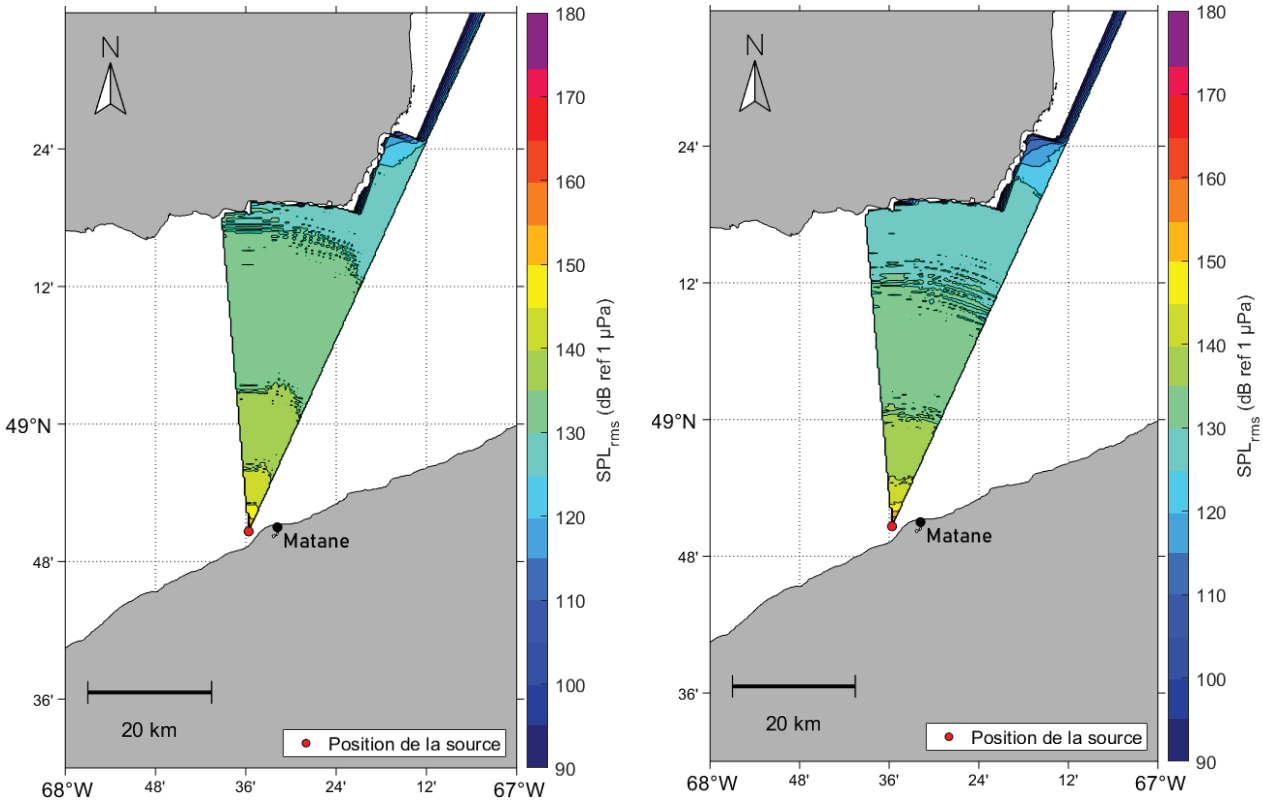


Figure 9-4 Propagation des niveaux sonores (valeurs SPLrms) pour un scénario de vibrofonçage effectué au point A à l'intérieur du quai, sans atténuation, durant le mois de mars (à gauche) et juillet (à droite). La carte met en évidence l'effet de masquage du quai et la Côte-Nord.

Le Tableau 9-4 présente l'empreinte acoustique du projet ainsi que les rayons d'effet pour les seuils de dérangement comportemental pour les travaux de vibrofonçage envisagés pour le printemps, l'été et l'automne.

Tableau 9-4 Résultat pour les rayons d'empreinte acoustique et de dérangements comportementaux liés au vibrofonçage de pieu

Empreinte acoustique et Dérangement comportemental							
Mammifères marins LF – HF – VHF et les Phocidés (PCW)							
	Sans atténuation			**Avec rideau de bulles simple**		**Avec rideau de bulles double**	
Type d'effet	Empreinte acoustique	Dérangement comportemental		Dérangement comportemental		Dérangement comportemental	
Seuil SPL_{rms}	110 dB	120 dB *(bruit continu)*	*160 dB ** (bruit impulsif)*	120 dB *(bruit continu)*	*160 dB ** (bruit impulsif)*	120 dB *(bruit continu)*	*160 dB** (bruit impulsif)*
Mars	L'ensemble de la zone d'étude (Matane jusqu'à la Côte-Nord)	L'ensemble de la zone d'étude (Matane jusqu'à la Côte-Nord)	*1 km*	25,1 km	*≤ 100 m*	10,2 km	*≤ 100 m*
Mai			*1,6 km*	29,7 km		12,3 km	
Juillet			*1 km*	14,1 km		5,0 km	
Septembre			*1 km*	15,5 km		5,8 km	
Novembre			*1,5 km*	33,3 km		14,8 km	

** à titre de comparaison avec le seuil applicable au bruit impulsif

Empreinte acoustique

En ce qui concerne les niveaux de vibrofonçage, l'empreinte acoustique du projet couvre l'ensemble de la zone d'étude de Matane, s'étendant jusqu'à la Côte-Nord, à la hauteur de Godbout et de la Baie-Trinité. Cette empreinte acoustique délimite la zone où des effets potentiels, tels que le masquage des communications des cétacés, peuvent se produire.

Dérangement comportemental

Au niveau des dérangements comportementaux, le seuil de 120 dB re 1 µPa est atteint dans l'ensemble de la zone d'étude de Matane, jusqu'à la Côte-Nord sans mesure d'atténuation. L'utilisation d'un rideau de bulles simple permet de réduire ce rayon d'effet à un maximum de 33 km en automne, 30 km au printemps et 14 km en été. Avec un rideau de bulles double, les rayons sont réduits à moins de 15 km en toutes saisons et atteignent un minimum de 5 km en été. Ces distances de dérangement sont plus étendues que celles associées au battage de pieux, car le seuil de 120 dB appliqué au vibrofonçage (bruit continu) est plus restrictif que celui de 160 dB pour le battage (bruit impulsionnel). En effet, si un seuil de 160 dB était appliqué au vibrofonçage, les rayons de dérangement comportemental sans mesure d'atténuation seraient réduits à 1,6 km au printemps, 1 km en été et 1,5 km en automne, et à moins de 100 m avec l'utilisation d'un rideau de bulles.

Ces résultats indiquent que le vibrofonçage peut générer un rayon de perturbation comportementale étendu, notamment en raison de la nature continue du bruit, susceptible d'affecter les déplacements, les comportements de recherche alimentaire ou de communication des espèces présentes dans la zone pendant la durée des travaux.

9.2.2 TTS ET PTS – VIBROFONÇAGE

Le Tableau 9-5 détaille les rayons d'impact nécessaires pour atteindre les seuils PTS et TTS, en fonction des catégories auditives des mammifères marins et des différentes mesures d'atténuation appliquées pour les travaux de vibrofonçage.

Tableau 9-5 Résultat pour les rayons de PTS et TTS liés au vibrofonçage

Déplacement permanent et temporaire de l'audition (PTS – TTS)								
	Sans atténuation + Animal immobile		**Sans atténuation + Animal fuit à 4 m/s**		**Rideau de bulles simple + Animal immobile**		**Rideau de bulles simple + Animal fuit à 4 m/s**	
Cétacés LF (basse fréquence)								
Seuil	SEL_{24h}: PTS = 199 dB, TTS = 179 dB							
Période	PTS	TTS	PTS	TTS	PTS	TTS	PTS	TTS
Mars	300 m	3,5 km		200 m		300 m		
Mai	500 m	6,3 km		500 m		300 m		
Juillet	300 m	3,5 km	≤ 100 m	200 m	≤ 100 m	200 m	≤ 100 m	≤ 100 m
Septembre	300 m	4,2 km		200 m		200 m		
Novembre	500 m	15,6 km		500 m		300 m		
Cétacés HF (haute fréquence)								
Seuil	SEL_{24h}: PTS = 198 dB, TTS = 178 dB							
Période	PTS	TTS	PTS	TTS	PTS	TTS	PTS	TTS
Mars		≤ 100 m						
Mai		200 m						
Juillet	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m
Septembre		≤ 100 m						
Novembre		200 m						
Cétacés VHF (Très haute fréquence)								
Seuil	SEL_{24h}: PTS = 173 dB, TTS = 153 dB							
Période	PTS	TTS	PTS	TTS	PTS	TTS	PTS	TTS
Mars		900 m						
Mai		1,5 km						
Juillet	≤ 100 m	700 m	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m
Septembre		900 m						
Novembre		2,2 km						
Phocidés PCW								
Seuil	SEL_{24h}: PTS = 201 dB, TTS = 181 dB							
Période	PTS	TTS	PTS	TTS	PTS	TTS	PTS	TTS
Mars		1,1 km						
Mai		1,7 km						
Juillet	≤ 100 m	1,4 km	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m
Septembre		1,8 km						
Novembre		3,6 km						

Cétacés LF – Basse fréquence

Sont notamment concernés les rorquals bleus et communs, les petits rorquals, les rorquals à bosse, les baleines noires de l'Atlantique Nord, le cachalot et les baleines boréales.

Pour les cétacés à basse fréquence, les rayons d'effet pour un déplacement temporaire de l'audition (TTS) atteignent environ 6,3 km au printemps, 3,5 km en été et 15,6 km en automne, en l'absence de mesures d'atténuation et en supposant que l'animal demeure immobile. Dans un scénario plus réaliste, où l'animal s'éloigne à une vitesse de 4 m/s de la zone de travaux, ces rayons sont réduits à moins de 500 mètres pour toutes les saisons, soit à l'intérieur du quai où une surveillance visuelle est possible. Avec l'ajout d'un rideau de bulles et en considérant une vitesse de fuite de 4 m/s, les rayons tombent à moins de 100 mètres.

Pour le déplacement permanent de l'audition (PTS), les rayons sans atténuation et avec un animal immobile sont inférieurs à 500 mètres pour toutes les saisons. En tenant compte d'une fuite à 4 m/s (scénario plus réaliste), ces rayons sont réduits à moins de 100 mètres, même sans l'utilisation d'un rideau de bulles.

Cétacés HF – Haute fréquence

Sont notamment concernés les bélugas, les globicéphales noirs de l'Atlantique, les dauphins à flancs blancs, les dauphins à nez blanc, les baleines à bec communes et les épaulards.

Concernant les cétacés à haute fréquence HF, les rayons d'effet pour un déplacement temporaire de l'audition (TTS) demeurent inférieurs à 200 mètres pour l'ensemble des saisons dans un scénario conservateur, où l'animal est considéré comme immobile. En supposant plutôt que l'animal s'éloigne à une vitesse de 4 m/s, ces rayons sont réduits à moins de 100 mètres, même sans l'utilisation d'un rideau de bulles.

Pour le déplacement permanent de l'audition (PTS), les rayons restent de l'ordre de 100 mètres ou moins pour toutes les saisons, même dans un scénario sans atténuation avec un animal immobile.

Cétacés VHF – Très haute fréquence

Sont concernés ici les marsouins communs

Chez les cétacés à très haute fréquence VHF, les rayons associés au déplacement temporaire de l'audition (TTS) atteignent 1,5 km au printemps, 700 m en été et 2,2 km à l'automne dans un scénario conservateur où l'animal demeure immobile pendant toute la durée des travaux. Dans un scénario plus réaliste, où l'animal s'éloigne à une vitesse de 4 m/s, ces rayons sont réduits à moins de 100 mètres, même sans l'utilisation d'un rideau de bulles.

Les rayons associés au déplacement permanent de l'audition (PTS) demeurent de 100 mètres ou moins, peu importe la saison ou le scénario envisagé.

Phocidés PCW

Sont concernés ici les phoques

Pour les phocidés PCW, les rayons TTS atteignent 1,7 km au printemps, 1,4 km en été et 3,6 km à l'automne sans atténuation et en considérant un animal immobile. Si l'on considère un comportement de fuite à 4 m/s, ces rayons sont ramenés à moins de 100 mètres, et ce, même en l'absence de rideau de bulles.

Les rayons PTS restent également inférieurs ou égaux à 100 mètres en toutes saisons et selon tous les scénarios.

9.3 RÉSULTAT TRAVAUX MARTEAU FOND-DE-TROU - DTH

Les résultats suivants concernent le fonçage de pieu par marteau fond-de-trou pour les périodes du printemps, de l'été et de l'automne, en fonction des rayons d'effet associés aux seuils de dérangement comportemental, de TTS et de PTS, en plus de présenter l'empreinte acoustique sur le Saint-Laurent de ces travaux. Comme rappel, ce type de travaux produit un bruit de nature à la fois continue et impulsive.

9.3.1 EMPREINTE ACOUSTIQUE ET DÉRANGEMENT – DTH

La Figure 9-5 illustre deux exemples de propagation des niveaux sonores (SPL_{rms}) pour un scénario sans mesures d'atténuation, respectivement pour les mois de mars (à gauche) et de juillet (à droite). On y observe un effet de masquage attribuable à la structure du quai, qui limite la propagation vers l'ouest. Les niveaux sonores atteignent entre 120 et 125 dB re 1 µPa entre Godbout et Baie-Trinité, soit les seuils associés au dérangement comportemental pour les bruits continus. Les zones où les niveaux dépassent 140 dB re 1 µPa restent confinées dans un rayon d'environ 3 km autour de la source, tandis que les niveaux supérieurs à 160 dB re 1 µPa (seuil de dérangement pour le bruit impulsif) sont limités à moins de 200 m. On note également une différence saisonnière : le niveau sonore propagé est plus élevé au printemps qu'en l'été.

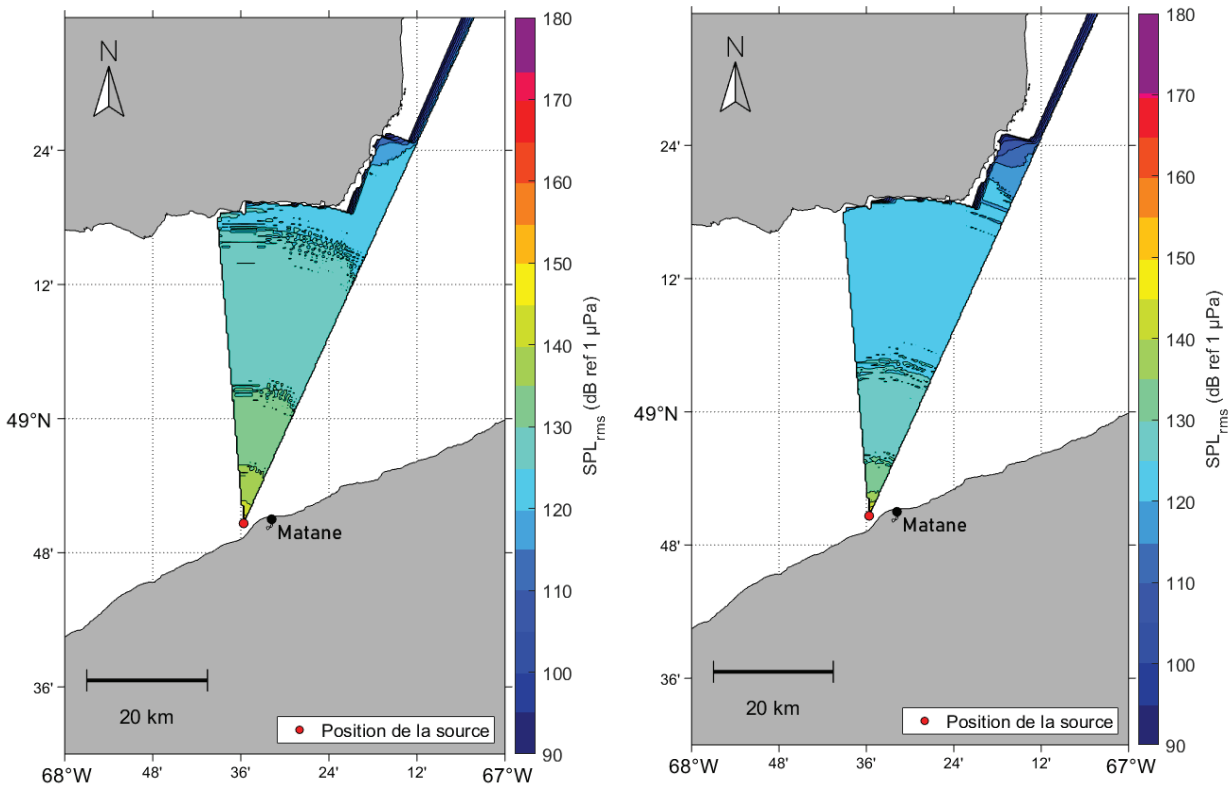


Figure 9-5 Propagation des niveaux sonores (valeurs SPLrms) pour un scénario de fonçage par marteau fond-de-trou effectué au point A à l'intérieur du quai, sans atténuation, durant le mois de mars (à gauche) et juillet (à droite). La carte met en évidence l'effet de masquage du quai et la propagation du son vers la Côte-Nord.

Le Tableau 9-6 présente l'empreinte acoustique du projet ainsi que les rayons d'impact pour les seuils de dérangement comportemental pour les travaux de fonçage par marteau fond-de-trou (DTH).

Tableau 9-6 Résultats pour les rayons d'empreinte acoustique et de dérangements comportementaux liés au fonçage par marteau fond-de-trou de pieu

Empreinte acoustique et Dérangement comportemental							
Mammifères marins LF – HF – VHF et les Phocidés (PCW)							
	Sans atténuation			**Avec rideau de bulles simple**		**Avec rideau de bulles double**	
Type d'effet	Empreinte acoustique	Dérangement comportemental		Dérangement comportemental		Dérangement comportemental	
Seuil SPL_{rms}	110 dB	120 dB *(bruit continu)*	160 dB *(bruit impulsif)*	120 dB *(bruit continu)*	160 dB *(bruit impulsif)*	120 dB *(bruit continu)*	160 dB *(bruit impulsif)*
Mars	L'ensemble de la zone d'étude (Matane jusqu'à la Côte-Nord)	L'ensemble de la zone d'étude (Matane jusqu'à la Côte-Nord)	200 m	9,0 km	≤ 100 m	3,0 km	≤ 100 m
Mai				6,9 km		2,7 km	
Juillet				4,1 km		2,4 km	
Septembre				4,2 km		2,3 km	
Novembre				4,7 km		2,7 km	

Empreinte acoustique

En ce qui concerne les niveaux de bruit générés par le fonçage à l'aide d'un marteau fond-de-trou, l'empreinte acoustique du projet couvre l'ensemble de la zone d'étude de Matane et s'étend jusqu'à la Côte-Nord. Cette étendue représente la zone dans laquelle des effets potentiels, tels que le masquage des communications chez les cétacés, peuvent survenir.

Dérangement comportemental

Au niveau des dérangements comportementaux, le seuil de 120 dB re 1 µPa pour les bruits continus est atteint dans l'ensemble de la zone d'étude de Matane, jusqu'à la Côte-Nord sans mesure d'atténuation. L'utilisation d'un rideau de bulles simple permet de réduire ce rayon à un maximum d'environ 9 km au printemps, 4 km en été et 5 km en automne. Avec un rideau de bulles double, les rayons sont réduits à moins à 3 km pour toutes les saisons. Cependant, si les travaux sont analysés comme une source de bruit impulsif (seuil de 160 dB), les rayons de dérangement comportemental sont réduits à environ 200 m, même en l'absence de rideau de bulles.

9.3.2 TTS ET PTS – DTH

Le Tableau 9-7 détaille les rayons d'impact nécessaires pour atteindre les seuils PTS et TTS, en fonction des catégories auditives des mammifères marins et des différentes mesures d'atténuation appliquées pour les travaux de fonçage par marteau fond-de-trou (DTH). Les seuils de TTS et de PTS basés sur l'énergie cumulée (SEL_{24h}) pour les bruits continus sont appliqués, ceux-ci étant plus conservateurs que les seuils utilisés pour les bruits impulsifs.

Tableau 9-7 Résultats pour les rayons de PTS et TTS liés au fonçage par marteau fond-de-trou

Déplacement permanent et temporaire de l'audition (PTS – TTS)				
	SPL_{peak} (Sans atténuation)		**Sans atténuation + Animal immobile**	
Cétacés LF (basse fréquence)				
Seuil	SPL_{peak}		SEL_{24h}: PTS = 199 dB, TTS = 179 dB	
Période	PTS 219 dB	TTS 213 dB	PTS	TTS
Toutes les périodes	0 m	0 m	≤ 100 m	≤ 100 m
Cétacés HF (haute fréquence)				
Seuil	SPL_{peak}		SEL_{24h}: PTS = 198 dB, TTS = 178 dB	
Période	PTS 230 dB	TTS 224 dB	PTS	TTS
Toutes les périodes	0 m	0 m	≤ 100 m	≤ 100 m
Cétacés VHF (Très haute fréquence)				
Seuil	SPL_{peak}		SEL_{24h}: PTS = 173 dB, TTS = 153 dB	
Période	PTS 202 dB	PTS 196 dB	PTS	TTS
Toutes les périodes	0 m	0 m	≤ 100 m	≤ 100 m
Phocidés PCW				
Seuil	SPL_{peak}		SEL_{24h}: PTS = 201 dB, TTS = 181 dB	
Période	PTS 218 dB	PTS 212 dB	PTS	TTS
Toutes les périodes	0 m	0 m	≤ 100 m	≤ 100 m

Les rayons d'effet acoustique pour les seuils TTS et PTS, pour toutes les catégories de cétacés (LF, HF, VHF, PCW) et pour toutes les saisons, sont de 100 m ou moins, soit à l'intérieur de l'enceinte du port. Par conséquent, les mesures d'atténuation pour ces seuils ne sont pas nécessaires.

9.4 RÉSULTAT TRAVAUX DE DRAGAGE

Étant donné la similitude des niveaux sonores et du spectre sonore, seule l'activité de dragage en transit est présentée (transit du navire qui soutient la pelle), car elle génère des niveaux sonores légèrement plus élevés que le dragage en soi. Cependant, les rayons d'effet étant très proches, les résultats demeurent comparables. Les tableaux détaillant les rayons d'effet du dragage sont présentés à l'Annexe C. Les travaux de dragage envisagés sont prévus pour l'automne et produisent un bruit de nature continue.

Les résultats suivants concernent les rayons d'effet associés aux seuils de dérangement comportemental, aux TTS et PTS, en plus de présenter l'empreinte acoustique sur le Saint-Laurent de ces travaux.

9.4.1 EMPREINTE ACOUSTIQUE ET DÉRANGEMENT – DRAGUE TRANSIT

La Figure 12-1 illustre un exemple de propagation des niveaux sonores (SPL_{rms}) pour un scénario sans mesures d'atténuation, respectivement pour le mois de novembre. Aucun effet de masquage par la structure du quai n'est considéré dans cette simulation. On observe que les niveaux sonores atteignent la Côte-Nord avec des valeurs de l'ordre de 120 dB re 1 µPa. Les niveaux supérieurs à 125 dB re 1 µPa s'étendent dans un rayon d'environ 50 km autour de la zone de travaux, tandis que les niveaux excédant 130 dB re 1 µPa sont confinés à un rayon d'environ 16 km. Enfin, les niveaux supérieurs à 140 dB re 1 µPa sont limités à un rayon d'environ 6 km de la zone des travaux.

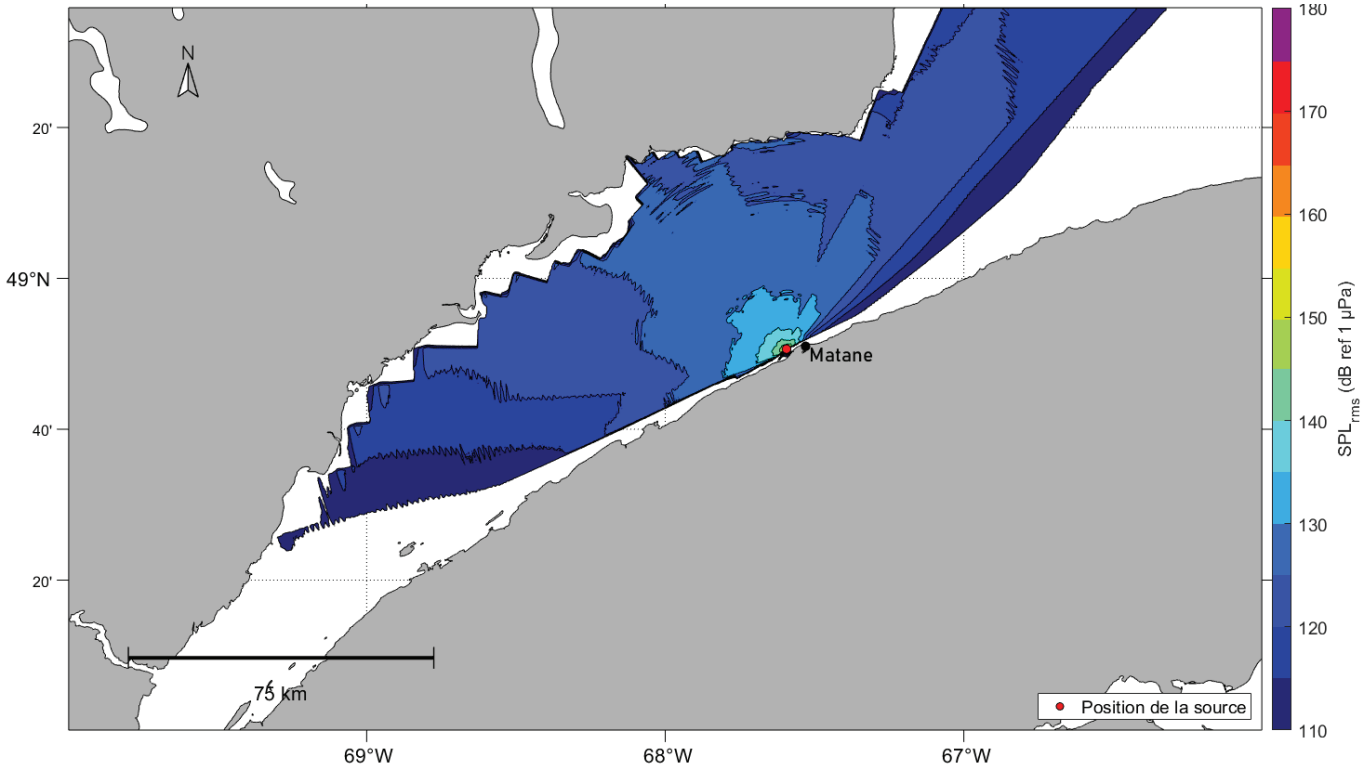


Figure 9-6 Propagation des niveaux sonores (valeurs SPLrms) pour un scénario de dragage (drague en transit), sans masquage par le quai durant le mois de novembre.

Le Tableau 9-8 présente l'empreinte acoustique du projet ainsi que les rayons d'impact pour les seuils de dérangement comportemental pour le bruit généré par le navire de dragage en transit.

Aucun moyen d'atténuation de type rideaux de bulles n'est appliqué pour ce genre de travaux et le masquage du quai n'est pas pris en compte, car il est possible que la drague dépasse légèrement l'enceinte du quai, ce qui constitue le scénario le plus défavorable.

Tableau 9-8 Résultat pour les rayons de dérangements comportementaux liés au dragage transit.

Empreinte acoustique et Dérangement comportemental			
Mammifères marins LF – HF – VHF et les Phocidés (PCW)			
	Sans atténuation		
Type d'effet	Empreinte acoustique	Dérangement comportemental	
Seuil SPL_{rms}	110 dB	120 dB *(bruit continu)*	*160 dB ** (bruit impulsif)*
Septembre	L'ensemble de la zone d'étude (Matane jusqu'à la Côte-Nord)	L'ensemble de la zone d'étude (Matane jusqu'à la Côte-Nord	*200 m*
Novembre			*300 m*

*** à titre de comparaison avec le seuil applicable au bruit impulsif*

Empreinte acoustique et dérangement comportemental

En ce qui concerne les niveaux de dragage, l'empreinte acoustique et le dérangement comportemental du projet couvrent l'ensemble de la zone d'étude de Matane, s'étendant jusqu'à la Côte-Nord. Cette empreinte acoustique délimite la zone où des effets potentiels, tels que le masquage des communications des cétacés, peuvent se produire. À titre comparatif, si un seuil de 160 dB était appliqué pour ces travaux, les rayons de dérangement comportemental sans atténuation seraient réduits à moins de 300 m.

9.4.2 TTS ET PTS – DRAGUE TRANSIT

Le Tableau 9-9 détaille les rayons d'impact nécessaires pour atteindre les seuils PTS et TTS, en fonction des catégories auditives des mammifères marins et des différentes mesures d'atténuation appliquées pour le transit de la drague.

Tableau 9-9 Résultat pour les rayons de PTS et TTS liés au dragage transit

Déplacement permanent et temporaire de l'audition (PTS – TTS)						
	Sans atténuation + Animal immobile		Sans atténuation + Animal fuit à 1 m/s		Sans atténuation + Animal fuit à 4 m/s	
Cétacés LF (basse fréquence)						
Seuil	SEL_{24h}: PTS = 193 dB, TTS = 179 dB					
Période	PTS	TTS	PTS	TTS	PTS	TTS
Septembre	≤ 100 m	2,5 km	≤ 100 m	1,6 km	≤ 100 m	1,6 km
Novembre		3,7 km		1,6 km		1,6 km
Cétacés HF (haute fréquence)						
Seuil	SEL_{24h}: PTS = 198 dB, TTS = 178 dB					
Période	PTS	TTS	PTS	TTS	PTS	TTS
Septembre	≤ 100 m	200 m	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m
Novembre		≤ 100 m				
Cétacés VHF (Très haute fréquence)						
Seuil	SEL_{24h}: PTS = 173 dB, TTS = 153 dB					
Période	PTS	TTS	PTS	TTS	PTS	TTS
Septembre	200 m	1,6 km	≤ 100 m	1,6 km	≤ 100 m	1,6 km
Novembre	200 m	2,6 km		1,6 km		1,6 km
Phocidés PCW						
Seuil	SEL_{24h}: PTS = 201 dB, TTS = 181 dB					
Période	PTS	TTS	PTS	TTS	PTS	TTS
Septembre	≤ 100 m	800 m	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m
Novembre		1 km				

Cétacés LF - Basse fréquence

Sont notamment concernés les rorquals bleus et communs, les petits rorquals, les rorquals à bosse, les baleines noires de l'Atlantique Nord, le cachalot et les baleines boréales.

Pour les cétacés à basse fréquence (LF), à l'automne, les rayons d'effet pour le seuil de TTS atteignent un maximum de 3,7 km, en supposant un scénario conservateur où l'animal demeure immobile pendant les trois heures de dragage. Si l'on considère plutôt une fuite à 4 m/s, ces rayons sont réduits à 1,6 km, soit une distance compatible avec une surveillance acoustique lorsque les opérations se déroulent à l'intérieur du port. Les rayons PTS restent inférieurs à 100 mètres selon tous les scénarios.

Cétacés HF – Haute-fréquence

Sont notamment concernés les bélugas, les globicéphales noirs de l'Atlantique, les dauphins à flancs blancs, les dauphins à nez blanc, les baleines à bec communes et les épaulards.

Pour les cétacés haute-fréquence (HF), les rayons TTS sont inférieurs à 200 m pour un animal immobile, et tombent à moins de 100 m si l'animal s'éloigne à 4 m/s. Les rayons PTS restent inférieurs à 100 mètres selon tous les scénarios.

Cétacés VHF – Très haute-fréquence

Sont concernés ici les marsouins communs

Pour les cétacés à très haute fréquence (VHF), les rayons TTS atteignent jusqu'à 2,6 km en supposant un animal immobile, et sont réduits à environ 1,6 km avec une fuite à 4 m/s à l'automne, soit une distance compatible avec une surveillance acoustique lorsque les opérations se déroulent à l'intérieur du port. Les rayons PTS restent inférieurs à 200 mètres pour un scénario où l'animal est immobile, mais descend à moins de 100 m dès que l'animal s'éloigne de la zone.

Phocidés (PCW)

Sont concernés ici les phoques

Pour les phocidés, les rayons TTS atteignent environ 1 km dans un scénario conservateur où l'animal reste immobile pendant toute la durée du dragage. En considérant une fuite à 4 m/s, ces rayons diminuent à moins de 100 m. Les rayons PTS restent inférieurs à 100 mètres selon tous les scénarios.

9.5 CONCLUSION RÉSULTATS - PHASE TRAVAUX

L'étude des effets acoustiques des travaux de battage de pieux, vibrofonçage, fonçage marteau fond-de-trou (DTH) et dragage dans le fleuve Saint-Laurent au port de Matane montre des résultats variés sur les mammifères marins, incluant les cétacés à basse fréquence (LF), à haute fréquence (HF), à très haute fréquence (VHF) et les phocidés (PCW). Les travaux peuvent affecter diverses espèces de cétacés (rorquals, marsouins, baleines à bosse) et phocidés présents dans le Saint-Laurent. Ces rayons d'effets sont calculés pour des périodes de travaux allant à 3h par jour.

Étant donné la fréquentation régulière de la zone par certaines espèces sensibles, notamment le béluga (groupe auditif HF) et le rorqual bleu (groupe auditif LF), comme le confirment les données de surveillance acoustique de 2023 et 2024 (section 6), les émissions sonores des travaux constituent un enjeu à considérer. Ces effets sont particulièrement marqués lors des travaux de battage sur les cétacés LF, comme le rorqual bleu, qui sont plus sensibles aux basses fréquences.

À noter que les rayons d'effet sont issus d'une méthode conservative. Pour chaque distance à partir de la source sonore, le modèle conserve la valeur la plus élevée de niveau sonore observée sur toute la hauteur de l'eau. Cette méthode suppose que les mammifères marins sont susceptibles de se trouver à la profondeur où le bruit est le plus intense, même si, en réalité, leur répartition dans la colonne d'eau varie selon leur comportement de plongée. Ainsi, les distances présentées peuvent représenter un scénario plus conservateur.

9.5.1 BATTAGE

Parmi toutes les méthodes de travail analysées, le battage de pieux est celui qui génère les effets acoustiques les plus importants sur l'ensemble des groupes de mammifères marins, en raison notamment du niveau élevé des émissions sonores concentrées dans les basses fréquences, particulièrement audibles pour les cétacés à basse fréquence (LF).

Dérangement comportemental (DC) :

- Rayon d'effet maximal : jusqu'à **12 km** sans atténuation.
- Réduction significative avec :
  - **Rideau de bulles simple** : rayon ramené à environ **1,5 km** (compatible avec la surveillance visuelle).
  - **Rideau de bulles double** : rayon réduit à environ **900 m**.

Déplacement temporaire de l'audition (TTS) :

- Démarrage progressif et fuite de l'animal à 4 m/s :
  - LF : jusqu'à **62 km**
  - HF – VHF - PCW : ≤ **100 m**.
- Avec **rideau de bulles simple** : rayon contenu à l'intérieur du quai (≤ **100 m**) pour toutes les espèces (LF – HF – VHF – PCW).

Déplacement permanent de l'audition (PTS) :

- LF – HF – VHF – PCW : **limité à l'intérieur du quai** (≤ **100 m**) dans les scénarios avec fuite et démarrage progressif, même sans rideau de bulles.

En somme, bien que le battage de pieux constitue un enjeu acoustique, avec l'application de mesures d'atténuation telles que le démarrage progressif et l'installation de rideaux de bulles, et en supposant que les animaux s'éloignent du site des travaux, les effets auditifs (PTS et TTS) sont limités à des rayons de moins de 100 m et entre 1,5 km et 900 m pour les effets de dérangements comportementaux, et ce, pour toutes les espèces.

En l'absence de rideau de bulles, le battage génère des effets auditifs significatifs, en particulier pour les cétacés LF, avec des rayons de TTS pouvant atteindre plusieurs dizaines de kilomètres. Ces distances justifient l'application obligatoire de mesures d'atténuation, notamment au vu du nombre de détections acoustiques de rorquals bleus enregistrées dans un rayon de 40 km lors des analyses des mesures du bruit ambiant. Néanmoins, les effets restent contenus à moins de 100 m pour les autres espèces (HF, VHF et PCW), en supposant que les animaux s'éloignent du site des travaux.

9.5.2 VIBROFONÇAGE

Le vibrofonçage est une méthode générant des niveaux sonores moins élevés que le battage de pieu, mais présente des rayons d'effet comportemental plus étendus, en raison du seuil d'effet plus bas (120 dB) applicable au bruit continu, comparé au seuil de 160 dB pour le bruit impulsif.

Dérangement comportemental (DC) :

  - Sans atténuation : l'ensemble de la zone d'étude, allant jusqu'à la Côte-Nord
- Réduction avec rideaux de bulles :
  - **Rideau de bulles simple** : rayon réduit à environ **33 km** (≤ 100 m si seuil de 160 dB)
  - **Rideau de bulles double** : rayon réduit à environ **15 km**
- Ces distances, bien que réduites avec des rideaux de bulles, restent grandes, ce qui souligne l'importance de mesures complémentaires d'atténuation.
- Possibilité que les mammifères marins quittent temporairement la zone pendant les travaux.

Déplacement temporaire de l'audition (TTS) :

- Rayons **inférieurs à 500 m** pour **tous les groupes** (LF – HF – VHF – PCW), pour un scénario réaliste (animal s'éloigne de la zone des travaux à 4 m/s) même sans rideau de bulles, soit à l'intérieur de l'enceinte du port.

Déplacement permanent de l'audition (PTS) :

- Rayons **inférieurs à 100 m**, dans toutes les saisons, pour des scénarios réalistes avec un animal s'éloignant de la zone des travaux à 4 m/s et moins de 500 m dans le cas conservateur d'un animal immobile.

En somme, bien que le vibrofonçage présente un dérangement comportemental étendu, ses effets auditifs TTS et PTS sont fortement limités, si les animaux s'éloignent de la zone de travaux, avec des rayons inférieurs ou égaux à 500 m, et ce même en l'absence de rideau de bulles. Cependant, un rideau de bulles simple et double (préférable) diminue significativement les rayons d'effets de dérangement comportemental.

9.5.3 FONÇAGE FOND-DE-TROU (DTH)

Le fonçage à l'aide d'un marteau fond-de-trou (DTH) génère des effets acoustiques concentrés sur le plan comportemental. Les principaux constats sont les suivants :

Dérangement comportemental (DC) :

- Sans atténuation, les rayons couvrent toute la zone d'étude, jusqu'à la Côte-Nord (200 m si seuil de 160 dB).
- Réduction des distances avec rideaux de bulles :
    - **Rideau de bulles simple** :
        - **9 km** au printemps, **4 km** été et **5 km** en automne
    - **Rideau de bulles double** :
        - **Moins de 3 km** en toutes saisons

Déplacement temporaire et permanent de l'audition (TTS - PTS) :

- TTS et PTS **: inférieurs ou égaux à 100 m** pour **toutes les espèces** (LF – HF – VHF – PCW) et en toutes saisons.
- Entièrement contenus à l'intérieur du port, même sans atténuation.

En somme, le DTH représente une alternative pertinente au battage, notamment dans les contextes où la protection contre les effets auditifs (TTS et PTS) est prioritaire. Ce type de méthode de fonçage de pieux limite efficacement les effets auditifs PTS et TTS à moins de 100 m du site de travaux pour toutes les espèces, même en l'absence de mesures d'atténuation. Toutefois, cette méthode entraîne une empreinte de dérangement comportementale, qui peut néanmoins être restreinte par l'ajout d'un rideau de bulles simple ou double (préférable).

9.5.4 DRAGAGE

Le dragage, en particulier lors du transit du navire de drague, génère des effets acoustiques liés au bruit continu, avec une empreinte sur le plan comportemental. L'effet potentiel de masquage par la structure du quai ni l'ajout de rideau de bulles n'est pas intégré aux simulations, puisque la drague peut opérer à l'extérieur du quai.

Dérangement comportemental (DC)

- Effets sur des rayons couvrant toute la zone d'étude, jusqu'à la Côte-Nord

Déplacement temporaire de l'audition (TTS) :

- Scénario où l'animal s'éloigne de la zone des travaux à 4 m/s :
    - **LF et VHF** : jusqu'à **1,6 km**.
    - **HF et PCW** : **< 100 m**.

Déplacement permanent de l'audition (PTS) :

- **< 100 m** pour tous les groupes et toutes les saisons, dans les scénarios avec comportement de fuite à 4 m/s.

En somme, pour les travaux de dragage, les rayons associés aux effets auditifs permanents (PTS) demeurent inférieurs à 100 m pour toutes les espèces. En revanche, les rayons associés aux TTS atteignent 1,6 km pour les groupes LF et VHF et sont inférieurs à 100 m pour les groupes HF et PCW, si on considère que l'animal s'éloigne de la zone. Les activités de dragage présentent un dérangement comportemental sur l'ensemble de la zone d'étude avec un bruit perceptible jusqu'à la Côte-Nord. Cependant, les résultats présentés se basent sur un scénario conservateur, dans lequel la drague opère à la sortie du quai sans prise en compte de l'effet de masquage du quai.

Dans les faits, une partie significative des opérations se déroulera probablement à l'intérieur du port, ce qui :

- **Réduirait considérablement les rayons d'effet**.
- Les rendrait **compatibles avec la surveillance visuelle**.

Concernant les dérangements comportementaux, différentes amplitudes de réponse sont associées à divers seuils d'exposition : un seuil de dérangement léger est ici fixé à 120 dB, tandis qu'un dérangement fort correspond à un seuil de 160 dB. Cet écart de 40 dB se traduit par des rayons d'effet très variables. Par exemple, pour le seuil de 120 dB, la zone de dérangement associé au projet pourrait s'étendre jusqu'à la Côte-Nord. En revanche, pour un seuil de 160 dB, les distances d'effets du projet sont beaucoup plus restreintes, soit moins de 1,5 km avec l'application de rideau de bulles. Ainsi, l'évaluation de la portée réelle de ces dérangements repose sur l'analyse d'écologues, afin de déterminer s'ils représentent un enjeu écologique significatif.

En résumé, les travaux à forte empreinte sonore comme le battage présentent les plus grands risques acoustiques, notamment sur les cétacés LF. Toutefois, ces effets peuvent être largement atténués par l'application obligatoire de mesures d'atténuation, telles que l'installation de rideaux de bulles et l'application d'un démarrage progressif. Les méthodes de vibrofonçage et de fonçage par marteau fond-de-trou (DTH), bien que moins problématiques en matière d'effets auditifs (PTS et TTS), nécessitent également des mesures adaptées pour limiter le dérangement comportemental, notamment l'usage de rideaux de bulles. Enfin, lorsque le dragage est réalisé à l'intérieur du port et accompagné de mesures d'atténuation telles que la surveillance acoustique et visuelle, et, si possible, l'installation d'un rideau de bulles, ses effets peuvent demeurer circonscrits à l'intérieur du quai ou être limités. À proximité de la sortie du quai, il peut toutefois entraîner des effets de type TTS chez les cétacés LF et VHF. Le bruit continu généré par ces travaux est également susceptible de provoquer un dérangement comportemental.

Le Tableau 9-10 résume les résultats clés des rayons d'effets acoustiques selon les dérangements comportementaux (DC), les TTS et PTS pour l'ensemble des travaux.

Tableau 9-10 Résultats clés des rayons d'effets acoustiques selon les dérangements comportementaux, les TTS et PTS pour l'ensemble des travaux.

Type de travaux		Battage			Vibrofonçage			Fonçage marteau fond-de-trou (DTH)		Dragage (Transit)	
Scénarios présentés		**Sans atténuation + Animal immobile** *(Scénario conservateur)*	**Démarrage progressif + Animal fuit à 4 m/s**	**Rideau de bulles + Démarrage progressif + Animal fuit à 4 m/s**	**Sans atténuation + Animal immobile** *(Scénario conservateur)*	**Sans atténuation + Animal fuit à 4 m/s**	**Rideau de bulles simple + Animal fuit à 4 m/s**	**Sans atténuation + Animal immobile** *(Scénario conservateur)*	**Rideau de bulles + Animal immobile**	**Sans atténuation + Animal immobile** *(Scénario conservateur)*	**Sans atténuation + Animal fuit à 4 m/s**
Dérangement comportemental	Toutes les espèces	**12 km** (printemps) **4,4 km** (été) **8,5 km** (automne)		***Si rideau simple*** **1,5 km** (printemps) **1,2 km** (été) **1,4 km** (automne) ***Si rideau double*** **900 m** (printemps) **800 m** (été) **800 m** (automne)	L'ensemble de la zone d'étude (Matane jusqu'à la Côte-Nord) ***2 km*** *(si seuil de 160 dB)* **		***Si rideau simple*** **30 km** (printemps) **14 km** (été) **33 km** (automne) **≤ 100 m** *(si seuil de 160 dB)* ** ***Si rideau double*** **12 km** (printemps) **5 km** (été) **15 km** (automne)	L'ensemble de la zone d'étude (Matane jusqu'à la Côte-Nord) **200 m** (si seuil de 160 dB)	***Si rideau simple*** **9 km** (printemps) **4,1 km** (été) **4,7 km** (automne) **≤ 100 m** (si seuil de 160 dB) ***Si rideau double*** **3 km** (printemps) **2,4 km** (été) **2,7 km** (automne)	L'ensemble de la zone d'étude (Matane jusqu'à la Côte-Nord) ***300 m*** *(si seuil de 160 dB)* **	
TTS	Cétacés basse fréquence **(LF)**	L'ensemble de la zone d'étude (Matane jusqu'à la Côte-Nord)	**62 km** (printemps) **47 km** (été) **51 km** (automne)	**≤ 100 m**	**6,3 km** (printemps) **3,5 km** (été) **15,6 km** (automne)	**500 m** (printemps) **200 m** (été) **500 m** (automne)	**≤ 100 m**	**≤ 100 m**	**≤ 100 m**	**3,7 km** (automne)	**1,6 km** (automne)
	Cétacés haute fréquence **(HF)**	**700 m** (printemps) **200 m** (été) **800 m** (automne)	**≤ 100 m**		**200 m** (printemps) **≤ 100 m** (été) **200 m** (automne)	**≤ 100 m**				**200 m** (automne)	**≤ 100 m** (automne)
	Cétacés très haute fréquence **(VHF)**	**4,8 km** (printemps) **2,8 km** (été) **15,4 km** (automne)	**≤ 100 m**		**1,5 km** (printemps) **700 m** (été) **2,2 km** (automne)	**≤ 100 m**				**2,6 km** (automne)	**1,6 km** (automne)
	Phocidés **(PCW)**	**13,6 km** (printemps) **5,9 km** (été) **19,7 km** (automne)	**≤ 100 m**		**1,7 km** (printemps) **1,4 km** (été) **3,6 km** (automne)	**≤ 100 m**				**1 km** (automne)	**≤ 100 m** (automne)
PTS	Cétacés basse fréquence **(LF)**	**18,3 km** (printemps) **6,3 km** (été) **8,9 km** (automne)	**≤ 100 m**	**≤ 100 m**	**500 m** (printemps) **300 m** (été) **500 m** (automne)	**≤ 100 m**	**≤ 100 m**	**≤ 100 m**	**≤ 100 m**	**≤ 100 m** (automne)	**≤ 100 m** (automne)
	Cétacés haute fréquence **(HF)**	**≤ 100 m**			**≤ 100 m**						
	Cétacés très haute fréquence **(VHF)**	**1,2 km** (printemps) **500 m** (été) **1,7 km** (automne)			**≤ 100 m**						
	Phocidés **(PCW)**	**1,5 km** (printemps) **1 km** (été) **1,5 km** (automne)			**≤ 100 m**						

*** à titre de comparaison avec le seuil applicable au bruit impulsif*

10 RECOMMANDATION - PHASE TRAVAUX

Pour minimiser les effets acoustiques des travaux en tenant compte de la présence saisonnière des cétacés dans le secteur de Matane, plusieurs stratégies peuvent être mises en place.

Certaines recommandations correspondent aux mesures qui ont été demandées par le ministère des Pêches et des Océans dans le cadre du projet de réfection du quai de l'Anse aux Basques, dans l'estuaire du Saint-Laurent (MPO Référence : 20-HQUE-00195, 2022).

10.1 PLANIFICATION DES TRAVAUX

La planification des travaux portuaires vise à réduire leur impact acoustique sur les mammifères marins. Compte tenu de la présence saisonnière variable des espèces et des fluctuations de la propagation sonore sous-marine selon les périodes de l'année, il est conseillé de privilégier les moments où la propagation acoustique est naturellement atténuée et la présence des espèces sensibles est moindre.

Ainsi, il est recommandé :

- D'éviter les périodes où la fréquentation des espèces sensibles est maximale particulièrement pour les travaux à forte empreinte sonore.
- De privilégier les périodes où la propagation du son est naturellement réduite afin de limiter les distances d'effet.

10.2 MESURES D'ATTENUATION

Rideaux de bulles : Utiliser un rideau de bulles simple ou double (préférable) afin de réduire les effets acoustiques des seuils TTS et PTS pour les travaux de battage et dragage si possible et pour réduire les dérangements comportementaux pour tous les types de travaux.

D'autres mesures d'atténuation peuvent être mises en place en complément au rideau de bulles, bien que leur effet n'ait pas été simulé dans cette étude :

Cofferdams : Le système de *Cofferdam Noise Mitigation System* (NMS) est constitué d'un tube en acier à paroi simple dans lequel le pieu est inséré. L'eau présente entre le tube et le pieu est ensuite évacuée à l'aide de pompes. Ce dispositif permet, en théorie, d'installer le pieu « à l'air libre » plutôt que directement dans l'eau. Dans ces conditions, le son émis par le pieu se propage d'abord dans l'air avant de traverser la paroi en acier. Grâce aux différences d'impédance entre l'air, l'acier et l'eau, le bruit généré par le battage est atténué par la réflexion des ondes sonores. Ce type de système peut réduire le niveau sonore du pieu d'au moins 10 dB (Bellmann, 2014). Toutefois, plusieurs facteurs peuvent limiter l'utilisation de cette technologie, tels que la profondeur d'eau, le type de sol, les courants et le coût de mise en œuvre.

Hydro Sound Damper (HSD) : les éléments HSD peuvent être composés de mousse en plastique ou de ballons remplis de gaz. Ils fonctionnent comme résonateurs locaux et peuvent être réglés sur différentes fréquences et profondeurs d'eau. En principe, ces éléments agissent comme des bulles d'air dans l'eau, mais avec l'avantage de ne pas être emportés par les courants et de pouvoir être ajustés en taille, ce qui permet d'adapter leur fréquence de résonance pour une meilleure atténuation du bruit. Pour ce type de système, on peut s'attendre à une diminution de l'ordre de 10 dB (Bellmann, 2014).

Bien que le HSD offre une atténuation efficace, son impact est principalement limité aux basses fréquences (< 250 Hz), réduisant ainsi son importance biologique pour des espèces comme le marsouin commun. Par conséquent, pour une réduction optimale du bruit sur un large spectre, il doit être utilisé en complément d'un rideau à bulles (Bellmann et al., 2020).

10.3 LIMITATION DE L'INTENSITÉ ET LA DURÉE DES ÉMISSIONS

Démarrage progressif des travaux

- Appliquer un démarrage progressif systématique pour les travaux de battage, de vibrofonçage et DTH, afin de prévenir l'exposition soudaine des mammifères marins au bruit et de leur laisser le temps de s'éloigner, réduisant ainsi les risques d'impact direct.

Ajustement de la puissance des équipements

- Utiliser le niveau de puissance minimal des engins permettant d'atteindre les objectifs d'enfoncement des pieux et des palplanches.

Réduction de la durée des travaux

- Limiter la durée journalière des travaux bruyants : réduire la durée quotidienne des travaux bruyants (ex. limiter le battage à 3 h par jour) permet de limiter les rayons d'impact
- Réaliser les travaux entre 6h00 et 22h00 afin d'assurer une période de quiétude nocturne, sans perturbation additionnelle dans le milieu aquatique.

Priorisation des méthodes de travail

- Si possible, favoriser le fonçage des pieux par la méthode de marteau fond-de-trou (DTH) plutôt que le battage pour limiter les effets du déplacement temporaire et permanent de l'audition (TTS - PTS).

10.4 SURVEILLANCE VISUELLE ET ACOUSTIQUE

La surveillance visuelle des espèces ciblées dans la zone des travaux est assurée par des observateurs de mammifères marins (OMM) certifiés. Leur rôle consiste à détecter la présence de ces animaux durant les travaux, à documenter leurs observations et à informer l'entrepreneur des mesures d'atténuation à appliquer en cas de détection.

La surveillance acoustique ou surveillance par acoustique passive (SAP), repose sur l'utilisation d'hydrophones placés sous l'eau pour détecter la présence de mammifères marins et mesurer les niveaux de bruit émis à l'aide d'enregistrements sonores. Cette surveillance est effectuée par un opérateur SAP certifié. Certaines entreprises proposent des algorithmes avancés, basés sur l'intelligence artificielle, qui permette d'identifier automatiquement les signaux émis par les espèces ciblées et d'alerter en temps réel les équipes responsables. Cette approche permet une détection continue, y compris de nuit ou par mauvaise visibilité.

- Mettre en place une surveillance visuelle par des Observateurs de mammifères marins certifiés (OMM) à l'entrée du port. Le nombre de personnes et leur position sur le chantier doivent être déterminés de façon à assurer la surveillance de l'ensemble de la zone de protection. Les personnes attitrées à la surveillance doivent, en tout temps, être entièrement dédiées à cette tâche.
- Mettre en œuvre une surveillance acoustique passive (SAP) pour détecter la présence des cétacés et documenter le bruit généré par les travaux en tout temps (jour et nuit) - l'hydrophone devra être installé à un endroit adéquat pour pouvoir couvrir la zone de protection sans qu'il y ait d'interférences avec le bruit émis par les travaux bruyants afin de pouvoir capter les vocalises émises par les cétacés.
    - Définir une zone d'exclusion de 800 m autour de la source d'émission du bruit, à l'intérieur de laquelle aucun cétacé ne doit se trouver, en tout temps, durant les travaux.
    - Réaliser une période d'observation (*pre-watch*) de 30 minutes avant les travaux pour s'assurer de l'absence de mammifères marins dans la zone d'exclusion.
    - Interrompre les travaux en cas de détection dans la zone d'exclusion, et les reprendre 30 minutes après la dernière détection.
    - Noter chaque détection de cétacés en identifiant, dans la mesure du possible, l'espèce, le nombre d'individus, leur comportement ainsi que la distance de détection.

11 ÉTUDE DES EFFETS - PHASE EXPLOITATION

11.1 INTRODUCTION

Dans le cadre du projet de réfection et de réaménagement des installations portuaires de Matane, une modification du trafic maritime est anticipée à l'issue des travaux. Ces travaux pourraient entraîner une hausse du nombre de navires transitant au port de Matane engendrant une élévation du niveau de bruit ambiant sous-marin, susceptible d'affecter les espèces de cétacés présentes dans la zone, notamment les bélugas (HF) et les rorquals bleus (LF), ainsi que d'autres groupes ciblés tels que les cétacés à très haute fréquence (VHF) et les phocidés (PCW).

La présente section vise à modéliser et à évaluer les effets acoustiques potentiels associés à cette augmentation de trafic maritime dans la phase d'exploitation. L'analyse repose sur des scénarios représentatifs concernant les caractéristiques des navires, leur fréquence de passage et les routes empruntées obtenus sur une base de données AIS (Système d'identification automatique de bord). Elle s'appuie également sur les concepts acoustiques et les seuils de sensibilité définis dans les sections précédentes, notamment relatifs au dérangement comportemental et aux atteintes auditives temporaires ou permanentes (TTS/PTS).

Il est important de rappeler qu'un doublement du trafic maritime ne signifie pas que le niveau sonore sera deux fois plus élevé exprimé en dB. L'effet acoustique d'un trafic accru dépend de nombreux facteurs : types de navires, fréquences de passage, vitesses, etc. Il est donc nécessaire de modéliser précisément l'évolution du trafic pour en évaluer les impacts réels sur le bruit sous-marin et la faune.

Cette section présente d'abord la méthodologie utilisée pour simuler le bruit généré par le trafic maritime. Les effets acoustiques sont évalués à partir des rayons de dérangement comportemental ainsi que des seuils de perturbation auditive (TTS et PTS) appliqués à l'ensemble de la zone d'étude.

L'analyse compare le bruit ambiant actuel à celui généré par deux scénarios d'augmentation du trafic maritime :

- Un scénario réaliste, correspondant à un doublement du trafic le long des voies Matane–Baie-Comeau et Matane–Godbout ;
- Un scénario théorique, peu probable, simulant une multiplication par dix du trafic sur ces mêmes voies.

11.2 MÉTHODOLOGIE DE SIMULATION DU BRUIT GÉNÉRÉ PAR LE TRAFIC MARITIME

L'étude de l'effet de la phase d'exploitation du projet sur le bruit sous-marin suit la méthodologie suivante :

- Définition des principales voies de navigation autour de Matane ;
- Répartition des navires sur ces voies selon une distribution réaliste, fondée sur les données AIS ;
- Élaboration de scénarios précisant :
  - Le nombre et le type de navires à faire circuler ;
  - Les horaires d'apparition des navires sur les voies ;
  - La distribution temporelle des passages au sein de cette plage horaire ;
- Modélisation de la propagation acoustique sous-marine le long des trajets simulés ;
- Génération des niveaux SPL_{rms} et SEL cumulés en fonction du trafic et du temps ;
- Analyse des effets acoustiques selon les seuils de dérangement comportemental et d'effets auditifs TTS et PTS.

Au total, 124 points de modélisation répartis dans le Saint-Laurent permettent de couvrir l'ensemble des voies de navigation, menant à la réalisation de 53 568 simulations acoustiques.

11.2.1 CARACTÉRISATION DU TRAFIC MARITIME ACTUEL ET PROJETÉ

Afin de modéliser le trafic maritime post-travaux dans le secteur de Matane, des données AIS réelles enregistrées entre 2021 et 2022 dans les voies maritimes du Saint-Laurent (données internes de Sensea) ont été analysées afin d'estimer le trafic maritime actuel. Ces données permettent de quantifier le nombre moyen de navires circulant quotidiennement dans les différentes voies de navigation, d'évaluer leur présence horaire, et de caractériser chaque navire selon sa longueur et sa vitesse. Ces deux derniers paramètres sont essentiels, car ils influencent directement le niveau sonore généré par les navires.

Sur la base de ces données de référence, des scénarios de trafic actuel et projeté sont établis afin d'évaluer les effets acoustiques potentiels liés à l'augmentation du trafic maritime.

11.2.1.1 DÉFINITION DES VOIES DE NAVIGATION

Afin de représenter de manière synthétique les navires circulant dans le fleuve Saint-Laurent, cinq voies principales de navigation sont définies, à partir des densités de trafic réel comme illustré à la Figure 11-1. Le trafic maritime est ensuite modélisé en faisant naviguer des navires le long de ces voies, dont leur forme synthétisée est représentée par les lignes noires sur la Figure 11-1. Ces voies sont définies à partir de leurs extrémités (latitude/longitude) décrites dans le Tableau 11-1.

Tableau 11-1 Coordonnées des voies de navigation

Voie	Description	Coordonnées (latitude, longitude)
Nord	Voie principale du Saint-Laurent (remontée du fleuve)	49.3207, -66.6966 48.7329, -68.5135
Sud	Voie principale du Saint-Laurent (descente du fleuve)	49.3207, -66.6966 48.7329, -68.5135
Baie-Comeau	Voie de traversier entre Baie-Comeau et Matane	48.8603, -67.5591 49.2310, -68.1180
Godbout	Voie de traversier entre Godbout et Matane	48.8603, -67.5591 49.3090, -67.5769
Côtière	Voie côtière, proche de la rive sud du fleuve	49.2428, -66.2732 48.4650, -68.6435

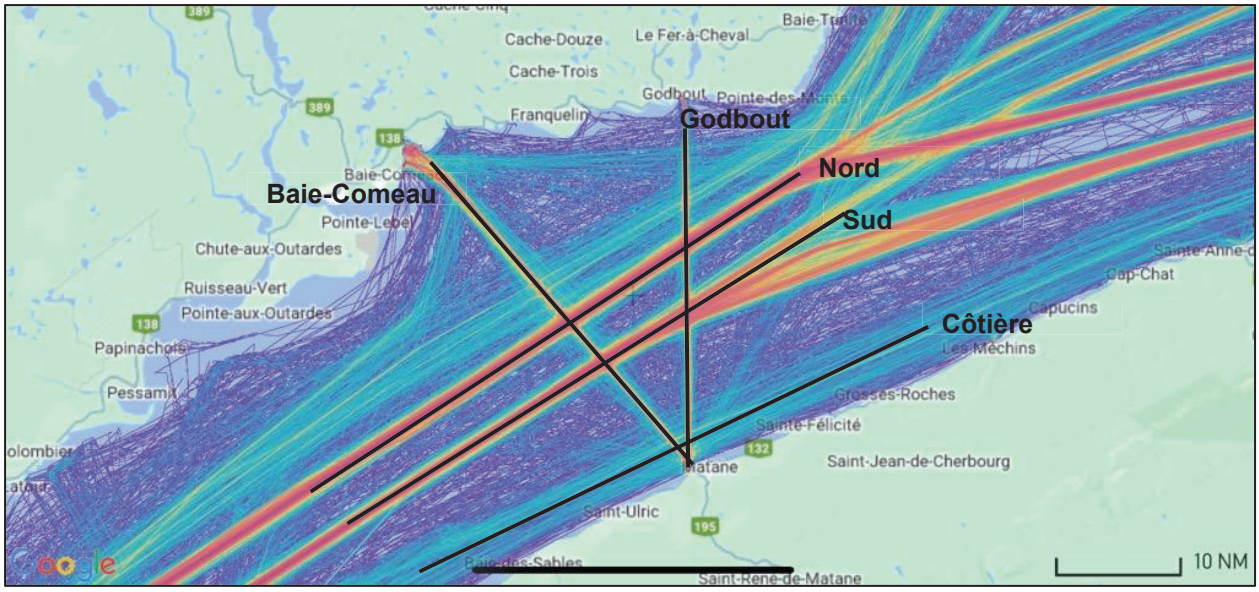


Figure 11-1 – Densité du trafic maritime et voies de navigation sélectionnées pour la modélisation, données reprises de Marine Trafic, 2024.

11.2.1.2 RÉPARTITION DU TYPE DE NAVIRES DANS LES VOIES DE NAVIGATION

Les données AIS fournissent, pour chaque voie, une répartition des types de navires observés, incluant leur vitesse moyenne et leur longueur. Ces informations alimentent la modélisation du trafic en définissant des probabilités de présence, à partir desquelles un type de navire (défini par sa longueur et sa vitesse) est attribué aléatoirement à chaque passage simulé, selon la fréquence réelle d'apparition sur la voie de navigation. Les niveaux sonores des navires sont ensuite calculés selon le modèle de Randi-3 (Breeding et al., 1996) à partir de leur taille et de leur vitesse.

Ces probabilités sont résumées dans le Tableau 11-2 et indiquent la répartition en pourcentage des navires selon leur longueur et leur vitesse en moyenne par jour. Autrement dit, les pourcentages indiqués représentent la probabilité qu'un bateau choisi aléatoirement parmi ceux ayant navigué sur cette voie possède une certaine taille et une certaine vitesse. Cette probabilité est intégrée dans la modélisation du trafic maritime. Par exemple, dans la voie Sud, en moyenne 6,68 navires y circulent chaque jour, dont 38 % sont des navires de 200 m de longueur naviguant à 15 nœuds (navire marchand), selon les données AIS réelles.

Tableau 11-2 Distribution des navires sur les différentes voies considérées

Longueur		50 m				100 m				200 m				Total navire/jour
	Vitesse [nœuds]	5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20	
Route	**Sud**	~0%	2%	~0%	~0%	~0%	4%	12%	5%	3%	19%	38%	16%	6,7
	Nord	~0%	1%	~0%	~0%	~0%	8%	12%	5%	2%	30%	31%	10%	8,1
	Godbout	~0%	~0%	~0%	~0%	1%	5%	67%	27%	~0%	~0%	~0%	~0%	1,3
	Baie-Comeau	~0%	~0%	~0%	~0%	1%	10%	70%	19%	~0%	~0%	~0%	~0%	2,5
	Côtière	3%	3%	0%	0%	43%	31%	14%	3%	~0%	~0%	3%	~0%	1,9

11.2.1.3 NIVEAU SONORE DES NAVIRES

Les navires de grande taille, tels que les porte-conteneurs, les vraquiers, les pétroliers et les navires de croisière, figurent parmi les principales sources de bruit anthropique sous-marin continu. Ces bruits basses fréquences proviennent majoritairement de la machinerie (moteurs, générateurs) ainsi que de l'hélice et de la cavitation. Ces navires contribuent également de manière significative à l'augmentation du bruit de fond sous-marin sur de vastes zones géographiques. (MPO P. e., 2024).

Une étude menée près de la voie maritime du Saint-Laurent sur 255 transits de navires a révélé une grande variabilité des niveaux sonores des navires marchands, influencée notamment par leur vitesse et leur longueur, avec un niveau médian 197,2 dB re 1 µPa @ 1 m (bande 20–500 Hz) et des valeurs extrêmes allant de 176 dB à 214 dB re 1 µPa @ 1 m (Simard Y. et al., 2016).

Pour ce qui a trait au niveau sonore du trafic maritime simulé pour la phase d'exploitation, le modèle de source Randi-3 (Breeding et al. 1996) donne le spectre émis par les navires en fonction de leur taille et de leur vitesse. Les détails sont résumés dans le Tableau 11-3.

Tableau 11-3 Niveaux sonores des navires selon leur longueur et leur vitesse, tableau adapté de (Breeding et al. 1996)

Vitesse du navire	Longueur navire		
	50 m	100 m	200 m
5 nœuds	154 dB re.1µPa@1m	161 dB re.1µPa@1m	168 dB re.1µPa@1m
10 nœuds	172 dB re.1µPa@1m	179 dB re.1µPa@1m	186 dB re.1µPa@1m
15 nœuds	182 dB re.1µPa@1m	189 dB re.1µPa@1m	197 dB re.1µPa@1m
20 nœuds	190 dB re.1µPa@1m	197 dB re.1µPa@1m	204 dB re.1µPa@1m

La Figure 11-2 montre un exemple de spectre de source d'un bateau de 200 m de longueur naviguant à 15 nœuds, auquel est associé un SPL_{rms} de 197 dB (ref 1µPa @ 1 m).

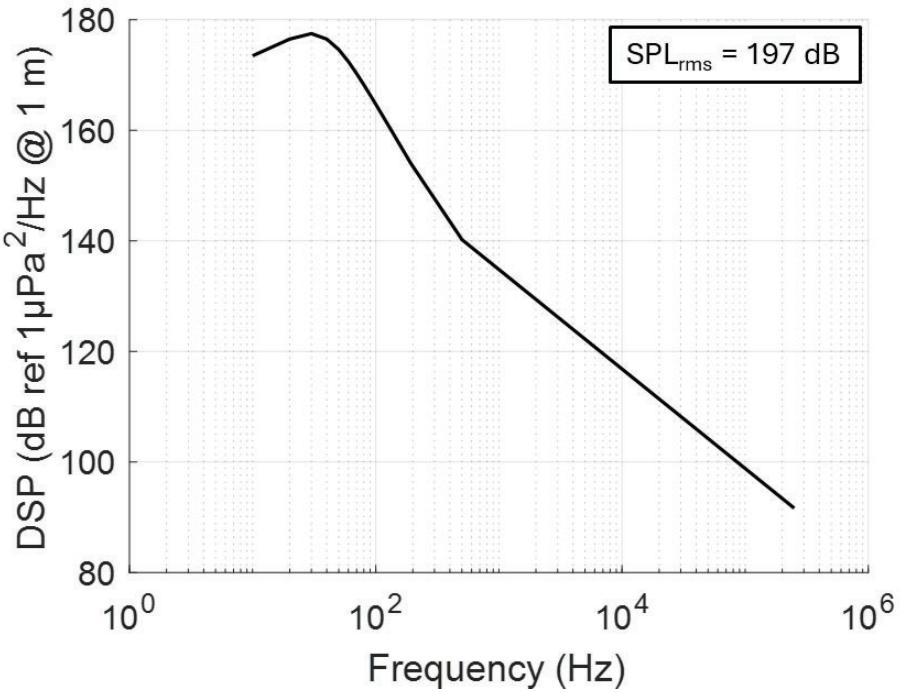


Figure 11-2 – Modèle Brandi-3 : Densité spectrale de puissance du niveau de source généré par un bateau de 200 m naviguant à 15 nœuds.

11.2.1.4 HORAIRE JOURNALIER DE CIRCULATION DES NAVIRES

Les horaires de circulation des navires varient selon les voies de navigation empruntées. Les données AIS permettent de déterminer les heures de la journée où le trafic est le plus dense.

On observe à la Figure 11-3 que les voies de navigation Nord et Sud présentent un trafic relativement constant tout au long de la journée (représentatif des navires marchands). À l'inverse, les voies de Baie-Comeau et de Godbout montrent des pics de fréquentation à certaines heures, qui coïncident avec les horaires de traversiers. Enfin, la voie côtière présente une activité plus marquée en après-midi.

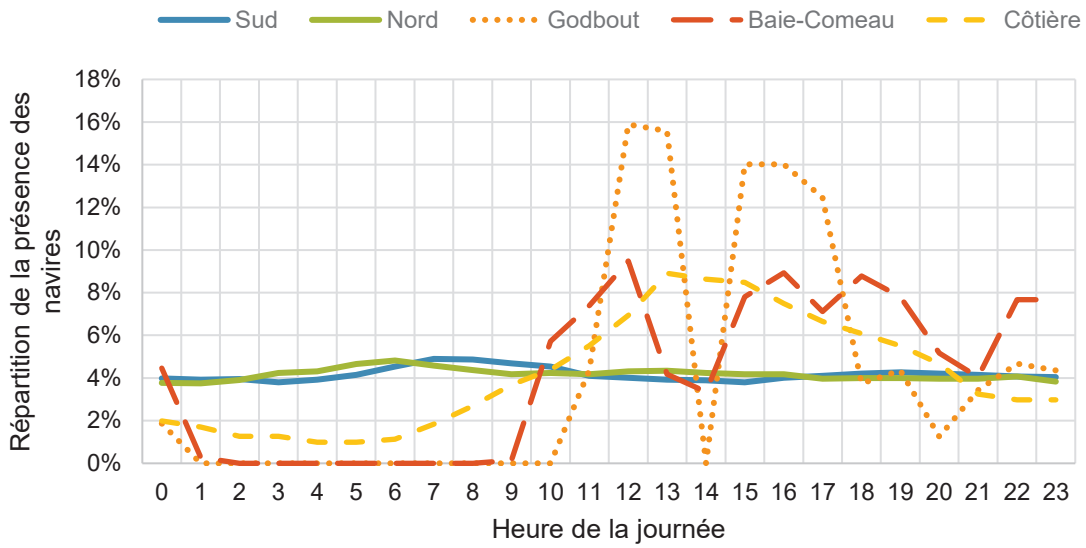


Figure 11-3 Répartition horaire du trafic maritime selon les voies de navigation

11.2.2DÉFINITION DE SCÉNARIOS

Une fois les voies de navigation définies, les types de navires et leur horaire de passage caractérisés par voie, la dernière étape consiste à construire des scénarios de trafic maritime. Ces scénarios permettent de simuler la circulation des navires et ainsi représenter le trafic actuel, mais aussi une augmentation de trafic. Le trafic maritime est défini selon :

- La voie de navigation empruntée par les navires
- Les caractéristiques (longueur/vitesse) des navires naviguant dans la voie selon les probabilités de présences présentées dans le Tableau 11-2.
- Les horaires de passages des navires selon les informations de la Figure 11-3.
- La répartition des navires dans la voie de navigation, soit uniforme ou aléatoire.
    - La répartition uniforme signifie que les navires sont distribués régulièrement et équitablement tout au long de la voie. Cela permet de simuler un trafic régulier.

- La répartition aléatoire correspond à une distribution des navires de manière aléatoire dans la voie, ce qui reflète une circulation plus variable.

Un scénario définit un trafic maritime sur une période de 24 heures échantillonnée à une période de 5 minutes. En suivant les types de bateaux définis par les lois de probabilités et leurs vitesses associées, il est possible, à chaque 5 minutes, de simuler leur position le long des voies de navigation. Lorsque la période d'étude est de plusieurs jours, chaque journée de l'étude est régie par le même scénario.

Les études sont réalisées en considérant trois types de trafic maritime, chacun s'étendant sur une période de 30 jours, comme présentés au Tableau 11-4 :

- **Trafic normal :** Le trafic normal (ou de référence), représentatif du trafic actuel.
- **Scénario 1 – Trafic doublé :** permet de simuler les effets d'un doublement du trafic maritime autour de Matane. Il représente une augmentation de 4 navires par jour.
- **Scénario 2 – Trafic multiplié par 10 :** utilisé à titre illustratif pour représenter une augmentation exagérée du trafic. Il représente une augmentation de 36 navires par jour.

L'hypothèse de trafic doublé le long des voies Matane – Baie-Comeau et Matane-Godbout a vocation à représenter un cas d'exploitation réaliste alors que le cas d'un trafic multiplié par 10 maximise les effets en étant toutefois irréaliste. La prise en compte de ce cas surévaluant le trafic permet de donner des bornes maximales aux effets et aux zones d'effet.
Multiplier le trafic à Matane ne revient pas à multiplier celui de toutes les voies de navigation. L'intérêt est porté sur le trajet emprunté par les navires qui souhaitent naviguer vers Matane. L'augmentation concerne ainsi les voies des traversiers Baie-Comeau et Godbout qui sont représentatives de ces trajets.

Tableau 11-4 Scénario permettant la génération du trafic normal, doublé et multiplié par 10

Voie de navigation	Heure de passage des navires	Répartitions des navires durant les heures de passage	Nombre total de navires dans la journée	Scénario de trafic
Sud	24 h (en continu)	Uniforme	7 navires	*Tous les scénarios*
Nord	24 h (en continu)	Uniforme	8 navires	*Tous les scénarios*
Baie-Comeau	11h-13h et 17h-19h	Uniforme	2 navires	*Tous les scénarios*
			2 navires	**Scénario 1 : Trafic doublé**
			18 navires	**Scénario 2 : Trafic x10**
Godbout	15h – 17h	Uniforme	1 navire	*Tous les scénarios*
			2 navires	**Scénario 1 : Trafic doublé**
			18 navires	**Scénario 2 : Trafic x10**
Côtière	12 h – 17h	Aléatoire	1 navire	*Tous les scénarios*

11.2.3RÉSOLUTION SPATIALE ET MAILLAGE DE LA MODÉLISATION

La propagation acoustique dans le Saint-Laurent est modélisée à partir d'un maillage de points le long des voies de navigations, à l'aide du modèle RAMGeo et des paramètres environnementaux décrits à la section 8.2. La Figure 11-4 illustre la grille de modélisation et la localisation de ces points.

Chaque point est séparé de 5 km, pour un nombre total de 124 points (31 points pour la voie Nord, 30 points pour la voie Sud, 12 points pour la voie Baie-Comeau,12 points pour la voie Godbout et 39 points pour la voie Côtière).

La propagation a été modélisée sur 360º alentour de chacun de ces 124 positions, avec une résolution angulaire de 5º et pour 6 périodes de l'année, soit un total de 53 568 simulations.

En prenant compte la position des navires dans la grille de modélisation à chaque 5 minutes, il est possible de leur associer leur propagation correspondante. Si un bateau est situé entre 2 points de la grille, une propagation équivalente lui est attribuée en effectuant un barycentre à partir des deux points qui l'entourent. La propagation ne considère que les bateaux placés dans la grille de modélisation. Lorsqu'un bateau, arrivé à l'extrémité d'une voie telle que définie par la grille de modélisation, continue son chemin ; il quitte la grille et son bruit rayonné n'est plus pris en compte. Si aucun bateau n'est présent sur la carte, le niveau de SPL_{rms} est fixé à 103 dB, soit la valeur du bruit ambiant, (section 5).

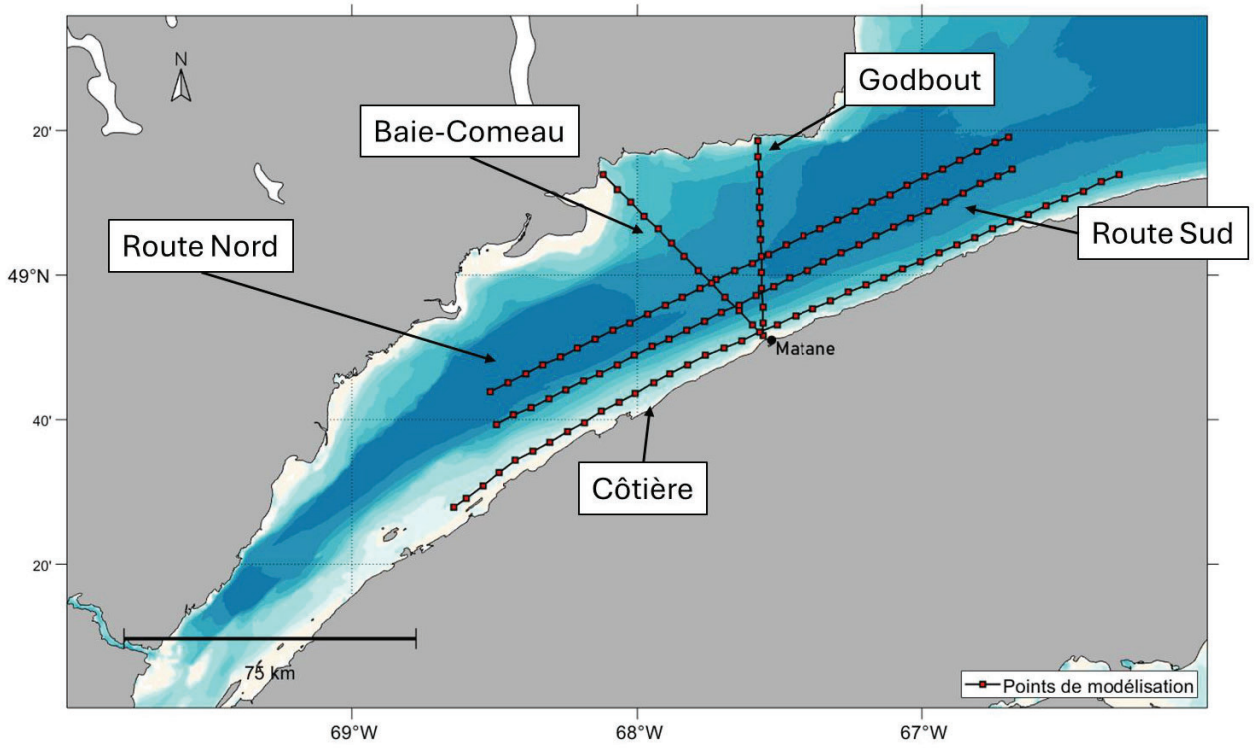


Figure 11-4 - Points de modélisation séparés de 5 km et localisés le long des voies de navigation dans le Saint-Laurent

En considérant l'ensemble des instants simulés et des positions des animaux simulés (simulation du trafic toutes les 5 minutes pendant 30 jours, zone simulée) des statistiques globales sont calculées. Les valeurs de SPL_{rms} maximum, de SPL_{rms} moyen et de SEL_{24h} sont extraites quotidiennement, puis traitées sur le nombre de jours étudiés, soit 30 jours. Les statistiques calculées incluent : la moyenne des niveaux sonores maximums, la moyenne des niveaux sonores minimums, la moyenne générale, la médiane et le 95e percentile.

11.2.4 PARAMÈTRES POUR L'ÉVALUATION DES RISQUES AUDITIFS ET COMPORTEMENTAUX

Afin d'évaluer les effets potentiels du bruit généré par le trafic maritime sur les mammifères marins, deux métriques sont mesurées à partir de niveaux sonores modélisés :

- Le SPL_{rms} (niveau de pression acoustique en dB ref 1 µPa) est analysé pour évaluer les effets de dérangement comportemental.
- Le SEL (niveau d'énergie sonore en dB ref 1 μPa^2s) est ajusté par la fonction de transfert auditive des animaux (section 8.4) puis cumulé sur 24 heures, ce qui permet de le comparer avec le seuil d'impact SEL_{24h}.

Pour rappel, le SEL_{24h} correspond à l'énergie acoustique totale reçue par un animal sur une période de 24 heures. Cette métrique permet d'évaluer les effets PTS et TTS. Dans ces cas d'étude, l'animal est supposé immobile, ce qui maximise le niveau de SEL_{24h} et correspond à une hypothèse conservatrice. Elle est estimée pour les cétacés à basse fréquence (LF), dont la sensibilité auditive recouvre en partie la plage de fréquences du bruit généré par les navires (bruit basse fréquence) ainsi que pour les cétacés haute-fréquence (HF).

Le Tableau 11-5 présente les seuils et critères utilisés pour interpréter l'évolution des niveaux sonores modélisés (SPL_{rms} et SEL_{24h}) en lien avec les effets potentiels sur les mammifères marins.

Tableau 11-5 Définition des critères de caractérisations de l'évolution des niveaux acoustiques rayonnés par le trafic maritime

Métrique	Description	Application	Seuil applicable
SPL_{rms} maximum	Niveau de bruit maximum atteint dans la journée	Permet d'évaluer les risques de dérangements comportementaux en évaluant le pourcentage de la journée où le bruit dépasse les seuils.	Seuil de dérangement comportemental : 120 dB et 160 dB
SPL_{rms} moyen	Niveau moyen de bruit pendant la journée		
SEL_{24h}	Énergie sonore totale reçue en 24 heures	Permet d'évaluer les risques auditifs (TTS et PTS).	Seuil pour les cétacés pour un signal continu. LF : TTS = 179 dB LF: PTS = 199 dB HF : TTS = 178 dB HF: PTS = 198 dB

11.3 RAYON D'EFFET MAXIMAL D'UN PASSAGE D'UN NAVIRE

La modélisation de la propagation acoustique du trafic maritime dans le Saint-Laurent permet d'estimer, à chaque 5 minutes, les niveaux de pression sonores (SPL_{rms}) et d'énergie sonore (SEL) propagés dans l'environnement. Ces estimations servent à générer des cartes de niveaux acoustiques propagées, selon une résolution spatiale de 1 000 mètres. Dans chaque cellule de 1 000 m contenant un navire, le niveau acoustique est considéré uniforme et correspond au niveau de source du navire.

La Figure 11-5 illustre un exemple de SPL_{rms} propagé à un instant du scénario de trafic normal. À cet instant, trois navires sont présents sur les voies de navigation :

- 1 navire situé à l'ouest de la voie de navigation Sud,
- 1 navire situé à l'est de la voie de navigation Nord,
- 1 navire situé sur la voie de navigation Godbout.

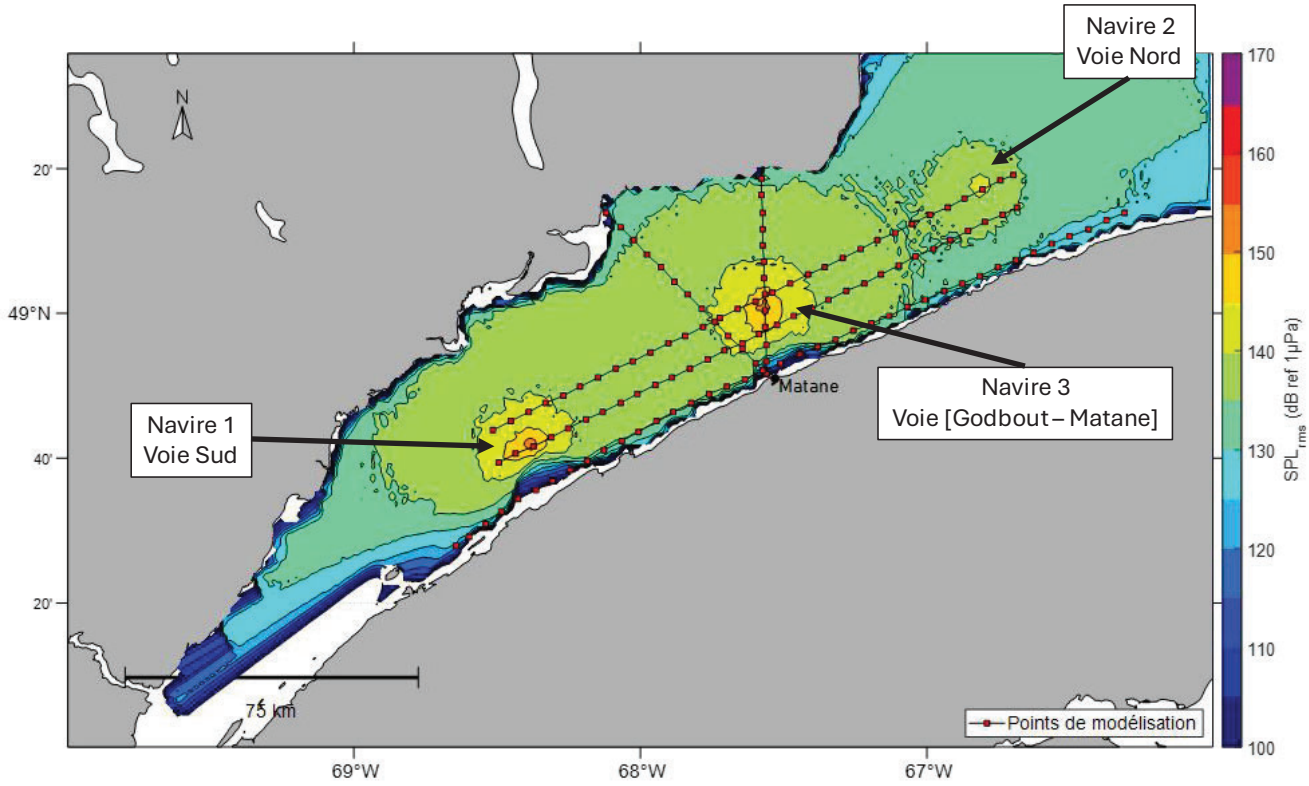


Figure 11-5 - Exemple de SPL_{rms} propagé dans le Saint-Laurent à partir d'un instant T du scénario du trafic normal

Pour chacun des scénarios, une simulation d'une durée d'un mois est réalisée. Pour un trafic actuel, cette simulation représente environ 600 transits de navires dans la zone d'étude. Chaque transit comprend en moyenne 30 positions, soit un total d'environ 9 000 situations simulées. À chaque position et instant simulé, les rayons d'effet acoustique sont calculés en fonction des caractéristiques du navire (longueur et vitesse).

Les rayons d'effet maximaux d'un passage d'un navire restent identiques d'un scénario de trafic à l'autre, car un navire donné émet le même niveau sonore, quelle que soit la densité du trafic. En revanche, dans un scénario de trafic accru, la fréquence des événements sonores augmente : les émissions sont plus nombreuses, mais pas nécessairement plus fortes. Ce sont donc les niveaux cumulés qui varient, pas les rayons d'effet individuels. Le Tableau 11-6 présente les valeurs maximales simulées des rayons d'effet d'un passage d'un navire.

- Un navire peut provoquer un dérangement léger (120 dB) jusqu'à 68 km autour de lui.
- Un navire peut provoquer un dérangement fort (160 dB) jusqu'à 2,3 km autour de lui
- Les dégradations temporaires ou permanentes (TTS et PTS) de l'audition sont peu probables. Un TTS pourrait survenir chez un cétacé à basse fréquence (LF) s'il croise la route d'un navire à une distance inférieure à 50 m. Les pertes auditives permanentes (PTS) chez les cétacés LF, ainsi que les TTS et PTS chez les cétacés à haute fréquence (HF), comme le béluga, ne sont possible que si l'animal se trouve à moins de 1 m du navire.

Tableau 11-6 : Rayon d'effet maximal calculé correspondant à un passage d'un navire

Espèce	Effet		Seuil	Rayon d'effet maximal
Tous les groupes auditifs	**Dérangement comportemental SPL_{rms}**	**Léger**	120 dB	68 km
		Fort	160 dB	2,3 km
Cétacés basse-fréquence LF	**Effet auditif SEL_{24h}**	**TTS**	179 dB	50 m
		PTS	199 dB	1 m
Cétacés haute-fréquence HF		**TTS**	178 dB	50 m
		PTS	198 dB	1 m

11.4 ANALYSE DE L'EFFET DU TRAFIC MARITIME POUR UN SECTEUR AU LARGE DE MATANE

Après avoir étudié les effets générés par le passage d'un navire particulier, l'ensemble des navires est ensuite considéré pour former le trafic de la zone. Cette section illustre les effets de ce trafic sur un site spécifique situé à proximité de Matane. Pour évaluer l'effet local de l'augmentation du trafic maritime durant la phase d'exploitation, cette section se concentre sur un secteur situé à 6 km du port de Matane.

Dans le cadre d'une navigation réelle vers Matane, les navires emprunteraient principalement les voies nord et sud, puis continueraient vers le port en suivant la partie sud des voies Baie-Comeau et Godbout.

Le niveau sonore est évalué en un point stratégique situé au large de Matane à l'intérieur du triangle formé par les voies de navigation des routes Sud, Baie-Comeau et Godbout, où la différence de niveaux sonores est la plus marquée. La Figure 11-7 localise ce point de mesure par un marqueur jaune. Ce point, proche de Matane, permet de suivre l'évolution temporelle du SPL_{rms} et du SEL cumulé à proximité immédiate du port.

La Figure 11-6 illustre les séries temporelles de SPL_{rms} extraites depuis le point de mesure à proximité de Matane pour les 3 premiers jours de trafic. La courbe en trait plein noir est celle du trafic normal, la courbe en tirets rouge est celle du trafic doublé et la courbe en pointillés rose est celle du trafic multiplié par 10. Les changements de jour sont indiqués par les lignes verticales en tirets bleus.

Pour ce secteur, le niveau de SPL_{rms} se situe entre 90 dB et 140 dB. On observe que l'augmentation du trafic induit une augmentation du niveau maximum de SPL_{rms} qui peut s'expliquer par 2 aspects :

- La génération de bateaux plus rapide et/ou plus gros par le scénario
- Le cumulatif du niveau de plusieurs bateaux situés à proximité les uns des autres.

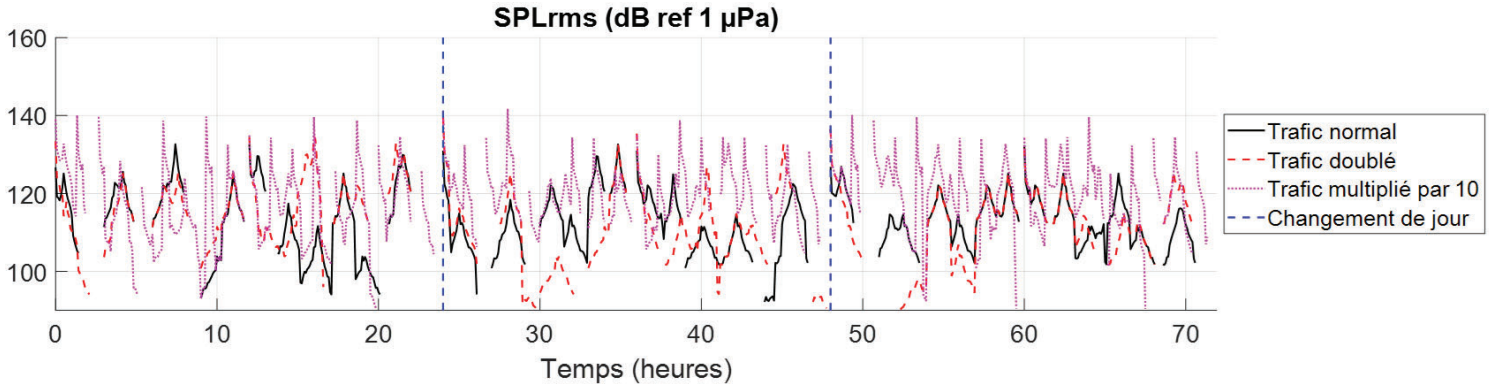


Figure 11-6 –Séries temporelles de SPL_{rms} issues du point de mesure à proximité de Matane

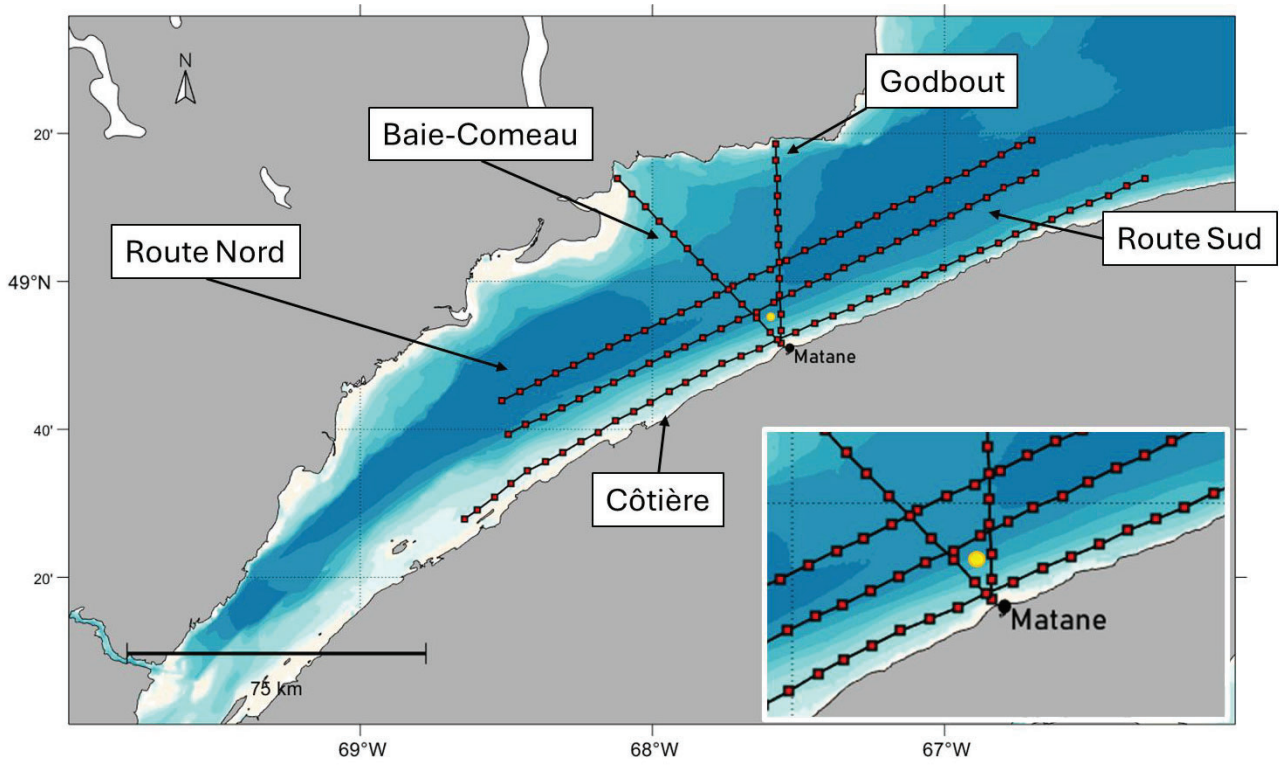


Figure 11-7 – Position du point de mesure à proximité de Matane pour l'extraction des séries temporelles

Le Tableau 11-7 décrit les valeurs des niveaux sonores issus des séries temporelles extraites depuis le point de mesure au large de Matane. Les valeurs indiquées correspondent aux valeurs moyennes sur les 30 journées étudiées. Pour les scénarios de trafic doublé et multiplié par dix, la différence du niveau sonore par rapport au scénario de trafic normal est indiquée en vert.

Tableau 11-7 - Valeurs du niveau sonore évalué au point de mesure à proximité de Matane

Métrique	Trafic actuel (x1)	Trafic doublé (x2)	Trafic multiplié par dix (x10)
SPL_{rms} maximum	132,6 dB réf. 1µPa	136,9 dB réf. 1µPa + 4,3 dB	140,7 dB réf. 1µPa + 8,1 dB
SPL_{rms} moyen	118,1 dB réf. 1µPa	119,8 dB réf. 1µPa + 1,7 dB	125,8 dB réf. 1µPa + 7,7 dB
SEL_{24h}	156,1 dB réf. 1µPa²s	157,8 dB réf. 1µPa²s + 1,7 dB	163,8 dB réf. 1µPa²s + 7,7 dB

Le Tableau 11-8 présente les effets acoustiques moyens estimés au point de mesure le plus exposé au bruit du trafic maritime dans le secteur de Matane, afin d'illustrer les conditions acoustiques les plus élevées que les cétacés peuvent rencontrer dans cette zone.

Tableau 11-8 Valeurs des critères de caractérisation évalués au point de mesure à proximité de Matane en se basant sur les impacts acoustiques

Effet acoustique			Trafic actuel (x1)	Trafic doublé (x2)	Trafic multiplié par dix (x10)
Dérangement comportemental	Pourcentage du temps dans la journée où le seuil est dépassé	Seuil de 120 dB	16,4 **%** (~3,9 h)	17,5 % (~ 4,2 h) (+20 min)	41,3 % (~ 9,9 h) (+ 6 h)
		Seuil de 160 dB		Aucun dépassement	
Seuil auditif	PTS	199 dB – 198 dB (seuil pour cétacé LF et HF)		Aucun dépassement	
	TTS	179 dB – 178 dB (seuil pour cétacé LF et HF)		Aucun dépassement	

L'augmentation du trafic maritime à proximité de Matane entraîne une élévation des niveaux sonores mesurés, tant au niveau maximal qu'en moyenne sur la période de simulation. Cette hausse se traduit par une augmentation du temps d'exposition des cétacés au seuil de 120 dB, seuil associé à un dérangement comportemental léger.

Le trafic doublé, soit l'ajout de 4 navires par jour, engendre une augmentation modérée du temps d'exposition (environ 20 minutes par jour comparativement au trafic actuel), tandis qu'un trafic multiplié par dix conduit à une augmentation plus importante, avec près de 10 heures d'exposition par jour, soit plus du double par rapport au scénario actuel.

Les seuils de dérangement comportemental supérieurs de 160 dB, ainsi que ceux correspondant aux TTS et PTS, ne sont pas atteints dans aucun des scénarios étudiés. Cela confirme que les risques d'effets auditifs temporaires ou permanents restent faibles, même lors d'une augmentation de trafic maritime.

11.5 ANALYSE DE L'EFFET DU TRAFIC MARITIME SUR L'ENSEMBLE DE LA ZONE D'ÉTUDE

L'effet du trafic maritime est également évalué sur l'ensemble de la zone étudiée, en tenant compte de toutes les périodes simulées de 5 minutes sur une durée de 30 jours. La modélisation calcule les niveaux de pression acoustique (SPL_{rms}) et d'énergie sonore cumulative (SEL) propagés dans l'environnement. Le Tableau 11-9 présente ces statistiques en comparant les scénarios modifiés (trafic doublé et multiplié par dix) au trafic normal pour la période de janvier. Les valeurs en vert indiquent la différence avec le trafic normal actuel.

Tableau 11-9 Données statistiques globales (moyenne et centiles évalués sur toute la zone), unité : SPLrms : dB réf. 1µPa, SEL_{24h} : dB réf. 1µPa²s

Trafic	Métrique	Valeur statistique				
		Max	Min	Moyenne	Médiane	Q95%
Trafic normal	SPL_{rms} maximum	197	90	121	122	131
	SPL_{rms} moyen	180	90	112	113	119
	SEL_{24h}	217	128	148	150	156
Trafic doublé	SPL_{rms} maximum	200 +3	90 +0	122 +1	122 +0	133 +2
	SPL_{rms} moyen	181 +1	90 +0	113 +1	114 +0	119 +0
	SEL_{24h}	218 +1	128 +0	148 +0	150 +0	156 +0
Trafic multiplié par 10	SPL_{rms} maximum	204 +7	90 +0	128 +7	128 +6	139 +8
	SPL_{rms} moyen	188 +8	90 +0	117 +5	118 +5	125 +6
	SEL_{24h}	225 +8	129 +1	153 +5	155 +5	162 +6

Le temps d'exposition aux seuils de dérangement comportementaux varie en fonction du nombre et de la fréquence des bateaux qui passent successivement sur les voies de navigation. Le Tableau 11-10 présente les statistiques associées aux seuils acoustiques de dérangement comportemental léger et fort selon les différents scénarios de trafic.

Tableau 11-10 Données statistiques globales dans l'environnement modélisé qui se basent sur les impacts

Trafic	Dérangement comportemental Seuil	Temps où le seuil est dépassé sur l'ensemble de la zone	
		Pourcentage	Temps équivalent dans une journée
Trafic normal	Léger : 120 dB	7,3 %	1h45min
	Fort : 160 dB	2,2 %	32 min
Trafic doublé	Léger : 120 dB	7,4 % + 0,1 %	1h47 + 2 minutes
	Fort : 160 dB	3,1 % + 0,9 %	45 min + 13 minutes
Trafic multiplié par 10	Léger : 120 dB	22,7 % + 15,4 %	5h27 min + 3h42 min
	Fort : 160 dB	3,2 % +1,0 %	46 min + 14 minutes

Pour le trafic actuel, la valeur médiane du SPL_{rms} moyen est de 112 dB réf. 1 µPa, ce qui est cohérent avec les mesures acoustiques réalisées en 2010 dans les voies de navigation du Saint-Laurent, au large de Matane, où le niveau médian était de 112 dB re 1 µPa (bande de 20 Hz à 0,9 kHz) (Simard et al., 2010), ce qui indique que la simulation acoustique reflète bien les conditions sonores réelles du milieu et valide la méthodologie de simulation.

Dans le scénario de trafic actuel, les mammifères marins sont exposés à des niveaux sonores atteignant ou dépassant le seuil de dérangement comportemental léger (120 dB) durant en moyenne 7,3 % du temps, soit environ 1h45 par jour. Le dérangement comportemental plus marqué (160 dB) survient en moyenne 2,2 % du temps, soit environ 32 minutes par jour.

Pour le trafic doublé (ajout de 4 navires par jour sortant du port de Matane), les grandeurs acoustiques augmentent, mais cette augmentation maximale moyenne est limitée à 3 dB. De manière générale, la durée moyenne d'exposition au seuil de 120 dB passe de 7,3 % à 7,4 %, soit une hausse de l'ordre de 2 minutes par jour. Pour le seuil de 160 dB, l'augmentation est inférieure à 1 %, ce qui correspond à moins d'une quinzaine de minutes supplémentaires d'exposition quotidienne.

Pour le trafic multiplié par dix (ajout de 36 navires de plus par jour sortant du port de Matane), les grandeurs acoustiques augmentent et cette augmentation est limitée à 8 dB. La durée moyenne d'exposition au seuil de dérangement comportemental léger (120 dB) atteint 22,7 % de la journée, soit environ 5h27 min. Pour le seuil de 160 dB, les effets sont moins importants : la durée moyenne d'exposition passe de 2,2 % à 3,2 %, soit environ 14 minutes supplémentaires par jour.

11.5.1.1 ÉVALUATION SPATIALE DE L'EFFET DU TRAFIC MARITIME ET DIFFÉRENCE DES NIVEAUX SONORES

L'augmentation du bruit liée au trafic maritime n'est pas uniforme dans la zone d'étude et varie selon les secteurs. La comparaison des scénarios permet d'évaluer ces variations spatiales. Les figures suivantes illustrent les cartes des différences de niveaux sonores (SPL_{rms} maximum, SPL_{rms} moyen) entre les scénarios de trafic doublé et multiplié par dix, par rapport au scénario de trafic normal de référence.

- La Figure 11-8 présente la carte de la différence du SPL_{rms} maximum propagé entre le trafic normal et le trafic doublé.
- La Figure 11-9 présente la carte de la différence du SPL_{rms} maximum propagé entre le trafic normal et le trafic multiplié par 10.
- La Figure 11-10 illustre la carte de la différence du SPL_{rms} moyen propagé entre le trafic normal et le trafic doublé.
- La Figure 11-11 illustre la carte de la différence du SPL_{rms} moyen propagé entre le trafic normal et le trafic multiplié par 10.

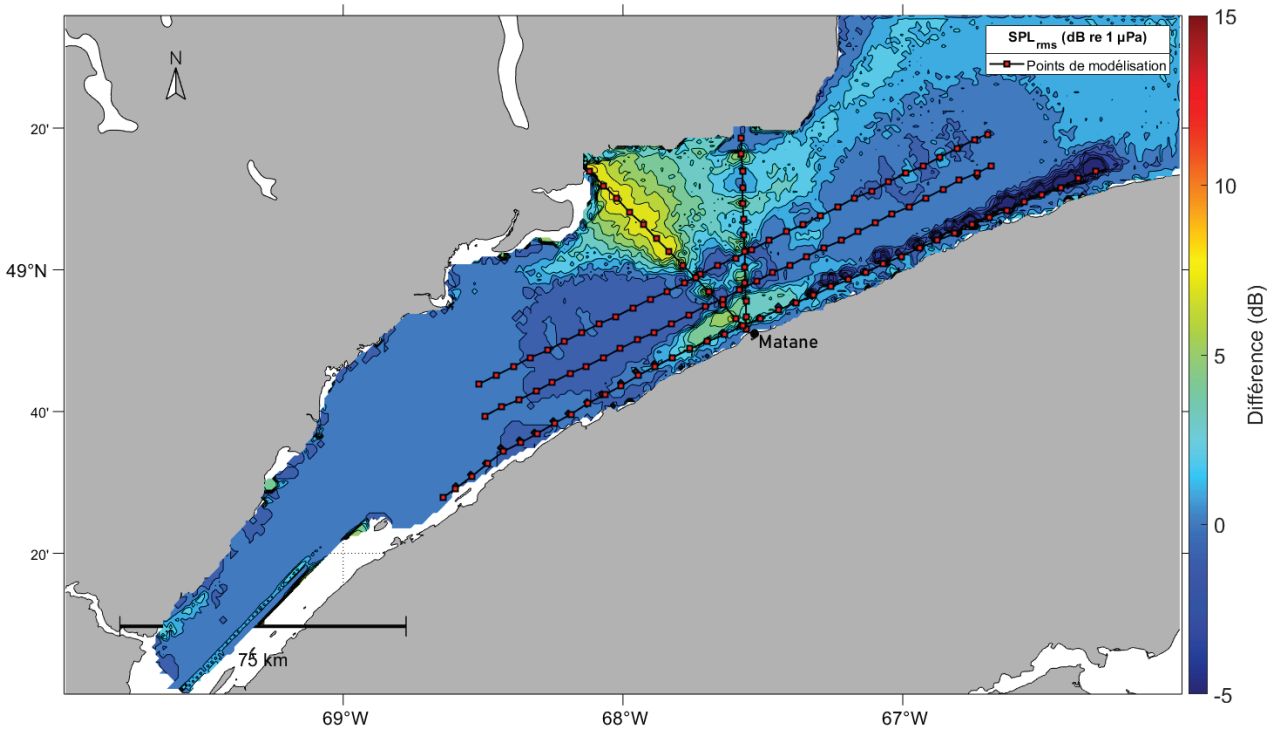


Figure 11-8 - Carte de différence (maximum évalué sur une période de 24 h, moyenne des maximums sur 1 mois) sur le SPL_{rms} maximum propagé entre le trafic normal et le trafic doublé.

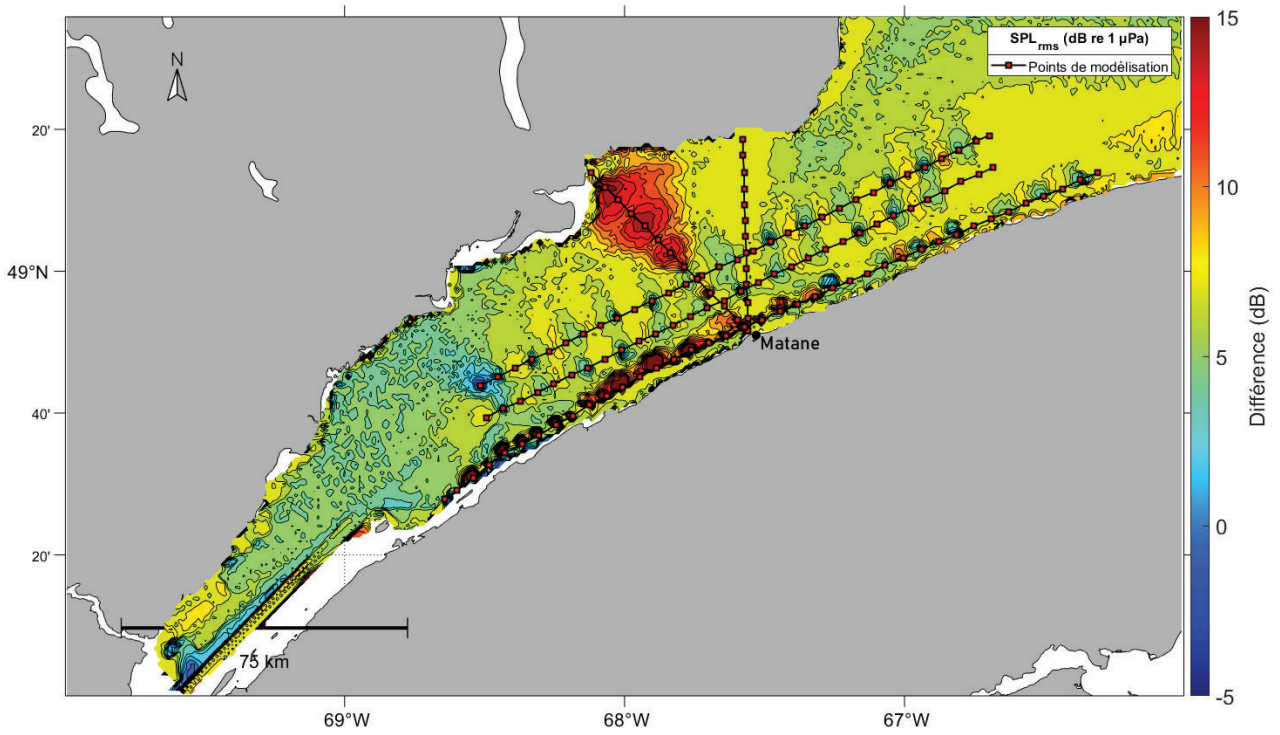


Figure 11-9 - Carte de différence sur le SPL_{rms} maximum (maximum évalué sur une période de 24 h, moyenne des maximums sur 1 mois) propagé entre le trafic normal et le trafic multiplié par 10.

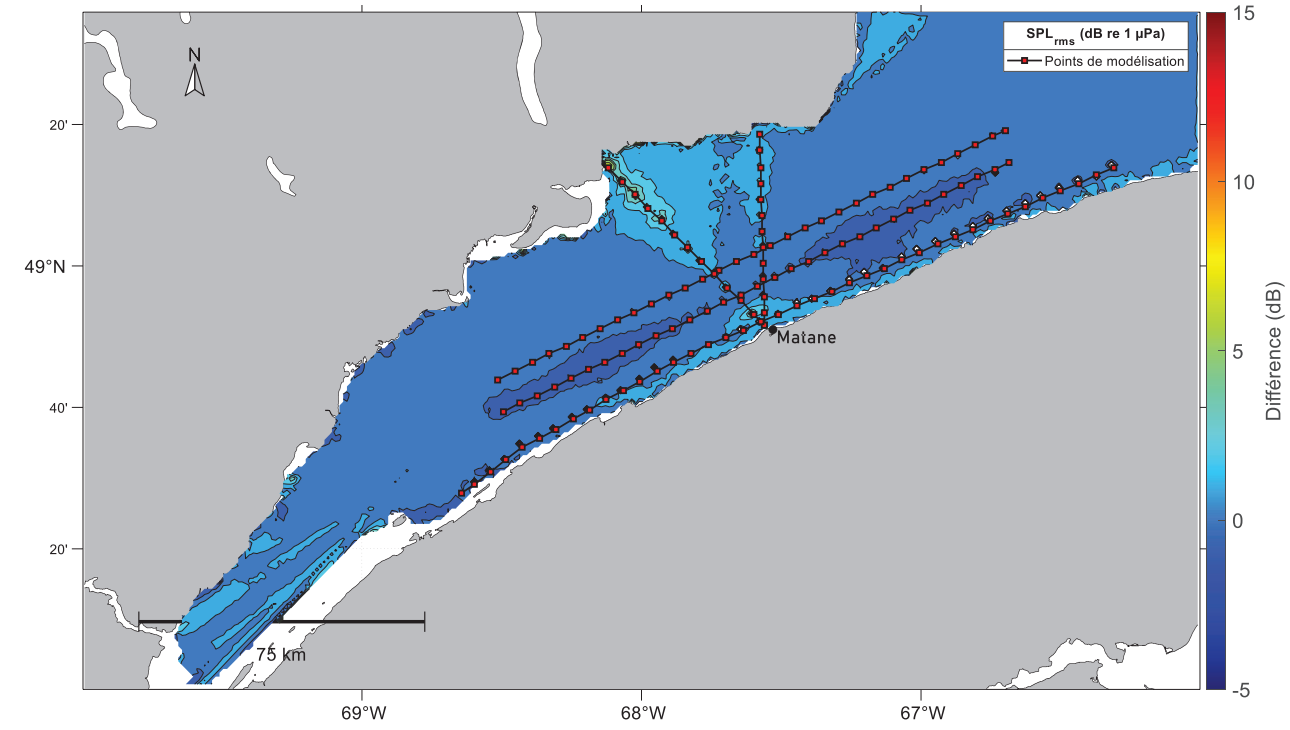


Figure 11-10 - Carte de différence sur le SPL_{rms} (moyenne des différences évaluées sur 1 mois) entre le trafic normal et le trafic doublé.

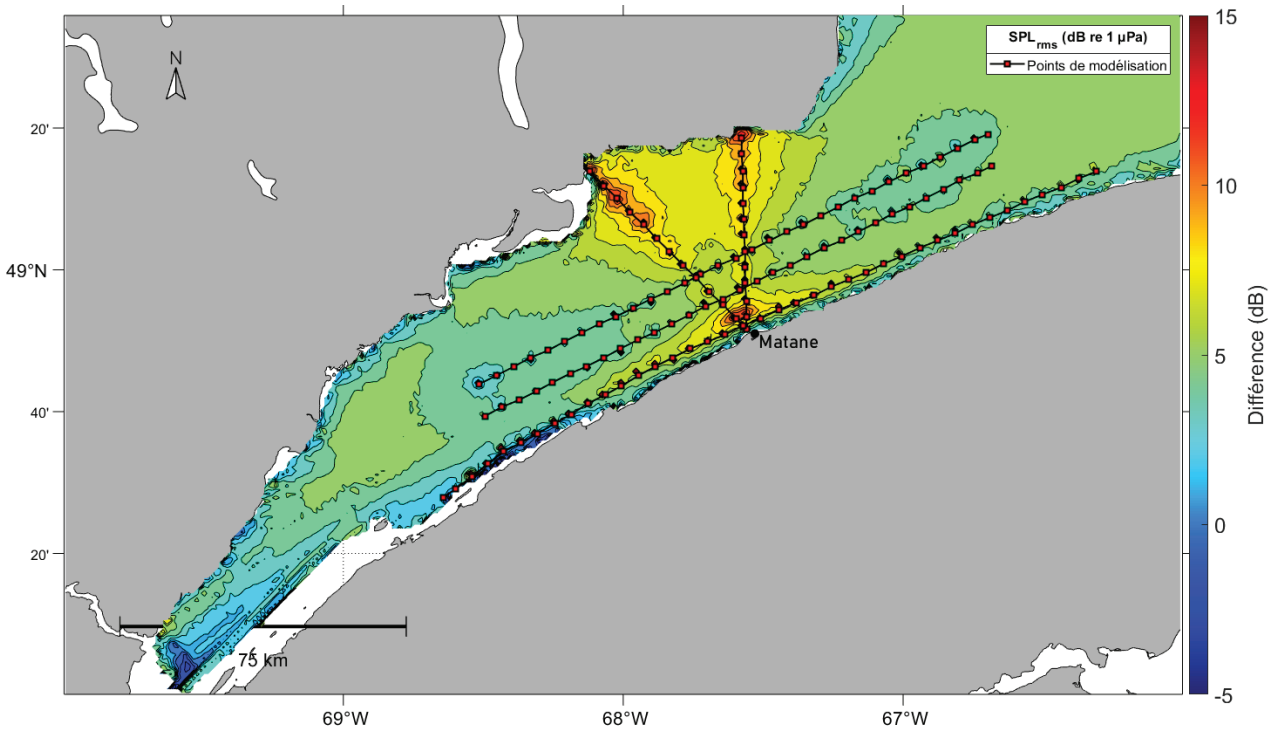


Figure 11-11 - Carte des différences sur le SPL_{rms} propagé (moyenne des différences évaluées sur 1 mois) entre le trafic normal et le trafic multiplié par 10.

Ces cartes permettent de mettre en avant deux types de zone, des zones où le niveau sonore augmente peu et des zones où l'augmentation du niveau sonore est plus marquée. Deux conditions doivent être remplies pour créer une augmentation du bruit :

- Condition 1 : être proche d'une voie de navigation où le trafic a augmenté (voie Matane – Baie-Comeau voie Matane-Godbout)
- Condition 2 : être éloigné de deux voies de navigation majeures (nord, sud), en effet ces voies de navigation sont pratiquées par en moyenne 8 navires par jour dont les émissions sonores vont masquer le bruit généré par l'augmentation du trafic du port de Matane.

Ainsi pour un doublement d'un trafic maritime à partir de Matane, l'ambiance sonore n'est pas perturbée au centre de Saint-Laurent (intersection entre la voie Nord, Sud, Baie-Comeau et Godbout) alors qu'une augmentation du bruit apparait vers le côté nord le long des voies pouvant aller jusqu'à 3 dB au plus près des voies et sur la côte sud le long de la voie côtière.

Ces résultats illustrent une variabilité spatiale des effets acoustiques : certaines zones sont légèrement plus exposées en raison de la présence accrue de navires (voie de Godbout et Baie-Comeau), mais globalement, l'élévation des niveaux de pression et d'énergie acoustique demeure limitée.

Pour une multiplication par 10 du trafic, le nombre de navires transitant dans les voies vers Baie-Comeau et Godbout est de l'ordre de 36 soit l'équivalent du double du nombre de navires transitant dans les voies Nord et Sud et dans ce cas, le bruit est modifié sur toute la zone d'étude avec des maxima toujours situés proches des voies où l'augmentation peut atteindre 10 dB.

Le Tableau 11-11 indique, dans le scénario de doublement du trafic maritime et dans le scénario de trafic maritime multiplié par 10, le pourcentage de la zone d'étude ayant subi une augmentation moyenne du niveau sonore.

Pour le scénario de trafic doublé :

- 84 % de la zone subit une augmentation inférieure à 1 dB,
- Seulement 1,3 % de la zone subit une augmentation supérieure à 3 dB.

Pour le scénario de trafic multiplié par 10 :

- 80 % de la zone subit une augmentation inférieure à 6 dB,
- 20 % de la zone subit une augmentation supérieure à 6 dB.

Tableau 11-11 Proportion de l'aire d'étude impactée par une augmentation moyenne de dB, scénario 1 : doublement du trafic et scénario 2 : trafic multiplié par 10

Augmentation du bruit moyen	Part de la zone d'étude concernée	
	Scénario trafic doublé	Scénario trafic multiplié par 10
Moins de 1 dB	84,1 %	1,4 %
Entre 1 et 2 dB	13,3 %	1,3 %
Entre 2 et 3 dB	1,3 %	3,5 %
Entre 3 et 4 dB	0,8 %	7,4 %
Entre 4 et 6 dB	0,5 % (plus de 4 dB)	67,4 %
Entre 6 et 8 dB	-	14,2 %
Entre 8 et 10 dB	-	3,6 %

11.5.2 EFFET DE L'AUGMENTATION DU NIVEAU SONORE SUR L'AIRE DE COMMUNICATION ET D'ÉCHOLOCALISATION

L'augmentation du bruit ambiant va se traduire par une réduction de l'aire de communication des cétacés, en raison du masquage acoustique, ainsi qu'une diminution de la zone d'écholocalisation des cétacés haute-fréquence et très haute-fréquence, dont les bélugas. Ces espèces produisent des clics à haute fréquence pour s'orienter dans l'environnement marin et localiser leurs proies. Ces concepts sont expliqués ci-dessus et représentés à la Figure 11-12.

Espace de communication

On suppose deux animaux en communication. L'un émet un signal de niveau SL. À une distance *r*, en considérant des pertes de transmission sphériques, le niveau sonore reçu est :

$$SPL\ (niveau\ reçu) = SL\ (niveau\ de\ la\ vocalisation) - 20\log(r)\ (perte\ de\ transmission)$$

L'animal recevant le signal est capable de comprendre le signal si le niveau reçu dépasse le bruit ambiant (BA) d'une quantité donnée appelée SC (seuil de communication). L'espace de communication est donc défini par l'équation :

$$SL - 20\log(r) = BA + SC$$

Ce qui donne pour le rayon de l'espace de communication :

$$r_c = 10^{\frac{SL-BA-SC}{20}}$$

Si l'on compare deux niveaux de bruit ambiant :

- Un niveau nominal BA_n donnant un rayon r_{cn}
- Un niveau perturbé BAp= BA_n + d donnant un rayon r_{cp}, où *d* représente la différence du niveau sonore entre le niveau nominal et le perturbé

Alors le facteur de réduction du rayon de communication s'exprime par :

$$\frac{r_{cp}}{r_{cn}} = 10^{\frac{-d}{20}}.$$

Espace d'écholocalisation (chasse, navigation)

On considère un animal émettant des clics haute-fréquence. Celui-ci émet un signal de niveau SL. À une distance *r*, en supposant des pertes de transmission sphériques, le niveau de pression acoustique du signal est donné par :

$$SPL\ (niveau\ reçu) = SL\ (niveau\ de\ la\ vocalisation) - 20\log(r)\ (perte\ de\ transmission)$$

Le signal se réfléchit ensuite sur la proie ou surface, subissant une atténuation de TS dB (*Target Strength*), puis revient vers l'animal en perdant de nouveau $20\log(r)$. Le niveau du signal réfléchi reçu est donc :

$$SPL_{réception} = SL - \ 40\log(r) - TS$$

L'animal est en mesure de détecter ce signal si son niveau dépasse celui du bruit ambiant (BA) d'une valeur minimale appelée SD (seuil de détection). L'équation décrivant la limite de l'espace de chasse est alors :

$$SL - 40\log(r) - TS = BA + SD$$

Ce qui permet de définir le rayon de l'espace d'écholocalisation :

$$r_c = 10^{\frac{SL-TS-BA-SD}{40}}$$

Si l'on compare deux niveaux de bruit ambiant :

- Un niveau nominal BA_n donnant un rayon r_{cn}
- Un niveau perturbé BAp= BA_n + d donnant un rayon r_{cp}, où *d* représente la différence du niveau sonore entre le niveau nominal et le perturbé

Alors le facteur de réduction du rayon de communication s'exprime par :

$$\frac{r_{cp}}{r_{cn}} = 10^{\frac{-d}{40}}.$$

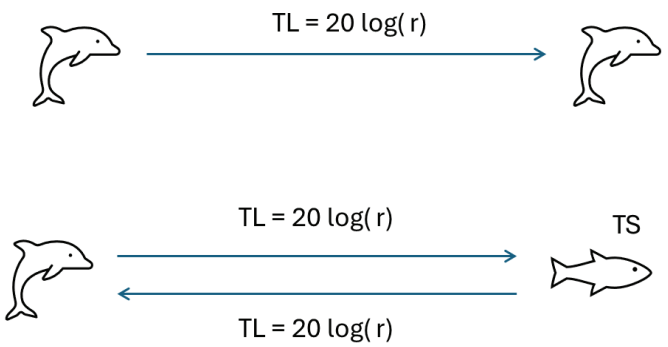


Figure 11-12 : Grandeurs et concepts pour le calcul des rayons de communication et de chasse

Réduction effective des rayons dans le scénario 1 : doublement du trafic

Les réductions d'aire de communication et d'écholocalisation peuvent être estimées selon les augmentations de niveaux de bruit lié au trafic maritime et mis en relation avec les pourcentages de zone affectée par l'augmentation de ce bruit. Ces résultats sont décrits au Tableau 11-12.

Dans le cas du scénario 1 : doublement du trafic :

- Pour 84 % de la zone d'étude, le rayon de communication est diminué de 11 % par rapport à la situation initiale et le rayon d'écholocalisation est diminué 6 % par rapport à la situation initiale,
- Pour 1,3 % de la zone d'étude, le rayon de communication est diminué de 29 % par rapport à la situation initiale et le rayon de chasse est diminué 16 % par rapport à la situation initiale.
- Pour 0,8% de la zone d'étude, le rayon de communication est diminué de 37 % par rapport à la situation initiale et le rayon de chasse est diminué 21 % par rapport à la situation initiale.

Tableau 11-12 Facteur de réduction de l'espace de communication et d'écholocalisation selon des augmentations de niveau de bruit

Facteur de réduction de l'espace	Augmentation du bruit		
	1 dB	3 dB	4 dB
Communication	0,89	0,71	0,63
Écholocalisation	0,94	0,84	0,79

11.6 DISCUSSION ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Au niveau de la zone étudiée, les résultats de modélisation montrent que le doublement du trafic maritime autour de Matane (augmentation de 4 navires par jour), bien qu'entraînant une légère augmentation des niveaux sonores, induit des variations limitées, tant du point de vue des niveaux rayonnés que des zones d'effet associées aux seuils de dérangement comportemental et auditif (TTS et PTS).

Bien que l'intensification du trafic maritime entraîne une élévation ponctuelle du bruit rayonné, son effet sur les espèces marines demeure limité en durée et en étendue spatiale pour un scénario probabiliste, soit une augmentation maximum de 4 navires par jour.

Niveaux sonores rayonnés à l'échelle du Saint-Laurent

Les statistiques globales indiquent que le SPL_{rms} maximum rayonné dans l'environnement varie très peu entre le trafic actuel et un trafic doublé (4 navires par jour). La valeur maximale passe de 197 dB à 200 dB, soit une augmentation moyenne maximale de 3 dB, et la valeur médiane passe de 112 dB à 113 dB, soit une augmentation de l'ordre de 1 dB. Ces différences sont faibles au regard à la variabilité naturelle du bruit ambiant marin. D'ailleurs, l'analyse spatiale révèle que 84 % de la zone d'étude connaît une augmentation égale ou inférieure à 1 dB, tandis que moins de 1,3 % de la zone enregistre une hausse supérieure à 3 dB.

Une élévation de l'ordre de 1 à 3 dB correspond à une réduction modérée des portées de détection acoustique pour les mammifères marins. Pour la majeure partie de la zone d'étude (84 %, où l'augmentation atteint 1 dB), cela se traduit par une diminution d'environ 11 % des distances de communication et de 6 % des portées d'écholocalisation. Les zones subissant des hausses de bruit plus marquées (jusqu'à 3–4 dB) ne représentent qu'une très faible portion de l'aire (moins de 2 %), et les réductions de portée associées (environ 30 % pour la communication et 20 % pour l'écholocalisation) y restent ponctuelles et confinées aux abords immédiats des routes de navigation.

Ces valeurs suggèrent que l'ajout de 4 navires par jour ne suffit pas à modifier de manière significative le climat acoustique global du Saint-Laurent. Les médianes du trafic actuel et du trafic doublé montrent que les niveaux restent comparables pour l'ensemble de la zone étudiée.

Afin d'obtenir une augmentation moyenne de l'ordre de 5 dB des niveaux de bruit rayonnés, il faudrait ajouter environ 38 navires par jour, soit multiplier par dix le trafic maritime actuel vers Matane. Un tel scénario étant irréaliste et donc, on peut en déduire que l'augmentation du trafic observée dans le cadre de la présente étude engendre une légère hausse des niveaux acoustiques, inférieurs à 5 dB sur l'ensemble de la zone, et dont les effets sur l'environnement sonore marin demeurent limités et locaux.

Zones d'effet comportemental (SPL_{rms} 120 et 160 dB)

Lorsque le trafic est augmenté de 4 navires par jour, le seuil de dérangement comportemental de 120 dB est atteint sur les mêmes zones que le cas du trafic actuel. Toutefois, le temps dans la journée où le seuil est dépassé sur ces zones ne varie que très peu soit en moyenne moins de 2 minutes par jour, soit un total de 7,4 % du temps par jour. Cela indique un faible accroissement du risque comportemental à large échelle.

Concernant le seuil de 160 dB, lié à un dérangement plus marqué, les effets restent strictement localisés le long des routes maritimes, sans élargissement des zones d'exposition avec le trafic actuel (rayon constant de 2,3 km). Le temps d'exposition à ce seuil augmente de 0,9 %, passant de 30 minutes à 45 minutes en moyenne par jour.

Risques auditifs (TTS et PTS)

Ils sont improbables. La route d'un navire doit croiser un cétacé basse-fréquence (LF) à moins de 50 m pour créer une dégradation temporaire de l'audition TTS et à moins de 1 m pour un cétacé haute-fréquence (HF). Dans ces deux cas, le risque de collision va prévaloir sur le risque acoustique qui lui permet un éloignement.

En somme, l'étude confirme que le scénario probabiliste d'augmentation du trafic maritime dans le secteur de Matane (4 navires par jour) n'induit pas de risque acoustique significatif pour les mammifères marins. Les effets potentiels, bien que localement perceptibles, restent faibles, transitoires et spatialement confinés aux voies de navigation, et s'inscrivent dans la variabilité attendue d'un bruit sous-marin soumis à un trafic modéré.

12 GLOSSAIRE

Impédance acoustique

L'impédance acoustique (Z) est une grandeur physique qui caractérise la résistance d'un milieu à la propagation d'une onde sonore. Elle est définie comme le produit de la densité du milieu (ρ) et de la vitesse du son (c) dans ce milieu.

Bruit anthropique

Les bruits anthropiques sont les sons produits par les activités humaines. Dans le cadre des travaux maritimes, cela inclut des bruits comme ceux générés par la navigation, les travaux sous l'eau, le dragage, ainsi que d'autres équipements industriels utilisés dans les ports et les zones côtières.

Bruit continu

Les bruits continus correspondent à des sons prolongés dans le temps. Dans le cadre des travaux maritimes, des bruits tels que ceux générés par le vibrofonçage de pieux et de palplanches, ainsi que par les opérations de dragage, sont des bruits considérés comme continus en raison de leur durée prolongée et de leur régularité.

Bruit impulsif

Les bruits impulsifs correspondent à des sons de courte durée, intense et soudain avec des montées en pression rapides. Dans le cadre des travaux maritimes, les bruits impulsifs peuvent provenir du battage de pieux, d'explosions ou de sonars ou des sources sismiques.

Décibel [dB]

Le décibel (dB) est utilisé pour quantifier le niveau sonore ou l'intensité des sons et correspond à 20 fois le logarithme en base 10 du rapport entre la pression acoustique mesurée et une pression acoustique de référence dans l'eau, soit de 1 micropascal (P_{ref} = 1 µPa). L'équation de la pression sonore en décibels est la suivante :

$$dB = 20log_{10}\left(\frac{P}{P_{ref}}\right), P_{ref} = 1\ \mu Pa$$

Déplacement temporaire du seuil auditif (TTS - *Temporary Thresold Shift*)

Une exposition à un son suffisamment intense ou prolongé peut entraîner une élévation du seuil auditif chez un animal, réduisant sa sensibilité auditive. Si l'audition revient à la normale après une période de calme, on parle alors de déplacement temporaire du seuil auditif, ou *Temporary Threshold Shift* (TTS). Ce phénomène dépend non seulement de l'intensité du son, mais aussi de plusieurs de ses caractéristiques, comme le temps de montée, la durée, la répétitivité (cycle de service) et le contenu fréquentiel.

Déplacement permanent du seuil auditif (PTS - *Permanent Threshold Shift*)

Lorsque l'exposition au son est trop intense ou trop prolongée, le seuil auditif chez un animal peut ne pas revenir à la normale après une période de calme : on parle alors de déplacement permanent du seuil auditif, ou *Permanent Threshold Shift* (PTS). Contrairement au TTS, ce déplacement auditif est irréversible et entraîne une diminution permanente de la sensibilité auditive. Le risque de PTS dépend des mêmes facteurs acoustiques que le TTS (niveau sonore, durée, rétivité, fréquence), mais survient à des niveaux sonores plus élevés ou après des expositions plus longues.

Dérangement comportemental (DC)

Modification des comportements naturels d'un mammifère marin (alimentation, repos, reproduction, migration) en réponse à une augmentation du bruit sous-marin. Peut inclure l'évitement d'une zone ou l'interruption d'activités essentielles.

Fonçage par marteau fond-de-trou (DTH- Down-the-hole *drill*)

Méthode de forage où un marteau pneumatique, placé au fond du trou juste derrière l'outil de coupe, frappe directement la roche pour la fracturer par percussion et rotation et s'enfonce ainsi dans le sol. Cette méthode est utilisée pour enfoncer des pieux ou dans des travaux maritimes en terrains rocheux.

Empreinte acoustique

L'empreinte acoustique d'un projet correspond à la zone dans laquelle le bruit généré par le projet reste audible dans le milieu marin. Cette audibilité est définie comme le dépassement du niveau de bruit propagé (SPL_{rms}) par rapport au bruit ambiant. C'est donc une zone étendue dans laquelle des effets potentiels comme le masquage des communications peuvent se produire, même si les effets biologiques plus marqués (dérangement, TTS, PTS) sont généralement limités à des zones bien plus restreintes à l'intérieur de cette empreinte.

Fonction de transfert auditif ou fonction de pondération M

La fonction de pondération M (ou *M-Weighting function*) permet d'évaluer l'impact du bruit sur l'audition de certains groupes auditifs de la faune marine. Tout comme la pondération A en acoustique aérienne (qui reflète la sensibilité de l'oreille humaine), la pondération M ajuste les niveaux sonores sous-marins en fonction de la sensibilité auditive des mammifères marins. Il s'agit d'un processus de filtrage acoustique qui réduit l'importance des fréquences inaudibles ou moins perceptibles pour certaines espèces ou groupes d'espèces de mammifères marins.

Fréquence

La fréquence désigne le nombre de fois qu'un phénomène périodique se répète par unité de temps. Elle est mesurée en hertz (Hz), un hertz étant équivalent à un cycle par seconde. En acoustique, la fréquence réfère à la « hauteur » d'un son (aigu ou grave).

Groupe d'audition

Le groupe d'audition rassemble des espèces animales présentant des sensibilités auditives similaires. Parmi les mammifères marins, on peut citer les cétacés à basse fréquence (LF), les cétacés à haute fréquence (HF), les cétacés à très haute fréquence (VHF), les carnivores phocidés dans l'eau (PCW), les carnivores phocidés dans l'air (PCA), les siréniens (SI) et les autres carnivores marins dans l'air (OCA) et les autres carnivores marins dans l'eau (OCW) (Southall et al. 2019).

Hydrophone

Un hydrophone est un appareil utilisé pour détecter et enregistrer les ondes sonores sous-marines en convertissant les variations de pression acoustique en signaux électriques.

Niveau sonore reçu SPL [dB re 1 µPa]

Le niveau sonore reçu SPL fait référence à l'amplitude du signal acoustique détecté par un récepteur sous l'eau (comme un hydrophone ou un mammifère marin). Ce niveau exprimé en décibel référencé à 1 µPa (dB re 1 µPa) dépend de plusieurs facteurs, dont le niveau de la source sonore (SL) (source qui émet le bruit) et les pertes par transmission (TL). Ce niveau peut être exprimé selon l'équation suivante :

$$\boldsymbol{SPL}\ (niveau\ sonore\ reçu) = \boldsymbol{SL}\ (Niveau\ sonore\ émis) - \boldsymbol{TL}\ (perte\ par\ tranmission)$$

Niveau sonore SPL_{peak} ou $L_{p,0\text{-}pk}$ [dB re 1 µPa]

Le niveau sonore SPL_{peak} (*sound pressure level peak*) représente la valeur maximale du niveau de pression sonore dans un signal ou un enregistrement de pression *P(t)* pour une bande de fréquence définie.

Niveau sonore SPL_{rms} ou $L_{p,rms}$ [dB re 1 µPa]

Le niveau sonore SPL_{rms} (*sound pressure level rms*) (ou niveau efficace) évalue le niveau sonore moyen du signal reçu pendant la durée *T* du signal pour une bande de fréquence définie. Il est utile pour des signaux continus et non pulsés.

Niveau d'exposition sonore SEL_{24h} ou L_E [dB re 1 µPa^2•s]

Le niveau d'exposition sonore SEL_{24h} (*sound exposure level*) évalue la quantité d'énergie sonore totale à laquelle un animal est exposé sur une durée de 24h.

Niveau sonore à la source SL ou L_s [dB re 1 µPa @ 1m]

Le niveau sonore à la source *(source Level)* est la mesure de la pression sonore, exprimée en décibels (dB), par rapport à une référence de 1 micropascal (µPa) à une distance de 1 mètre de la source sonore.

Masquage acoustique

Phénomène où un bruit (ex. trafic maritime) interfère avec la détection ou la compréhension des signaux acoustiques (ex. vocalisations) par les mammifères marins, réduisant leur capacité à communiquer ou s'orienter.

Médiane

La médiane est une mesure statistique qui identifie la valeur au milieu d'un ensemble de données lorsqu'elles sont classées par ordre croissant. Elle divise l'ensemble de données en deux parties égales, la moitié des valeurs se situant en dessous et l'autre moitié au-dessus de cette valeur centrale.

Percentile

Un percentile est une mesure statistique qui indique la valeur à laquelle ou en dessous de laquelle se situe un certain pourcentage de points de données dans un ensemble de données. Par exemple, le 25e percentile désigne la valeur en dessous de laquelle se situent 25 % des points de données, tandis que le 50e percentile représente la médiane, 50 % des points de données se situant en dessous.

Perte de transmission ou propagation (TL - *Transmission loss*)

Lors de la propagation acoustique sous-marine, l'énergie du signal se dissipe à travers l'eau sur une certaine distance. Ces pertes se produisent en raison de plusieurs facteurs physiques et environnementaux comme l'absorption de l'énergie par le milieu de propagation ainsi qu'un effet géométrique de divergence. Les pertes en transmission TL(r) expriment de combien de dB l'onde sonore s'atténue lorsque le son se propage sur une distance r. On retrouve ainsi une équation de perte par transmission où r représente la distance par rapport à la source sonore en mètre et *k* est une constante qui varie généralement entre 10 et 20, selon les caractéristiques du milieu :

$$TL = k \cdot \log(r)\ [dB]$$

Perte sphérique

Diminution de la puissance sonore lorsque le bruit s'éloigne de la source uniformément dans toutes les directions (sphère). La perte sphérique s'exprime selon l'équation suivante, où r correspond au rayon de propagation :

$$TL = 20\log_{10}(\mathrm{r})\ [dB]$$

Perte cylindrique

Dans des zones d'eau très peu profondes, le son ne peut pas se propager de manière sphérique dans toutes les directions, mais plutôt sous la forme d'une onde cylindrique délimitée par le fond marin et la surface de la mer. L'équation suivante exprime ce type de perte, où r correspond au rayon de propagation :

$$TL = 10\log_{10}(\mathrm{r})\ [dB]$$

Profil de célérité

Le profil de célérité indique la variation de la vitesse de propagation en fonction de la profondeur d'eau. Il dépend de plusieurs facteurs, notamment la température, la salinité et la pression et donc change en fonction des saisons. Le profil de célérité affecte la propagation des ondes sonores, et donc la façon dont les bruits sous-marins (comme ceux générés par les travaux portuaires) se déplacent. Les variations de célérité créent des phénomènes tels que la réfraction des ondes, où les ondes sonores peuvent se courber ou changer de direction en fonction des changements dans le profil de célérité.

Propriétés géoacoustiques

Les propriétés géoacoustiques du fond marin font référence aux caractéristiques acoustiques du sol sous-marin, y compris des éléments tels que la composition, la densité et la structure du fond marin, qui influencent la propagation du son dans l'eau.

Seuil d'audition

Le seuil d'audition représente le niveau sonore le plus bas qu'un animal peut détecter. Ce seuil d'audition varie en fonction des fréquences et est généralement désigné comme le seuil auquel un animal détectera un son 50 % du temps. L'évolution du seuil de détection en fonction de la fréquence est nommée « audiogramme ».

Spectre fréquentiel

Un spectre fréquentiel ou un spectre en fréquence ou une densité spectrale de puissance montre la répartition des fréquences dans un signal sonore à un moment précis. Souvent représenté sous forme de graphique, l'axe vertical (ordonnée) représente l'intensité sonore (dB re. 1µPa^2/Hz) et l'axe horizontal (abscisse) représente les fréquences en Hertz. Il permet d'identifier les caractéristiques d'un bruit, qu'il soit naturel, biologique ou anthropique. Par exemple, un bruit généré par un navire aura des pics d'intensité à des fréquences spécifiques selon sa machinerie et son régime moteur. De même, un son produit par une baleine apparaîtra à des fréquences particulières.

- Infrason basses fréquences (ex. <50 Hz) : Ces sons se propagent sur de longues distances sous l'eau, car ils subissent moins d'absorption par le milieu. Ils peuvent provenir, par exemple, des vocalisations de mammifères marins ou d'activités humaines comme le trafic maritime.
- Sons moyennes fréquences (50 Hz – 20 kHz) : Ces sons sont produits à la fois par des activités humaines, comme le trafic maritime (moteurs, hélices, systèmes mécaniques), et par des sources naturelles telles que les précipitations, le vent en surface ou les vagues.
- Ultrasons hautes fréquences (ex. >20 kHz) : Ces sons sont absorbés plus rapidement, ce qui réduit leur portée. Ils sont utilisés par exemple pour des applications comme le sonar ou l'écholocalisation chez certains mammifères marins comme le béluga.

Spectrogramme

Un spectrogramme est une représentation des fréquences (en ordonnées) en fonction du temps (en abscisse), selon un code de couleur qui représente la puissance des sons et se lit en dB re 1 $\mu Pa^2/Hz$. Chaque pixel de du spectrogramme représente le son à un instant donné et à une fréquence donnée et sa couleur indique le niveau. À titre d'exemple, le spectrogramme de gauche de la Figure 12-1 représente 5 sons courts (~0,02s) et répétitifs entre 150 et 750 Hz par un mâle corb (poisson) et le spectrogramme de droite représente deux sons plus longs (~1s) entre 6,5 et 10 kHz qui représente deux sifflements émis par un grand dauphin.

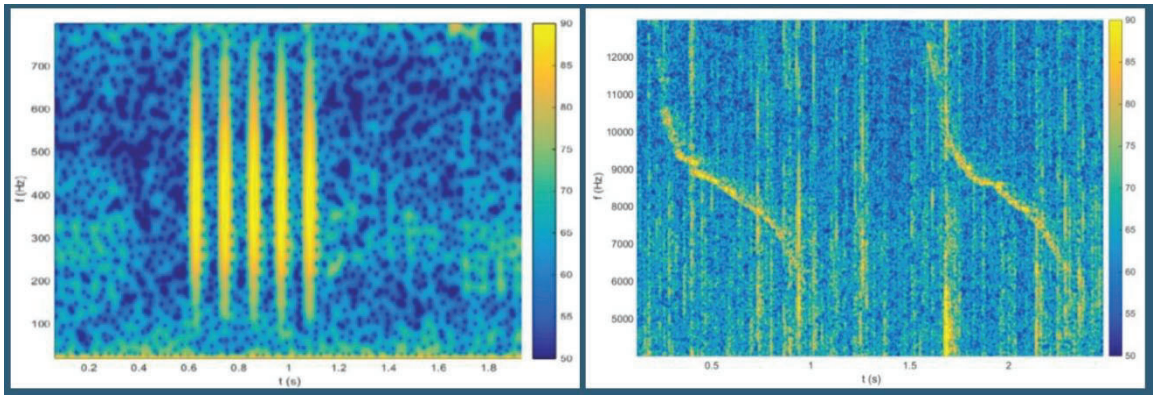


Figure 12-1 Exemple de spectrogrammes, à gauche 5 sons courts et répétitifs [150-750 Hz] à droite sons longs [6,5 - 10 kHz]

13 RÉFÉRENCES

Amyot, G., Gagné, N., & Hazel, F. (2013, Avril). Note technique Projet Nunavik Nickel,Techniques de dragage. *Canadian Royalties Inc. (CRI)* . https://doi.org/101-53046-03_100

Aulanier, F., Simard, Y., N., R., Gervaise, C., & Bandet, M. (2016). Spatial-temporal exposure of blue whale habitats to shipping noise in St. Lawrence system DFO. *Can. Sci. Advis. Sec. Res*, p. Doc. 2016/090. vi + 26 p.

Aulanier, F., Simard, Y., Roy, N., Bandet, M., & Gervaise, C. (2016). Groundtruthed probabilistic shipping noise modeling and mapping: Application to blue whale habitat in the Gulf of St. Lawrence. *Proceedings of Meetings on Acoustics*.

Aulanier, F., Simard, Y., Roy, N., Gervaise, C., & Bandet, M. (2016). Spatial-temporal exposure of blue whale habitats to shipping noise in St. Lawrence system. *Fisheries and Oceans Canada (DFO) Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc*, p. 26 vi +.

Bailey, H., Senior, B., Simmons, D., Rusin, J., Picken, G., & M Thompson, P. (2010, Juin). Assessing underwater noise levels during pile-driving at an offshore windfarm and its potential effects on marine mammals. *Mar Pollut Bull*, p. doi: 10.1016/j.marpolbul.2010.01.003. Epub 2010 Feb 11. PMID: 20152995.

Bellmann, M. (2014). Overview of existing Noise Mitigation Systems for reducing Pile-Driving Noise. *inter noise 2014 itap - Institute of Technical and Applied Physics GmbH*.

Bellmann, M., May, A., Wendt, T., Gerlach, S., Remmers, P., & Brinkmann, J. (2020). Underwater noise during percussive pile driving:Influencing factors on pile-driving noise and technical possibilities to comply withnoise mitigation values ERa Report Technical Report. *Itap GmbH*, p. 128.

Berchok, C., Bradley, D., & Gabrielson, T. (2006). St. Lawrence blue whale vocalizations revisited : Characterization of calls detected from 1998 to 2001. *J. Acoust. Soc. Am*, pp. 120(4) 2340-2354.

Blackwell, S. B. (2004, Août). Underwater Measurements of Pile Driving Sounds uring the Port MacKenzie Dock Modifications. pp. 13-16. https://doi.org/Facilities, Anchorage, AK, and Federal Highway Administration, Juneau, AK. 33p.

Brandt, M., Diederichs, A., Betke, K., & Matuschek, R. (2011, Janvier). Responses of harbour porpoises to pile driving at the Horns Rev II offshore wind farm in the Danish North Sea. *Marine Ecology Progress Series*, pp. 421:205-216. https://doi.org/DOI:10.3354/meps08888

Breeding, J., Pflug, L. A., Bradley, M., & H., W. M. (1996). *Research Ambient Noise Directionality (RANDI) 3.1 Physics Description, Final report.* Naval research lab Stennis Space Center Ms .

Burgess, W. C., & Blackwell, S. B. (2005, Fevrier 3). Underwater acoustic measurements of vibratory pile driving at the pipeline 5 crossing in the Snohomish River, Everett Washington. *Greeneridge Sciences Emergency Water Transmission Pipeline Repairs Construction Project City of Everett Project No. UP 3148*. Récupéré sur Report 322-2

Canada, G. d. (2024). *données climatiques historiques du gouvernement du Canada - Station Mont Joli 7055122*. Récupéré sur https://climat.meteo.gc.ca/historical_data/search_historic_data_f.html

CEDA, C. (2011, Novembre 7). Underwater Sound In Relation To Dredging. *CEDA Position Paper*.

Chen, C. T., & Millero, F. J. (1977). Speed of sound in seawater at high pressures. *The Journal of the Acoustical Society of America*.

Dahl, P., Dall'Osto, D., & Farrell, D. (2015, Juin). The underwater sound field from vibratory pile driving. *J Acoust Soc Am*, p. doi: 10.1121/1.4921288.

Dahl, P., Reinhall, P., Popper, A., & Ainslie, M. (2014, Avril). Underwater sound from pile driving, what is it and why does it matter. *The Journal of the Acoustical Society of America (JASA)*, p. 135(4):2312. https://doi.org/DOI:10.1121/1.4877620

Denes, S., Vallarta, J., & Zeddies, D. (2019). Sound Source Characterization of Down-the-Hole Hammering: Thimble Shoal, Virginia. Document 001888, Version 2.0. Technical report by JASCO Applied Sciences for Chesapeake Tunnel Joint Venture.

Elmer, K.-H., Neumann, T., Betke, K., Gerasch, W.-J., & Gabriel, J. (2007, Février). Measurement and Reduction of Offshore Wind Turbine Construction Noise. *DEWI Magazin Nr. 30*.

Finneran, J. J. (2024). Marine mammal auditory weighthing functions and exposure functions for US Navy Phase 4 acoustic effects analyses. *NIWC Pacific*.

Finneran, J., Randall, D., Belting , T., McBain, J., Ridgway, S., Carder, D., & Dalton, L. (2003, Février). Pure tone audiograms and possible aminoglycoside-induced. *The Journal of the Acoustical Society of America*. https://doi.org/10.1121/1.4779066

Galbraith, P. S., Chassé, J., Dumas, J., Shaw, J.-L., Caverhill, C., Lefaivre, D., & Lafleur, C. (2022). Physical oceanographic conditions in the Gulf of St. Lawrence during 2021. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2022/034. iv + 83 p.*

GEBCO Compilation Group. (2024). GEBCO 2024 Grid. https://doi.org/10.5285/1c44ce99-0a0d-5f4fe063-7086abc0ea0f

GENIVAR. (2012). Réfection des quais de l'aluminerie Alcoa de Baie-Comeau. Mesure de. *Rapport de GENIVAR inc.* , p. 33 p.

Gervaise, C., & Lossent, J. (2020). Étude des effets acoustiques des levés géophysiques et UXO du projet de raccordement électrique des éoliennes en mer de Saint-Brieuc sur la ressource halieutique. pp. Rapport RTE, 51.

Gervaise, C., Simard, Y., Roy, N., Kinda, B., & Menard, N. (2012). Shipping noise in whale habitat: Characteristics, sources, budget, and impact on belugas in Saguenay–St. Lawrence Marine Park hub. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 132(1), 76-89.

Gomez, C., Lawson, J., Wright, A., Buren, A., Tollit, D., & Lesage, V. (2016). A systematic review on the behavioural responses of wild marine mammals to noise: the disparity between science and policy. *Canadian Journal of Zoology*, 94(12): 801-819. https://doi.org/https://doi.org/10.1139/cjz-2016-0099

Gordon, C. (2018). Anthropogenic Noise and Cetacean Interactions in the 21st Century: a Contemporary Review of the Impacts of Environmental Noise Pollution on Cetacean Ecologies. *University Honors Theses*, p. 625. https://doi.org/10.15760/honors.636

Gouvernement du Canada. (2025). *Tableau de l'échelle Beaufort*. Récupéré sur https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/renseignements-generaux-conditions-maritimes/description-previsions-meteo/tableau-echelle-beaufort.html

Gouvernement of South Australia. (2021, Novembre). Underwater Piling Noise Guidelines. *Department of Planning, Transport and Infrastructure* .

Greene, C., Blackwell, S., & McLennan, M. (2008, Février). Sounds and vibrations in the frozen Beaufort Sea during gravel island construction Greeneridge Sciences, Inc. *The Journal of the Acoustical Society of America (JASA)*, p. 463. https://doi.org/DOI: 10.1121/1.2821970

Guan, S., & Miner, R. (2020, Novembre). Underwater noise characterization of down-the-hole pile driving activities. *Mar Pollut Bull*, p. 160:111664. https://doi.org/doi: 10.1016/j.marpolbul.2020.111664. Epub 2020 Sep 14. PMID: 33181939.

Guan, S., Brookens, T., & Miner, R. (2022, Janvier). Acoustic characteristics from an in-water down-the-hole pile. *The Journal of the Acoustical Society of America (JASA)*, pp. 151, 310–320 (2022). https://doi.org/https://doi.org/10.1121/10.0009272

Huang, L.-F., Xu, X.-M., Yang, L.-L., Huang, S.-Q., Zhang, X.-H., & Zhou, Y.-L. (2023, Février). Underwater noise characteristics of offshore exploratory drilling and its impact on marine mammals. *Frontiers in Marine Science*. https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1097701

ICF Jones & Stokes, & Ilingworth and Rodkin. (2009, Février). Technical Guidance for Assessment and Mitigation of the Hydroacoustic Effects of Pile Driving on Fish. *California Department of Transportation*.

Jensen, F. B., Kuperman, W. A., Porter, M. B., Schmidt, H., & Tolstoy, A. (2011). *Computational ocean acoustics.* (Vol. 2011). New York, NY: Springer New York.

JNCC, J. N. (2017, Août). JNCC guidelines for minimising the risk of injury to marine mammals from geophysical surveys. p. 26 p. Récupéré sur https://jncc.gov.uk/

Jong, C., Ainslie, M., Dreschler, J., Jansen, E., Heemskerk, E., & Groen, W. (2010, Novembre). Underwater noise of Trailing Suction Hopper Dredgers at Maasvlakte 2 : Analysis of source levels and background noire. *TNO-DV*. https://doi.org/TNO-DV

Kinda, G. B., Le Courtois, F., & Stéphan, Y. (2017). Ambient noise dynamics in a heavy shipping area. *Marine pollution bulletin*, 124(1), 534-546.

Le Bot, O., Simard, Y., Roy, N., Mars, J., & Gervaise, C. (2016). Whistle source levels of free-ranging beluga whales in Saguenay-St. Lawrence marine park. *J Acoust Soc Am.* https://doi.org/0.1121/1.4955115

Lesage, V. (2021). St. Lawrence Estuary Beluga Whale. *Fisheries and Oceans Canada* .

Lesage, V., McQuinn, I., Carrier, D., Gosselin, J.-F., & Mosnier, A. (2014, Mai). Exposure of the beluga (Delphinapterus leucas) to marine traffic under various scenarios of transit route diversion in the St. Lawrence Estuary. *DFO (Fisheries and Oceans Canada) Can. Sci. Advis. Sec. Res.*, p. Doc. 2013/125 .iv +28.

McCauley, R. D., Fewtrell, J., Duncan, A. J., Jenner, C., Jenner, M.-N., Penrose, J. D., & al, e. (2000). Marine seismic surveys – a study of environmental implications. *APPEA J. 40, 8.* .

McQuinn, I., Lesage, V., Carrier, D., Chartrand, S., Larrivée, G., Samson, Y., . . . Theriault, J. (2011, Décembre). A threatened beluga (Delphinapterus leucas) population in the traffic lane: Vessel-generated noise characteristics of the Saguenay-St. Lawrence Marine Park, Canada. *The Journal of the Acoustical Society of America (JASA)*. https://doi.org/DOI: 10.1121/1.3658449

Mellinger, D., & Clark, C. (2003). Blue whale (Balaenoptera musculus) sounds from the North Atlantic . *J. Acoust. Soc. Am*, p. 114(2). https://doi.org/1108-1119

Mooney, A., Castellote, M., Quakenbusk, L., Hobbs, R., Gaglione, E., & Goertz, C. (2018). Variation in hearing within a wild population of beluga whales (Delphinapterus leucas). *Journal of Experimental Biology*. https://doi.org/doi:10.1242/jeb.171959

MPO Référence : 20-HQUE-00195. (2022). Réfection du quai, Anse aux Basques, estuaire du Saint-Laurent, Les Escoumins – Mise en œuvre de mesures visant à éviter et à atténuer la probabilité d'effets interdits sur le poisson et son habitat. Montréal.

MPO, M. d. (2020). *Action Plan to Reduce the Impact of Noise on the Beluga Whale (Delphinapterus leucas) and Other Marine Mammals at Risk in the St. Lawrence Estuary, 2020 (final)*. Récupéré sur https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/species-risk-public-registry/action-plans/beluga-whale-st-lawrence-estuary-2020.html

MPO, P. e. (2024). Document d'information sur le bruit sous-marin et ses impacts. Récupéré sur Gouvernement du Canada: Nu. 23-2345

MPO-DFO. (2024). *Pêches et Océans Canada - Stock Assessment of Atlantic Harbour seals (Phoca vitulina vitulina) in Canada for 2019-2021*. Science Advisory Report 2024/023.

MPO-DFO. (2024). *Stratégie canadienne sur le bruit sous-marin.*

Nedwell, D., & Howell, M. (2004, Octobre). A review of offshore windfarm related underwater noise sources. *Daren Howell Report No. 544 R 0308*.

NMFS, N. M. (2018). Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing (Version 2.0). *Underwater Thresholds for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts Office of Protected Resources*.

NMFS, N. M. (2022, Novembre). Acoustic Guidance for Assessment of Down-the-Hole (DTH) Systems . p. 5p.

NMFS, N. M. (2023). Summary of Marine Mammal Protection Act Acoustic Thresholds.

NMFS, N. M. (2024). 2024 Update to: Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing (Version 3.0) :. *Underwater and In-Air Criteria for Onset of Auditory Injury and Temporary Threshold Shifts*. Récupéré sur U.S. Dept. of Commer., NOAA. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-71, 182p.

Nowacek, D., Thorne, L., Johnston, D., & Tyack, P. (2007). Responses of cetaceans to anthropogenic noise. *Mammal Review, 37*(2), 81-115. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2907.2007.00104.x

Observatoire global du Saint-Laurent-OGSL. (2024). Diffusé sur l'Observatoire global du Saint-Laurent-OGSL. pp. Consulté le 2024-12-11. Récupéré sur https://ogsl.ca

ORJIP, O. (2023, October). Reducing uncertainty in underwater noise assessments (ReCon). *Carbon Trust*.

Pein, J., Lippert, T. L., & Estorff, O. (2022). Scaling laws for unmitigated pile driving : dependence of underwater noise on strike energy, pile diameter, ram weight and water depth . *Applied acoustics 198 108986*.

Pijanowski, B., Villanueva-Rivera, L., Dumyahn, S., Farina, A., Krause, B., Napoletano, B., & Pieretti, N. (2011). Soundscape ecology: the science of sound in the landscape. *BioScience*, pp. 61(3), 203-216.

Popper, A., Hawkins, A., Fay, R., Mann, D., Bartol, S., Carlson, T., . . . Tavolga, W. (2014). Sound exposure Guidelines for fishes and sea turtles.

Reyff, J. (2009). Reducing Underwater Sounds with Air Bubble Curtains : Protecting Fish and Marine Mammals from Pile-Driving Noise. *Tr News 262*.

Reyff, J. (2020). Review of Down-the-Hole Rock Socket Drilling Acoustic Data Measured for White Pass & Yukon Route (WP&YR) Mooring Dolphins. Note technique, Illingworth & Rodkin, Inc., Cotati, CA.

Reyff, J., Donovan, P., & Greene, C. (2003). Underwater sound levels associated with construction of the Benicia-Martinez Bridge.

Ross, D. (2005, Mai). Ship Sourcces of Ambiant Noise. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, pp. 30(2):257 - 261. https://doi.org/DOI:10.1109/JOE.2005.850879

Ross, D. (2005, April). Ship sources of ambient noise. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, pp. vol. 30, no. 2, pp. 257-261. Récupéré sur 10.1109/JOE.2005.850879

Roy, N., Simard, Y., & Gervaise, C. (2010). 3D tracking of foraging belugas from their clicks: Experiment from a coastal hydrophone array. *Applied Acoustics*, 71(11), 1050-1056. .

Seagreen Wind Energy Ltd. (2020, Avril). Offshore Wind Farm Piling Strategy. pp. LF000009-CST-OF-PLN-0022.

Simard, Y., Lepage, R., & Gervaise, C. (2010, Juin 16). Anthropogenic sound exposure of marine mammals from seaways: Estimates for Lower St. Lawrence Seaway, eastern Canada. *Applied Acoustics*, pp. 1093–1098.

Simard, Y., Roy, N., & Gervaise, C. (2008). Passive acoustic detection and localization of whales: Effects of shipping noise in Saguenay–St. Lawrence Marine Park. . *The Journal of the Acoustical Society of America*, 123(6), 4109-4117.

Simard, Y., Roy, N., Aulanier, F., & Giard, S. (2016). Blue whale continuous frequentations of St. Lawrence habitats from multi-year PAM series. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.*, p. 091. v + 14 p.

Simard, Y., Roy, N., Gervaise, C., & Giard, S. (2016). Analysis and modeling of 255 source levels ofmerchant ships from an acoustic observatory along St. Lawrence Seaway. *The Journal of the Acoustical Society of America*, p. 140. https://doi.org/doi: 10.1121/1.4962557

Simard, Y., Roy, N., Giard, S., Gervaise, C., Conversano, M., & Ménard, N. (2010). Estimating whale density from their whistling activity: Example with St. Lawrence beluga. *Applied Acoustics*, pp. 71(11), 1081-1086.

Song, Z., Mooney, A., Quakenbush, L., Hobbs, R., Gaglione, E., Goertz, C., & Castellote, M. (2023). Variability of Echolocation Clicks in Beluga Whales (Delphinapterus leucas) Within Shallow Waters. *Aquatic Mammals, 49. 62-72. 10.1578/AM.49.1.2023.62.* .

Southall, B. (2014). Marine Mammal Hearing and Sensitivity to Acoustic Impacts APPENDIX H. *Atlantic Geological And Geophysical (G&G) Activities Programmatic Environmental Impact Statement (PEIS)*.

Southall, B., Bowles, A., Ellison, W., Finneran, J., Gentry, R., Greene, C., . . . Tyrack, P. (2007). Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Initial Scientific Recommendations.

Southall, B., Bowles, A., Ellison, W., Finneran, J., Gentry, R., Greene, C., . . . Tyrack, P. (2019). Marine mammal noise exposure criteria : Updated scientific recommendations for residual hearing effects. *Aquatic Mammals*, pp. 45(2) 125-132.

Verfuss, U., Sinclair, R., & Sparling, C. (2019). A review of noise abatement systems for offshore wind farm construction noise, and the potential for their application in Scottish waters. *Scottish Natural Heritage Research Report No. 1070.* .

Weilgart, L. (2007, Décembre 6). The impacts of anthropogenic ocean noise on cetaceans and implications for management. *Canadian Journal of Zoology*. https://doi.org/https://doi.org/10.1139/Z07-101

Wenz, G. (1962). Acoustic Ambient Noise in the Ocean: Spectra and Sources. *J. Acoust. Soc. Am.*

WODA, W. O. (2013, Juin). Technical Guidance on: Underwater Sound in Relation to Dredging. *WODA Guidance*, p. 8p.

ANNEXE A– ÉCHELLE BEAUFORT

Tableau 13-1 Tableau de l'échelle Beaufort (Gouvernement du Canada, 2025)

Force	Vitesse du vent		Appellation	Effets observés sur mer
	km/h	Nœuds		
0	Moins de 1	Moins de 1	Calme	La surface de la mer est unie comme un miroir, mais pas forcément plane.
1	1 à 5	1 à 3	Très légères brises	Il se forme des rides ressemblantes à des écailles de poisson, mais sans écume.
2	6 à 11	4 à 6	Légère brise	Vaguelettes courtes, mais plus accusées. Leur crête a une apparence vitreuse, mais elles ne déferlent pas. Par bonne visibilité, la ligne d'horizon est toujours très nette.
3	12 à 19	7 à 10	Petite brise	Très petites vagues. Les crêtes commencent à déferler. Écume d'aspect vitreux. Parfois quelques moutons épars.
4	20 à 28	11 à 16	Jolie brise	Petites vagues devenant plus longues. Moutons franchement nombreux.
5	29 à 38	17 à 21	Bonne brise	Vagues modérées prenant une forme plus nettement allongée. Formation de nombreux moutons. Parfois quelques embruns.
6	39 à 49	22 à 27	Vent frais	De grosses vagues, ou lames commencent à se former. Les crêtes d'écume blanche sont parfois plus étendues. Habituellement, quelques embruns.
7	50 à 61	28 à 33	Grand frais	La mer grossit. L'écume blanche qui provient des lames déferlantes commence à être soufflée en traînées qui s'orientent dans le lit du vent.
8	62 à 74	34 à 40	Coup de vent	Lames de hauteur moyenne et plus allongées. De la crête commencent à se détacher des tourbillons d'embruns. Nettes traînées d'écume orientées dans le lit du vent.
9	75 à 88	41 à 47	Fort coup de vent	Grosses lames. Épaisses traînées d'écume dans le lit du vent. La crête des lames commence à vaciller, s'écrouler et déferler en rouleaux. Les embruns peuvent réduire la visibilité.
10	89 à 102	48 à 55	Tempête	Très grosses lames à longues crêtes en panache. Épaisses traînées d'écume. La surface des eaux semble blanche. Le déferlement en rouleaux devient intense et brutal. Visibilité réduite.
11	103 à 117	56 à 63	Violente tempête	Lames exceptionnellement hautes. Mer complètement recouverte de bancs d'écume. Visibilité réduite.
12	118 à 133	64 à 71	Vent d'ouragan	L'air est plein d'écume et d'embruns. La mer est entièrement blanche, du fait des bancs d'écume dérivants. Visibilité très fortement réduite.

ANNEXE B – FICHE TECHNIQUE MARTEAU

Fiche technique du marteau d'impact modèle B-64 Berminghammer utilisé pour les travaux de battage de pieu

BERMINGHAMMER
FOUNDATION EQUIPMENT

Model B-64 Clean Series 2006



Features

- ☐ Remote Throttle - infinitely controlable energy
- ☐ Clean Combustion- Low Emissions
- ☐ Fuel injection
- ☐ Easy Start in soft driving
- ☐ Available with hydraulic trip
- ☐ Free-standing operation
- ☐ Specialty driving adapters
- ☐ Optional Kinetic Energy Monitor
- ☐ Optional Energy Control System (patented)
- ☐ Environmentally friendly (no-drip operation, bio-fuels and oils)

Operational Specifications

Ram Mass:	14,110 lbs (6 400 kg)
Rated Energy:	162,260 ft•lbs (220 kJ)
Stroke at Rated Energy:	11.5 ft (3.5 m) 35 blows per minute
Maximum Physical Stroke:	13.0 ft (4.0 m)
Range of Operation:	4.5-11.5 ft (1.4-3.5 m) 56-35 blows per minute
Kinetic Energy at Rated Stroke:	105,000 ft-lbs (142 kJ)
Hammer Weight - bare hammer:	28,000 lbs (12 700 kg)
Weight with Typical USA-Style Box Lead Guides:	29,000 lbs (13 150 kg) 32 in (813 mm) guides
Typical Direct-Drive Housing:	2,350 lbs (1 070 kg) 30.0 in (672 mm) opening
Total Typical Operating Weight:	31,350 lbs (14 220 kg) (with guides, trip, and drive housing)
Fuel Tank Capacity:	40.0 US Gal. (150 L)
Oil Tank Capacity:	13.0 US Gal. (50 L)
Overall Length:	24.27 ft (7.4 m)
Length including Direct-Drive Housing:	26.38 ft (8.0 m)
Minimum Box Lead size:	32 in (813 mm)

Wellington Street Marine Terminal, Hamilton, ON, Canada L8L 4Z9
Phone 1.905.528.0425 • Fax 1.905.528.6187 • Toll Free (Canada & USA 1.800.668.9432)
www.berminghammer.com

ANNEXE C – RÉSULTAT TRAVAUX DE DRAGAGE

Résultat des rayons d'impacts pour les travaux de dragage pour le bruit généré par la drague sur le sol

Tableau 13-2 Résultat pour les rayons de dérangements comportementaux liés au dragage pour le bruit généré par la drague sur le sol

Empreinte acoustique et Dérangement comportemental			
Mammifères marins LF – HF – VHF et les Phocidés (PCW)			
	Sans atténuation		
Type d'effet	Empreinte acoustique	Dérangement comportemental	
Seuil SPL_{rms}	110 dB	120 dB	160 dB** *(bruit impulsif)*
Septembre *Novembre*	L'ensemble de la zone d'étude (Matane jusqu'à la Côte-Nord)	L'ensemble de la zone d'étude (Matane jusqu'à la Côte-Nord)	200 m

*** à titre de comparaison avec le seuil applicable au bruit impulsif*

Tableau 13-3 Résultat pour les rayons de PTS et TTS liés au dragage pour le bruit généré par la drague sur le sol

Déplacement permanent et temporaire de l'audition (PTS – TTS)			
	Sans atténuation + Animal immobile	**Sans atténuation + Animal fuit à 1 m/s**	**Sans atténuation + Animal fuit à 4 m/s**

Cétacés LF (basse fréquence)						
Seuil	SEL_{24h}: PTS = 199 dB, TTS = 179 dB					
Période	PTS	TTS	PTS	TTS	PTS	TTS
Septembre *Novembre*	≤ 100 m	1,9 km 2,5 km	≤ 100 m	1,6 km 1,6 km	≤ 100 m	1,6 km 1,6 km

Cétacés HF (haute fréquence)						
Seuil	SEL_{24h}: PTS = 198 dB, TTS = 178 dB					
Période	PTS	TTS	PTS	TTS	PTS	TTS
Septembre *Novembre*	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m

Cétacés VHF (Très haute fréquence)						
Seuil	SEL_{24h}: PTS = 173 dB, TTS = 153 dB					
Période	PTS	TTS	PTS	TTS	PTS	TTS
Septembre *Novembre*	≤ 100 m	1,6 km 1,7 km	≤ 100 m	1,6 km 1,6 km	≤ 100 m	1,6 km 1,6 km

Phocidés PCW						
Seuil	SEL_{24h}: PTS = 201 dB, TTS = 181 dB					
Période	PTS	TTS	PTS	TTS	PTS	TTS
Septembre *Novembre*	≤ 100 m	500 m 500 m	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m	≤ 100 m

ANNEXE D – ESPECES PRESENTES DANS LA ZONE D'ETUDE

Tableau 13-4 Espèces de cétacés susceptibles d'être présentes dans la zone d'étude élargie (Tableaux fournies par Englobe, 2025). La couleur orange dans le tableau représente une présence plus marquée des cétacés dans les mois correspondants.

Espèce	Zone fréquentée par l'espèce entre 2015 et 2019	Type d'habitat	Fonction biologique associée à la zone d'étude	Période de fréquentation	Groupe d'acuité auditive	Potentiel de présence dans la zone d'étude											
						Hiver			Printemps			Été			Automne		
						Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Mysticètes																	
Rorqual bleu (*Balaenoptera musculus)*	Au large des côtes du golfe du Saint-Laurent, de Terre-Neuve et de la Nouvelle-Écosse. Dans l'estuaire, les principales aires d'alimentation se trouvent entre Tadoussac et Rimouski ainsi qu'entre Rimouski et Sept-Îles.	Eaux arctiques et subarctiques. Zones d'abondance de krill (courants froids). Peut se trouver près des côtes.	Alimentation	Résident estival dans le golfe et l'estuaire (abondance maximale en août et en septembre). Présence sporadique en hiver.	Cétacé à basses fréquences	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Rorqual commun (*Balaenoptera physalus*)	En été, se concentre entre Tadoussac et Les Bergeronnes ainsi qu'entre Rimouski et l'axe Havre-Saint-Pierre—Gaspé. On l'observe aussi à l'est de Terre-Neuve, dans la baie de Fundy, dans le golfe du Maine et le long des côtes de Gaspé et de Percé.	Eaux arctiques, subarctiques et tempérées. Abondance de krill et d'autres petites proies (zones de remontée d'eau). Profondeurs généralement inférieures à 260 m.	Alimentation	Régulière l'été dans le golfe et l'estuaire.	Cétacé à basses fréquences					X	X	X	X	X	X	X	
Petit rorqual (*Balaenoptera acutorostrata*)	Omniprésent dans les eaux côtières du golfe du Saint-Laurent. Aires de fréquentation connues : entre Tadoussac et Les Bergeronnes, embouchure de la rivière Saguenay, golfe du Maine et le long des côtes de Gaspé et de Percé.	Eaux subarctiques et tempérées.	Alimentation	Résident saisonnier régulier dans le golfe et l'estuaire.	Cétacé à basses fréquences			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Rorqual à bosse (*Megaptera novaeangliae*)	Nord du golfe du Saint-Laurent, ouest de Terre-Neuve, Cap-Breton et près des côtes de Gaspé, incluant la baie des Chaleurs. Dans l'estuaire, abondant l'été entre Tadoussac et Les Bergeronnes, ainsi qu'entre Rimouski et l'axe Havre-Saint-Pierre—Gaspé.	Eaux arctiques, subarctiques, tempérées et tropicales. Eaux côtières, associées aux bancs de poissons.	Alimentation	Régulière en été dans le golfe. Quelques individus réguliers dans l'estuaire.	Cétacé à basses fréquences							X	X	X			
Baleine noire de l'Atlantique Nord (*Eubalaena glacialis*)	Baie de Fundy, sud-ouest de la Nouvelle-Écosse (habitat critique). Mentions dans le golfe du Saint-Laurent, entre la péninsule gaspésienne et les Îles-de-la-Madeleine.	Eaux tempérées côtières. Profondeur inférieure à 180 m.	Alimentation	Occasionnelle dans le golfe. Il arrive que des individus viennent jusque dans l'estuaire.	Cétacé à basses fréquences							X	X	X			

Espèce	Zone fréquentée par l'espèce entre 2015 et 2019	Type d'habitat	Fonction biologique associée à la zone d'étude	Période de fréquentation	Groupe d'acuité auditive	Potentiel de présence dans la zone d'étude											
						Hiver			Printemps			Été			Automne		
						Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Rorqual boréal (*Balaenoptera borealis*)	Bassin Roseway, baie de Fundy, au large de la côte ouest du Cap-Breton, au large de la côte est de Terre-Neuve et le long du plateau continental du Labrador.	Milieux pélagiques, dans des eaux dont la profondeur varie de quelque 40 m à plusieurs milliers de mètres.	Alimentation	Rare dans les eaux canadiennes de l'Atlantique. Présence connue dans le golfe et exceptionnelle dans l'estuaire.	Cétacé à basses fréquences							X	X	X			
Odontocètes																	
Béluga – Population de l'estuaire du Saint-Laurent (*Delphinapterus leucas*)	Estuaire et golfe du Saint-Laurent. En été, la population se concentre dans l'estuaire entre l'île aux Coudres, Forestville (Haute-Côte-Nord) et l'île du Bic (rive sud) ainsi que le fjord du Saguenay. En hiver, il se déplace dans la partie aval de l'estuaire (entre Forestville et Pointe-des-Monts) et dans la portion nord du golfe.	Principalement dans les eaux côtières et les baies protégées.	Alimentation Reproduction (mise bas : juin à septembre)	Résident à l'année dans les eaux du Saint-Laurent.	Cétacé à hautes fréquences	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Marsouin commun (*Phocoena phocoena*)	Présent dans tout le golfe du Saint-Laurent, mais particulièrement abondant dans sa partie nord. Autres aires de fréquentation : Gaspé et baie des Chaleurs, baie de Fundy.	Eaux côtières peu profondes et tempérées (généralement à moins de 250 km de la côte).	Alimentation	Régulière dans l'estuaire et le golfe du printemps à l'automne.	Cétacé à très hautes fréquences						X	X	X	X			
Cachalot macrocéphale (*Physeter macrocephalus*)	En été, les jeunes mâles qui fréquentent le Saint-Laurent appartiennent à la population de l'Atlantique Nord.	Eaux profondes de toutes les mers et océans du monde.	Alimentation	Occasionnelle l'été dans l'estuaire.	Cétacé à basses fréquences					X	X	X	X	X	X		
Globicéphale noir de l'Atlantique (*Globicephala melas*)	Cap-Breton, Terre-Neuve et ouest d'Anticosti.	Eaux froides à tempérées.	Alimentation	Résident estival dans la portion sud du golfe. Rare dans l'estuaire.	Cétacé à hautes fréquences						X	X	X	X			
Dauphin à flancs blancs de l'Atlantique (*Lagenorhynchus acutus*)	Présent dans l'ensemble du golfe du Saint-Laurent. Abondance et répartition varient d'une année à l'autre. Aires de fréquentation : Gaspé, Cap-Breton et golfe du Maine. Occasionnellement observé dans l'estuaire.	Eaux tempérées et subarctiques. Habituellement au large, mais s'approche des côtes en été.	Alimentation	Régulière l'été dans le golfe et exceptionnelle et de courte durée dans la partie amont de l'estuaire.	Cétacé à hautes fréquences				X	X	X	X	X	X	X	X	X
Dauphin à nez blanc (*Lagenorhynchus albirostris*)	Visiteur fréquent dans le golfe et exceptionnel dans l'estuaire.	Eaux tempérées et subarctiques. Habituellement au large, mais s'approche des côtes en été.	Alimentation	Régulière l'été dans le golfe, mais cette espèce peut être vue dans tout le Saint-Laurent.	Cétacé à hautes fréquences				X	X	X	X	X	X	X	X	X
Baleine à bec commune (*Hyperoodon ampullatus*)	Visiteur exceptionnel. Petite population distincte vit à l'année au large de la Nouvelle-Écosse (Goulet de l'île de Sable).	Eaux profondes	Alimentation	Exceptionnelle dans le Saint-Laurent. Seuls spécimens vus étaient échoués vivants.	Cétacé à hautes fréquences				X	X	X	X	X	X	X	X	X
Épaulard (*Orcinus orca*)	Eaux côtières de Terre-Neuve-et-Labrador, en particulier dans le détroit de Belle Isle.	Variés	Alimentation	Régulière dans le nord-est du golfe. Rare et sporadique dans l'estuaire.	Cétacé à hautes fréquences				X	X	X	X	X	X	X	X	X