



Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré

Projet de réhabilitation du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré

Version finale

N/Réf. : 115642.001-700

Étude d'impact sur l'environnement

1015, avenue Wilfrid-Pelletier
Québec QC, Canada G1W 0C4
Tél. : 418 654-9600 Téléc. : 418 654-9699
www.norda.com

Mars 2018



Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré

Projet de réhabilitation du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré

Version finale

N/Réf. : 115642.001-700

Étude d'impact sur l'environnement

Mars 2018

AVIS : Le présent document est encadré par la Loi sur le droit d'auteur et Norda Stelo Inc. en est le titulaire. Toute reproduction, production qui s'en inspire ou quelque contrefaçon que ce soit est donc formellement interdite. Ce document demeure la propriété de Norda Stelo Inc. et cette dernière est la seule à pouvoir autoriser de façon écrite la reproduction du présent document. Le contenu de ce dernier, dans son ensemble, est par ailleurs limité et réservé aux fins qu'il poursuit et qui y sont mentionnées. Norda Stelo Inc. se dégage de toute responsabilité liée à la réutilisation de ce document effectuée sans son consentement.

ÉQUIPE DE TRAVAIL

| | |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Annie Taillon, M. Sc., biogéographe | Spécialiste en environnement, responsable d'exécution |
| Stephan Ferrero, ing., génie portuaire et côtier | Responsable de projet |
| Daniel Plourde, M. ATDR., géographe | Spécialiste en environnement social |
| Maxime Léveillé, M. Sc., biologiste | Spécialiste en écologie aquatique |
| Vital Boulé, M. Sc., biologiste | Gestionnaire en environnement |
| Yves Racine, technicien en géomatique | Cartographie |
| Vanessa Viera, ph. D., biologiste, Spécialiste de la biodiversité | Responsable de la visite de terrain |
| Sarah-Claude Lachance, M. Sc., biologiste | Visite de terrain |
| Catherine Boucher | Adjointe administrative |

TABLE DES MATIÈRES

| | | |
|---------|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | Mise en contexte et justification du projet | 1 |
| 1.1 | Présentation de l'initiateur du projet | 1 |
| 1.2 | Contexte et raison d'être du projet | 2 |
| 1.3 | Analyse des solutions permettant de répondre à la problématique | 6 |
| 1.4 | Aménagements et projets connexes | 6 |
| 2 | Description du milieu récepteur | 9 |
| 2.1 | Délimitation de la zone d'étude | 9 |
| 2.2 | Description du milieu physique | 9 |
| 2.2.1 | Climat | 9 |
| 2.2.1.1 | Températures et précipitations | 9 |
| 2.2.1.2 | Vents | 12 |
| 2.2.2 | Géologie | 13 |
| 2.2.3 | Hydrologie et hydrodynamique | 14 |
| 2.2.3.1 | Cours d'eau et zones inondables | 14 |
| 2.2.3.2 | Marées | 17 |
| 2.2.3.3 | Bathymétrie | 18 |
| 2.2.3.4 | Régime des vagues et des glaces | 18 |
| 2.2.4 | Sols et sédiments | 20 |
| 2.2.5 | Qualité de l'eau | 21 |
| 2.3 | Description du milieu biologique | 22 |
| 2.3.1 | Végétation | 22 |
| 2.3.2 | Amphibiens et reptiles | 28 |
| 2.3.3 | Poissons | 28 |
| 2.3.4 | Oiseaux | 32 |
| 2.3.5 | Mammifères terrestres, semi-aquatiques et marins | 34 |
| 2.3.5.1 | Mammifères terrestres | 34 |
| 2.3.5.2 | Mammifères semi-aquatiques | 34 |
| 2.3.5.3 | Mammifères marins | 34 |
| 2.3.6 | Espèces floristiques et fauniques à statut précaire | 35 |
| 2.3.6.1 | Espèces floristiques | 35 |
| 2.3.6.2 | Espèces fauniques | 39 |
| 2.3.7 | Espèces exotiques envahissantes | 40 |
| 2.3.7.1 | Espèces floristiques | 40 |
| 2.3.7.2 | Espèces fauniques | 40 |

| | | |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.4 | Description du milieu humain | 41 |
| 2.4.1 | Contexte administratif..... | 41 |
| 2.4.2 | Planification et aménagement du territoire..... | 41 |
| 2.4.2.1 | Plan métropolitain d'aménagement et de développement de la Communauté métropolitaine de Québec (CMQ)..... | 41 |
| 2.4.2.2 | Plan de développement durable des collectivités de la Côte-de- Beaupré | 42 |
| 2.4.2.3 | Schéma d'aménagement et de développement durable (SADD) de la MRC de La Côte-de-Beaupré | 42 |
| 2.4.2.4 | Règlement de zonage de la Ville de Sainte-Anne-de-Beaupré..... | 43 |
| 2.4.3 | Profil socioéconomique | 44 |
| 2.4.3.1 | Caractéristiques démographiques..... | 44 |
| 2.4.3.2 | Situation économique | 45 |
| 2.4.4 | Tenures des terres..... | 46 |
| 2.4.5 | Utilisation actuelle et prévue du territoire | 47 |
| 2.4.5.1 | Milieu bâti..... | 47 |
| 2.4.5.2 | Activités récréatives et tourisme | 48 |
| 2.4.5.3 | Chasse et pêche | 48 |
| 2.4.5.4 | Aires protégées..... | 51 |
| 2.4.5.5 | Autres infrastructures et équipements publics..... | 51 |
| 2.4.5.6 | Navigation | 52 |
| 2.4.5.7 | Projets de développement | 52 |
| 2.4.6 | Patrimoine archéologique..... | 52 |
| 2.4.7 | Patrimoine bâti et paysager..... | 53 |
| 2.4.7.1 | Ressources patrimoniales | 53 |
| 2.4.7.2 | Paysage | 54 |
| 3 | Description du projet | 59 |
| 3.1 | Détermination des variantes..... | 59 |
| 3.2 | Sélection de la variante | 59 |
| 3.3 | Description de la variante retenue..... | 69 |
| 3.3.1 | Reconstruction de la digue | 69 |
| 3.3.2 | Reconstruction de la tête de quai | 69 |
| 3.4 | Calendrier de réalisation | 70 |
| 3.4.1 | En construction | 70 |
| 3.4.2 | En exploitation | 72 |
| 4 | Évaluation des impacts du projet | 73 |
| 4.1 | Approche méthodologique | 73 |

| | | |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1.1 | Méthode générale..... | 73 |
| 4.1.1.1 | Type d'impact..... | 74 |
| 4.1.1.2 | Détermination de l'importance de l'impact..... | 74 |
| 4.1.1.3 | Atténuation, compensation et bonification des impacts et impacts résiduels..... | 75 |
| 4.1.2 | Constitution de la grille d'interrelations..... | 75 |
| 4.1.2.1 | Identification des sources d'impact..... | 76 |
| 4.1.2.2 | Identification des éléments du milieu..... | 78 |
| 4.1.2.3 | Grille d'interrelations..... | 78 |
| 4.2 | Détermination et évaluation des impacts..... | 81 |
| 4.2.1 | Phase de construction..... | 81 |
| 4.2.1.1 | Air, bruits et vibrations..... | 81 |
| 4.2.1.2 | Eau..... | 82 |
| 4.2.1.3 | Sols et sédiments..... | 84 |
| 4.2.1.4 | Végétation aquatique et riveraine..... | 84 |
| 4.2.1.5 | Amphibiens et reptiles..... | 85 |
| 4.2.1.6 | Poissons..... | 85 |
| 4.2.1.7 | Oiseaux..... | 87 |
| 4.2.1.8 | Mammifères..... | 88 |
| 4.2.1.9 | Espèces à statut précaire..... | 88 |
| 4.2.1.10 | Qualité de vie (bruit)..... | 89 |
| 4.2.1.11 | Transport et circulation terrestres..... | 91 |
| 4.2.1.12 | Paysage..... | 92 |
| 4.2.1.13 | Activités récréatives..... | 92 |
| 4.2.1.14 | Économie et emploi..... | 93 |
| 4.2.2 | Présence, exploitation et entretien du quai..... | 93 |
| 4.2.2.1 | Qualité de l'air..... | 93 |
| 4.2.2.2 | Qualité de l'eau..... | 93 |
| 4.2.2.3 | Qualité des sédiments..... | 94 |
| 4.2.2.4 | Végétation aquatique et riveraine..... | 94 |
| 4.2.2.5 | Poissons..... | 94 |
| 4.2.2.6 | Oiseaux..... | 95 |
| 4.2.2.7 | Espèces à statut précaire..... | 95 |
| 4.2.2.8 | Qualité de vie (bruit)..... | 95 |
| 4.2.2.9 | Activités récréatives et touristiques..... | 96 |
| 4.2.2.10 | Paysage..... | 96 |
| 4.2.2.11 | Économie..... | 96 |

| | | |
|-----|-----------------------------------------------|-----|
| 4.3 | Synthèse du projet..... | 96 |
| 5 | Gestion des risques d'accident | 97 |
| 5.1 | Risques d'accidents technologiques | 97 |
| 5.2 | Mesures de sécurité | 97 |
| 5.3 | Plan préliminaire des mesures d'urgence | 98 |
| 6 | Surveillance environnementale | 99 |
| 7 | Suivi environnemental | 101 |
| 8 | Références et documents consultés | 103 |

LISTE DES TABLEAUX

| | | |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau 2.1 | Cotes d'inondation..... | 15 |
| Tableau 2.2 | Niveaux d'eau (marégraphique) à la station de Saint-François-de-l'Île-d'Orléans | 17 |
| Tableau 2.3 | Espèces d'amphibiens et reptiles présents dans les bassins versants du littoral de la Côte-de-Beaupré (tiré de OBV Charlevoix-Montmorency, 2015) | 28 |
| Tableau 2.4 | Utilisation potentielle de l'habitat par les principales espèces de poissons susceptible d'être présentes dans le secteur des travaux | 30 |
| Tableau 2.5 | Périodes de faible risque pour la réalisation de travaux en eau douce pour la région de la Capitale-Nationale | 32 |
| Tableau 2.6 | Liste des espèces observées au quai de Sainte-Anne-de-Beaupré (selon l'information tirée du site eBird)..... | 33 |
| Tableau 2.7 | Statuts de protection des espèces floristiques à statut précaire de l'estuaire fluvial rapportées par le CDPNQ pour la zone d'étude | 39 |
| Tableau 2.8 | Répartition de la population par municipalité, 2011-2016 et 2018..... | 45 |
| Tableau 2.9 | Situation de l'emploi en 2016 | 46 |
| Tableau 2.10 | Répartition des emplois selon les secteurs d'activité, 2016 | 46 |
| Tableau 2.11 | Activités de pêche commerciale à proximité ou dans la zone d'étude..... | 50 |
| Tableau 4.1 | Matrice de détermination de l'importance de l'impact..... | 76 |
| Tableau 4.2 | Périodes de faible risque pour la réalisation de travaux en eau douce pour la région de la Capitale-Nationale | 87 |

LISTE DES FIGURES

| | | |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 2.1 | Localisation régionale du secteur visé par le projet | 10 |
| Figure 2.2 | Délimitation de la zone d'étude | 11 |
| Figure 2.3 | Tableau des températures et des précipitations pour les normales climatiques à Château-Richer de 1981 à 2010 | 12 |
| Figure 2.4 | Rose des vents de la station historique de Sainte-Anne-de-Beaupré | 13 |
| Figure 2.5 | Localisation de la zone hydrique Charlevoix-Montmorency et de ses zones de gestion intégrée de l'eau par bassin versant | 15 |
| Figure 2.6 | Plan topographique | 16 |
| Figure 2.7 | Bathymétrie du secteur du quai | 19 |
| Figure 2.8 | Résultat du calcul de l'indice de biodiversité par segment (tirée de FQPPN, 2012) | 23 |
| Figure 2.9 | Les subdivisions du littoral (tiré de FQPPN, 2012) | 24 |
| Figure 2.10 | Transect schématique du rivage à Sainte-Anne-de-Beaupré (figure tirée de Dionne, 2000)..... | 25 |
| Figure 2.11 | Composantes naturelles de la zone d'étude | 26 |
| Figure 2.12 | Profil type des milieux humides du secteur d'étude Québec-Lévis et principales utilisations par la faune (Mousseau et Armellin, 1995) | 31 |
| Figure 2.13 | Zone RT-85 et zones adjacentes | 44 |
| Figure 2.14 | Lotissement à proximité du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré | 47 |
| Figure 2.15 | Sites de chasse aux oiseaux migrateurs fréquentés par des utilisateurs hurons-wendat (NHW, 2016)..... | 49 |
| Figure 2.16 | Localisation approximative du site archéologique CgEr-1 | 53 |
| Figure 3.1 | Conception préliminaire – Vue en plan | 61 |
| Figure 3.2 | Aménagement proposé – Vue en plan..... | 63 |
| Figure 3.3 | Conception préliminaire – Profils coupes | 65 |
| Figure 3.4 | Aménagement proposé – Coupe type | 67 |
| Figure 3.5 | Calendrier de construction | 71 |
| Figure 4.1 | Schéma de la démarche méthodologique | 73 |
| Figure 4.2 | Grille des interrelations et évaluation des impacts..... | 79 |

LISTE DES PHOTOS

| | | |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Photo 1.1 | Localisation du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré (Image Google Earth, 15 juin 2016) | 3 |
| Photo 1.2 | Vue générale de la digue du quai (septembre 2017)..... | 3 |
| Photo 1.3 | Bordure de béton de la digue (côté est) (source : SNC-Lavalin, 2016)..... | 4 |
| Photo 1.4 | Façade du quai (source : SNC-Lavalin, 2016)..... | 4 |
| Photo 2.1 | Couvert de glace près du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré le 8 mars 2012 | 20 |
| Photo 2.2 | Marais situé à l'est du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré (octobre 2017) | 27 |
| Photo 2.3 | Vue de la toposéquence végétale à l'ouest du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré (octobre 2017)..... | 27 |
| Photo 2.4 | Utilisation du marais à scirpe de Sainte-Anne-de-Beaupré (octobre 2017)..... | 33 |
| Photo 2.5 | Cicutaire de Victorin | 35 |
| Photo 2.6 | Gentiane de Victorin (photo tirée de COSEPAC, 2004) | 36 |
| Photo 2.7 | Lycophe du Saint-Laurent (photo tirée de http://www.naturequebec.org) | 37 |
| Photo 2.8 | Bident d'Eaton (photo tirée de http://www.naturequebec.org) | 38 |
| Photo 2.9 | Pédiculaire des marais (photo tirée de http://www.repertoirequebecnature.com) | 38 |
| Photo 2.10 | Zizanie aquatique (photo tirée de http://www.naturequebec.org) | 39 |
| Photo 2.11 | Vue vers le littoral ouest depuis le quai..... | 56 |
| Photo 2.12 | Vue vers le littoral est depuis le quai..... | 56 |
| Photo 2.13 | Vue du secteur du quai depuis le chemin Royal à Sainte-Famille (Île-d'Orléans)..... | 57 |
| Photo 2.14 | Vue du quai depuis un établissement d'hébergement situé à l'ouest..... | 57 |

LISTE DES ANNEXES

| | |
|----------|------------------------------------------------------------|
| Annexe 1 | Directive du MDDELCC spécifique au projet (septembre 2016) |
| Annexe 2 | Rapport d'inspection et d'expertise (SNC-Lavalin, 2016) |
| Annexe 3 | Rapport de conception (Norda Stelo, 2018) |

1 MISE EN CONTEXTE ET JUSTIFICATION DU PROJET

1.1 Présentation de l'initiateur du projet

La Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré (CDQSAB) est l'initiateur du projet de réhabilitation du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré, dont les coordonnées sont les suivantes :

Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré (CDQSAB)
30, rue Sainte-Marguerite
Beaupré (Québec) G0A 1E0

Personne-ressource : Monsieur David Dorion, Conseiller en développement touristique
Téléphone : (418) 827-5256 poste 207
Télécopieur : (418) 827-5065

La CDQSAB est un organisme à but non lucratif, composé de représentants de la ville de Sainte-Anne-de-Beaupré, du Centre local de développement (CLD) de la Côte-de-Beaupré, ainsi que de personnes du milieu entrepreneurial ayant tous la volonté de transformer le quai de Sainte Anne-de-Beaupré afin d'en faire un lieu animé et accessible, ainsi que pour permettre un accès au fleuve par le biais d'installations et de services spécialisés, dont l'accueil de bateaux de croisière. Le projet vise donc à effectuer la réfection du quai pour en assurer la longévité, pour garantir la sécurité de ses usagers, ainsi que de favoriser le développement récréo-touristique de la ville et de la région par un accueil de visiteurs à partir du fleuve.

Le projet de réhabilitation du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré est assujéti à la Procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement en vertu de l'article 31.2 de la *Loi sur la qualité de l'environnement* (LQE) et du Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement puisqu'il vise des travaux d'agrandissement d'un quai.

Un avis de projet présentant les principales activités prévues au projet a été déposé au ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) par SNC-Lavalin en juillet 2016, tel que requis au *Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement*. Une directive spécifique pour l'évaluation environnementale du projet a ensuite été émise en septembre 2016 par le MDDELCC (annexe 1). La présente étude d'impact vise donc à répondre aux exigences de cette directive en vue d'obtenir l'autorisation globale requise pour réaliser le projet.

Dans le but de rédiger cette étude d'impact, la CDQSAB a sollicité les services de Norda Stelo Inc., représenté par :

Madame Annie Taillon, M. Sc., biogéographe,
Spécialiste en environnement, responsable d'exécution
1015, avenue Wilfrid-Pelletier
Québec (Québec) G1W 0C4
Téléphone : (418) 654-9696 poste : 26115
Courriel : annie.taillon@norda.com

En ce qui a trait aux politiques locales et régionales en matière d'environnement et de développement durable, la MRC de la Côte-de-Beaupré s'est dotée d'un Plan de développement durable (http://www.mrccotedebeaupre.com/developpementDurable/plan_dev_durable.shtml). Il s'agit d'un document stratégique qui permet à la MRC de réaliser une gouvernance davantage participative et qui favorise une meilleure cohérence dans la prise de décisions et qui assure une plus grande transparence dans la réalisation des actions.

La MRC s'est également dotée d'une Planification stratégique de développement durable (http://www.mrccotedebeaupre.com/developpementDurable/planification_dev_durable.shtml) résultat d'un important exercice de consultations publiques tenu à l'automne 2012, incluant la participation d'une centaine d'intervenants du milieu, dont plusieurs membres de la CDQSAB. La planification stratégique repose sur une orientation de mise en œuvre et de quatre grandes orientations de développement, qui abordent les cinq (5) dimensions du développement durable, soit la gouvernance, la culture, le social, l'économie et la gestion du territoire et des ressources. Ces orientations, ainsi que les axes d'interventions qui y sont associés, établissent les grands chantiers auxquels prendront part les collectivités de la MRC au cours des 20 prochaines années, afin de développer et mettre en valeur la Côte-de-Beaupré de manière durable. L'opinion des citoyens et des organismes du territoire sur les différentes composantes du projet de planification stratégique a été recueillie lors de la période de consultations publiques.

Lors de la démarche d'idéation du projet, la CDQSAB a fait des rencontres regroupant des individus et des organisations qui représentent le milieu de la Côte-de-Beaupré et de la région de Québec. Les intérêts et principales préoccupations des diverses parties concernées ont trait à la participation à la bonification et à la diversification de l'offre touristique en appui au pôle majeur que représente le Sanctuaire Sainte-Anne. De plus, ce projet viendra dynamiser le noyau urbain de Sainte-Anne-de-Beaupré. Enfin, en plus d'ajouter un accès au fleuve, ce projet sera aussi bénéfique pour la population locale.

Enfin, le Conseil de la MRC a adopté le 3 novembre 2013, son tout nouveau schéma d'aménagement et de développement durable (http://www.mrccotedebeaupre.com/developpementDurable/shema_aménagement.shtml), qui encadrera l'aménagement et le développement durable dans le futur. Le ministre des Affaires municipales et Occupation du territoire du Québec (MAMROT) a approuvé l'entrée en vigueur du schéma d'aménagement et de développement durable de la MRC de La Côte-de-Beaupré le 17 janvier 2014.

1.2 Contexte et raison d'être du projet

Le quai de Sainte-Anne-de-Beaupré se situe dans le prolongement de la rue du Sanctuaire de la municipalité de Sainte-Anne-de-Beaupré, appartenant à la MRC de La Côte-de-Beaupré.

Les coordonnées géographiques centrales du quai sont les suivantes :

- 47° 01' 12,53" de latitude nord et 70° 55' 38,03" de longitude ouest

Le premier quai de Sainte-Anne-de-Beaupré a été construit en bois en 1870. À l'époque, sa vocation était touristique, puisqu'entre 12 000 et 17 000 personnes visitaient annuellement le sanctuaire de Sainte-Anne-de-Beaupré. En 1875, le quai a été modifié pour accommoder un plus grand achalandage suivant l'inauguration de la nouvelle basilique en 1876. Avec l'apparition du train dans les années 1890, sa vocation touristique a été remplacée par une vocation de transport maritime de marchandises. Durant les années 1950 à 1980, le quai accueillait quotidiennement les passagers du Duc D'Orléans. Il a subi une réfection majeure de 1984 à 1986. Par la suite, la famille Dufour l'utilisa quelques années dans le cadre d'une croisière entre Québec et Sainte-Anne-de-Beaupré avec sa goélette Marie-Clarisse. Le quai a été désaffecté il y a plusieurs décennies et rétrocédé à la Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré (SNC-Lavalin, 2016). Un feu d'aide à la navigation se trouve du côté est de la digue du quai.

Actuellement, l'activité touristique est abandonnée et le quai est utilisé par la population locale (malgré une interdiction de véhicule à l'entrée) et surtout pour la pêche.

Dans le cadre de l'exercice de planification stratégique de la MRC de La Côte-de-Beaupré, les acteurs du milieu ont fait part de leur préoccupation concernant le manque d'accès publics au fleuve. Il s'agit d'une problématique liée au manque d'infrastructures et d'accès publics en bordure du fleuve, à la privatisation des berges et à la difficulté de traverser la route 138 (OBV Charlevoix-Montmorency, 2015).

Le quai actuel comporte deux parties, soit la digue d'approche et la tête du quai (voir photo 1.1).



Photo 1.1 Localisation du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré (Image Google Earth, 15 juin 2016)

La digue d'approche mesure 320 m de longueur (à partir de la fin de la rue du Sanctuaire jusqu'au début de la tête du quai) et présente une largeur de 5 m dans sa partie la plus étroite (photos 1.2 et 1.3). Elle présente une voie carrossable recouverte de gravier et bornée partiellement d'une bordure de béton et de lampadaires urbains. Les côtés de la digue sont composés de divers matériaux dont des pierres déversées, d'un muret de pierres ainsi qu'à certains endroits, d'une couche de béton maigre qui recouvre le muret de pierres (annexe 2 : SNC-Lavalin, 2016).



Photo 1.2 Vue générale de la digue du quai (septembre 2017)



Photo 1.3 Bordure de béton de la digue (côté est) (source : SNC-Lavalin, 2016)

Pour sa part, le quai mesure 10,5 m de large par 23 m de long (photo 1.4). Il est composé de 23 pieux tubulaires d'acier remplis de béton et son parement est composé de bois traité. Il comporte également, dans sa partie sud, une passerelle d'embarquement avec un mécanisme de levage (annexe 2 : SNC-Lavalin, 2016).



Photo 1.4 Façade du quai (source : SNC-Lavalin, 2016)

L'étude d'inspection et d'expertise de l'état du quai effectuée notamment à l'aide d'une inspection sous-marine (Expertech Marine, 2015 : annexe C du rapport de SNC-Lavalin (2016) : annexe 2 du présent rapport) a révélé plusieurs déficiences (instabilité des côtés de la digue, mauvais état de la voie carrossable et des bordures de béton, etc.) démontrant que d'importants travaux de réhabilitation sont nécessaires.

L'objectif du projet est d'effectuer la réfection du quai dans le but d'assurer la pérennité de l'infrastructure et en garantir la sécurité pour ses futurs usagers.

Le concept d'aménagement et de mise en valeur du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré respectera les orientations fondamentales suivantes, tel que mentionné dans l'avis de projet (SNC-Lavalin, 2016) :

- Favoriser la réappropriation du fleuve et de ses berges par l'ensemble de la population métropolitaine de Québec. Il permettra de relier la Véloroute Marie-Hélène Prémont, la Route de la Nouvelle-France, le Sanctuaire ainsi que le noyau urbain de Sainte-Anne-de-Beaupré. Il s'inscrira par ailleurs avantageusement à l'itinéraire du Réseau Route Bleue;
- Apporter une valeur ajoutée structurante à l'offre touristique de Sainte-Anne-de-Beaupré et contribuer directement à la renaissance de la destination du Sanctuaire en lien avec les attentes des clientèles du tourisme religieux;
- Adopter une approche réfléchie de mise en valeur des milieux humides et de développement durable du territoire à l'étude;
- Améliorer le paysage du boulevard en créant des percées visuelles et des éléments architecturaux et paysagers forts et identitaires afin de déclencher chez le visiteur une décision d'arrêt pour découvrir l'ensemble du site;
- Établir un concept de développement qui prend en considération le noyau villageois tout en reconnaissant le caractère sacré du lieu d'un sanctuaire et de la zone d'ambiance à protéger pour l'accueil des pèlerins et des visiteurs. L'ensemble des aménagements proposés devra répondre à l'optimisation des fonctions pour le quai et sa zone littorale, mais aussi à une vision d'ensemble de mise en valeur du territoire périphérique.

Il s'agit là de quelques-uns des aspects favorables du projet. Mentionnons également que le nouveau quai constituera un pôle d'attraction touristique et permettra notamment l'amarrage de bateaux de croisière.

Par ailleurs, la récente décision du Tribunal administratif du Québec (TAQ) à l'effet que le terrain adjacent à la basilique et appartenant aux Rédemptoristes pourra être mis à la disposition des propriétaires de véhicules récréatifs qui voudraient s'y stationner gratuitement) permettra d'attirer les mêmes touristes au site du futur quai (<http://www.journaldequebec.com/2017/10/27/terrain-adjacent-a-la-basilique-saint-anne-de-beaupre-les-peres-redemptoristes-obtiennent-gain-de-cause>).

Le projet fera de ce lieu unique un pôle d'attraction touristique et économique majeur pour l'ensemble de la région métropolitaine de Québec.

Plusieurs acteurs du milieu sont favorables au projet : le ministre de l'Emploi et de la Solidarité sociale et ministre responsable de la région de la Capitale-Nationale, Monsieur François Blais, et la députée de Charlevoix-Côte-de-Beaupré et adjointe parlementaire de la ministre du Tourisme, Mme Caroline Simard, ont annoncé une aide financière gouvernementale de 48 000 \$ à la CDQSAB. Cette somme servira à soutenir la Corporation pour les études et les travaux à effectuer afin de favoriser la réhabilitation du quai et mettre en valeur son environnement.

Les principales contraintes environnementales sont liées à la sensibilité du milieu récepteur de par sa grande biodiversité (notamment la présence de milieux humides, d'une aire de concentration d'oiseaux aquatiques et d'espèces de poissons à statut précaire) et sa position géographique à proximité d'un noyau urbain à caractère patrimonial.

Une autorisation en vertu de l'article 22 de la *Loi sur la qualité de l'Environnement* sera requise avant de pouvoir débiter les travaux. L'accord du propriétaire du lot public sur lequel se situe la tête du quai sera demandé et devra être obtenu avant l'émission de l'autorisation en vertu de l'article 22 de la LQE. Une copie de cette demande d'autorisation (art. 22) devra être transmise à la municipalité.

Par ailleurs, le projet est assujéti à la *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune* (RLRQ, C-61.1) de sorte qu'une autorisation de la part du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) devra être obtenue.

Enfin, puisque le projet impliquera un empiètement permanent dans les milieux humides et hydriques, une compensation financière sera exigée par le MDDELCC en vertu de la *Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques*.

Du côté fédéral, l'avis de projet déposé en septembre 2016 au MDDELCC a été transmis à l'Agence canadienne d'évaluation environnementale (ACÉE). L'ACÉE a statué, par une lettre datée du 24 octobre 2016, que le projet ne correspond pas à une activité désignée par le *Règlement désignant les activités concrètes selon la Loi canadienne sur l'évaluation environnementale*.

Un avis d'ouvrage en vertu du *Programme de protection de la navigation* et de la *Loi sur la protection de la navigation* (LPN) sera déposé auprès de Transports Canada.

Le projet de la CDQSAB rejoint les politiques et grandes orientations gouvernementales en matière d'environnement, de gestion des ressources, d'énergie, de tourisme et de sécurité publique.

1.3 Analyse des solutions permettant de répondre à la problématique

La problématique relève principalement de l'insécurité actuelle liée à l'utilisation du quai de par son état de détérioration avancée. Les pièces de bois entre les pieux se détériorent et une fois que des ouvertures se créent, celles-ci exposent le remblai et l'ancienne structure du quai à l'action des vagues et des glaces. Il se produit ainsi une libération progressive des matériaux à l'intérieur du quai et, par conséquent, des affaissements locaux qui mettent en péril l'intégrité physique du quai et par conséquent sa sécurité d'utilisation pour les usagers. L'accès aux bateaux est interrompu depuis plus de 10 ans pour ces raisons d'insécurité structurale.

L'enrochement et la réfection du quai avec une structure en pieux-palplanches constituent la solution de moindre coût qui permet d'assurer une reconstruction sécuritaire de l'infrastructure. Elle répond aux objectifs de la CDQSAB et ce choix a été effectué en tenant compte des enjeux environnementaux, sociaux et économiques, tout en tenant compte des contraintes techniques.

Dans l'éventualité où la réhabilitation du quai ne se ferait pas, cela signifierait à court terme, sa fermeture définitive, sa destruction progressive et la fin de son utilisation. Il s'agirait d'une perte patrimoniale et d'une opportunité de développement importante pour le milieu. Ce quai est le seul quai présent et accessible au public à l'est de la baie de Beauport.

1.4 Aménagements et projets connexes

Une demande de certificat d'autorisation en vertu de l'article 22 de la *Loi sur la qualité de l'environnement* et de l'article 128.7 de la *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune* a été déposée auprès du MDDELCC en octobre 2017 pour des travaux de réparation (stabilisation) temporaires (à faible durée de vie) d'une petite partie de la digue du quai. Le certificat d'autorisation du MDDELCC et l'autorisation du MFFP ont été émis et les travaux ont été réalisés en décembre 2017.

Les autres projets de nouvelles infrastructures maritimes actuellement connus sont tous situés en amont de la zone d'étude. Il s'agit de la construction du nouveau pont à haubans de l'Île-d'Orléans (dont la mise en service est prévue pour 2024) par le ministère des Transports, de la Mobilité durable et de

l'Électrification des transports (MTMDET), le projet de terminal multifonctionnel en eau profonde 'Beauport 2020' du Port de Québec et le projet de nouveau lien routier entre Québec et Lévis.

Compte tenu de l'horizon lointain de réalisation de ces projets, ils ne sont pas susceptibles d'influencer la conception ou les impacts du présent projet ou d'avoir des effets cumulatifs ou synergiques. Dans l'éventualité où les travaux seraient réalisés en même temps, une interaction potentielle possible avec le présent projet pourrait être liée à une augmentation des charges sédimentaires (MES) dans l'eau suite à des travaux de dragage qui pourrait modifier la microtopographie, le transport sédimentaire et conséquemment éventuellement la répartition des groupements végétaux des marais environnant notamment le site du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré. Il pourrait également y avoir propagation d'espèces fauniques et floristiques envahissantes (ex. : renouée du Japon): par le fleuve, de l'amont vers l'aval.

Une fois réhabilité, le quai fera l'objet d'un aménagement paysager (bancs, luminaires, etc.) afin d'accueillir les visiteurs. Une passerelle d'accès sera reliée à des pontons flottants qui seront installés du côté est (aval) afin de permettre l'accès au quai par des zodiacs et kayaks. L'élévation de la passerelle et des pontons suivra le rythme des marées.

2 DESCRIPTION DU MILIEU RÉCEPTEUR

Cette section décrit les composantes environnementales des milieux physique, biologique et humain de la zone d'étude retenue pour l'analyse du projet. L'identification de ces composantes a été effectuée sur la base des impacts appréhendés du projet en mettant l'accent sur les éléments sensibles du milieu susceptibles d'être affectés par la réalisation du projet.

2.1 Délimitation de la zone d'étude

La figure 2.1 présente la localisation régionale du projet, tandis que la zone d'étude est délimitée à la figure 2.2. Elle couvre un territoire suffisamment vaste pour permettre d'évaluer l'ensemble des impacts potentiels directs et indirects du projet sur les milieux biophysique et humain.

2.2 Description du milieu physique

La description du milieu physique a pour objectif d'identifier les enjeux environnementaux liés à la réalisation du projet. Les éléments décrits dans cette section incluent le climat de la région, la géologie, l'hydrologie et l'hydrodynamique littorale, une brève description des sols et des sédiments, la zonation du rivage, ainsi qu'une description de la qualité de l'eau.

À l'échelle du fleuve Saint-Laurent, le site du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré est un élément ponctuel qui est exposé à l'action des vents et soumis à l'action des vagues, des marées et des courants d'une grande masse d'eau turbide (partie aval de l'estuaire fluvial) où les principaux enjeux environnementaux seront perçus très localement et particulièrement sur le littoral. La zone d'étude se situe dans la zone de turbidité maximale du fleuve Saint-Laurent.

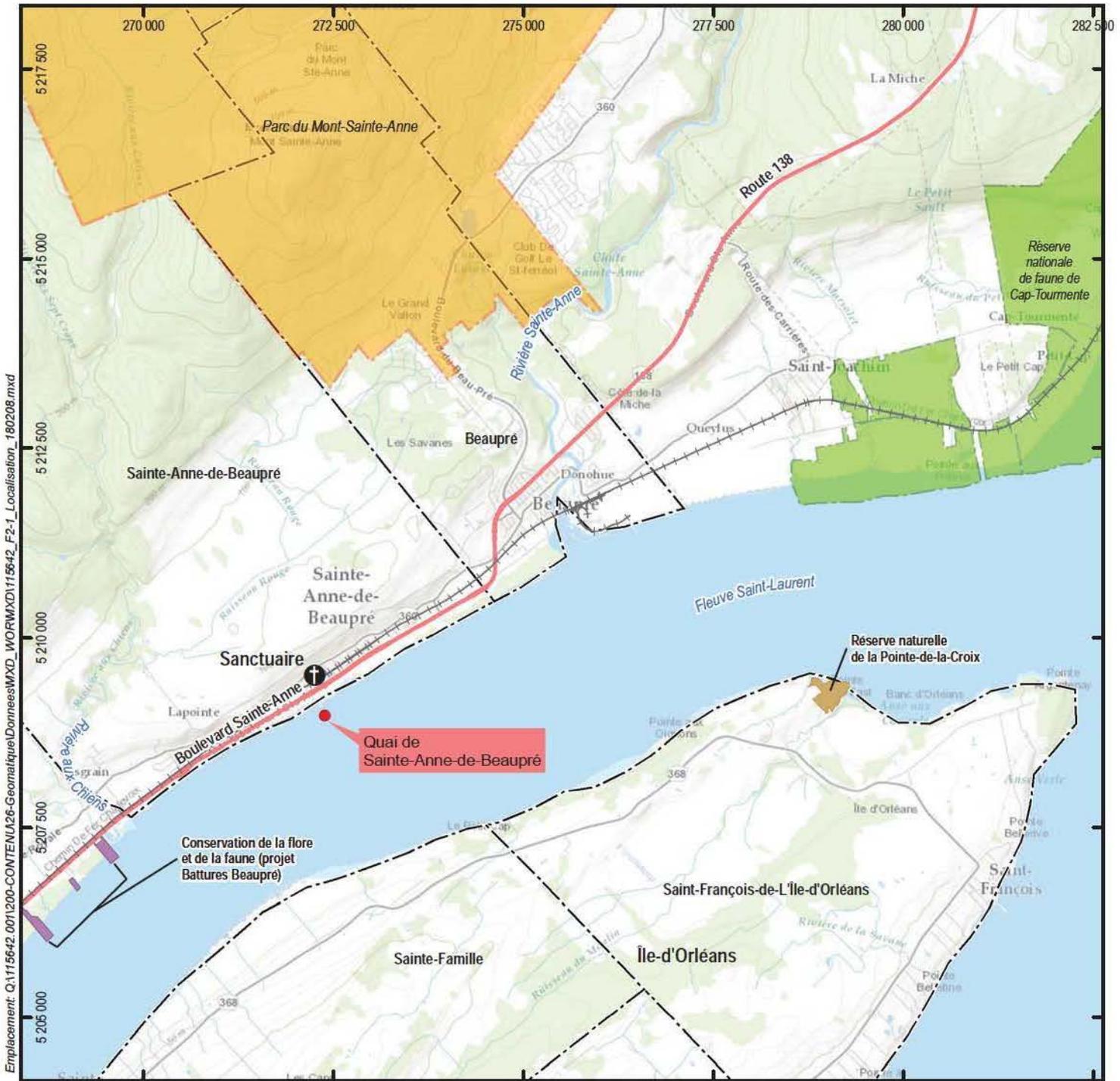
2.2.1 Climat

2.2.1.1 Températures et précipitations

Selon la classification mondiale des climats de Litynski, la région de Sainte-Anne-de-Beaupré présente un climat de type modéré (de 4,5 à 6,6 °C), sub-humide (précipitations moyennes annuelles entre 800 et 1 359 mm) et une saison de croissance longue, variant entre 180 et 209 jours (classe 14 de la figure 15 dans Gerardin et Mc Kenney, 2001).

La figure 2.3 illustre les normales climatiques de 1981 à 2010 pour la température et les précipitations à la station climatique Château-Richer (station située à environ 9 km en amont).

La température moyenne annuelle est de 5 °C, tandis que les températures moyennes mensuelles la plus froide (janvier) et la plus chaude (juillet) sont de -11,5 °C et de 19,4 °C, respectivement.



Emplacement: Q:\115642_001\200-CONTENU\26-Geomatiques\Donnees\MXD_WORM\XD115642_F2-1_Localisation_180208.mxd

- Site des travaux d'urgence
- Limite municipale
- Route principale (Route 138)
- Voie ferrée



0 0,5 1 2 km

1:75 000
MTM zone 7 (NAD83)

Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré

ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT
Projet de réhabilitation du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré

Localisation régionale



FÉVRIER, 2018
Fichier: 115642_F2-1_Localisation_180208.mxd
Base carto.: World Topo Map (2017)

Figure 2.1



Emplacement: Q:\115642_001\200-CONTENU\26-Geomatiques\Donnees\MXD_WOR\MXD\115642_F2-2_Zone etude_171109.mxd

- Site des travaux d'urgence
- Boulevard Sainte-Anne (Route 138)
- Voie ferrée
- Aire de concentration d'oiseaux aquatiques (ACOA)
- Hydrographie**
- ~ Cours d'eau permanent
- ~ Cours d'eau intermittent



1:20 000
MTM zone 7 (NAD83)

Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré

ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT
Projet de réhabilitation du quai
de Sainte-Anne-de-Beaupré

Délimitation de la zone d'étude



NOVEMBRE, 2017
Fichier: 115642_F2-2_Zone etude_171109.mxd
Base carto.: World Imagery, 2013-2015-2016

Figure
2.2

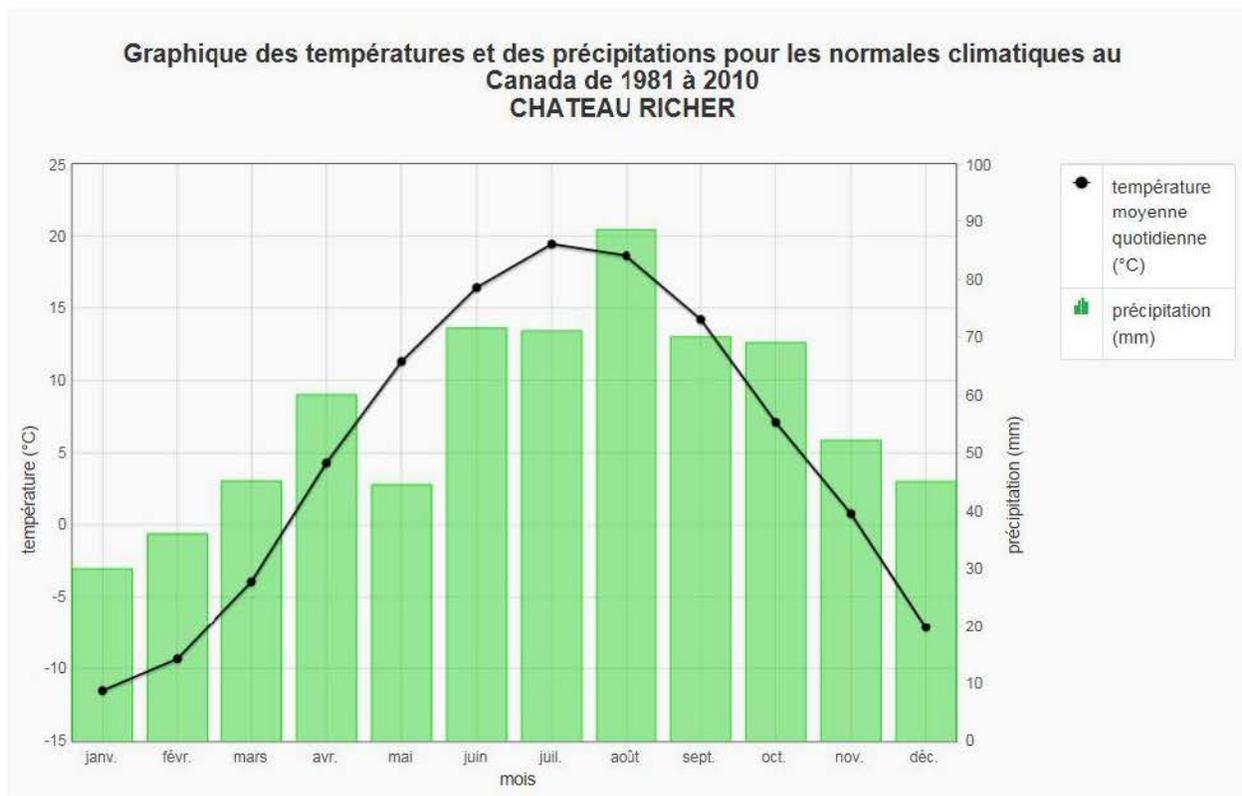


Figure 2.3 Tableau des températures et des précipitations pour les normales climatiques à Château-Richer de 1981 à 2010

Source : Environnement Canada, [Normales et moyennes climatiques de 1971 à 2000](#)

Les précipitations totales annuelles sont en moyenne de 1 308,1 mm, dont 1 054,6 mm sous forme de pluie et 254 mm sous forme de neige.

2.2.1.2 Vents

La rose des vents (figure 2.4) présentée à l'étude hydraulique (en annexe du rapport de conception de l'annexe 3) illustre que les vents les plus forts (plus de 60 km/h) proviennent du nord-nord-est et du nord-est (selon les vents enregistrés à Saint-François-de-l'Île-d'Orléans). Ces vents ont une influence déterminante sur les phénomènes de transport sédimentaire et sur l'exposition du quai aux vents de tempêtes et par conséquent aux besoins de protection (brise-lames)

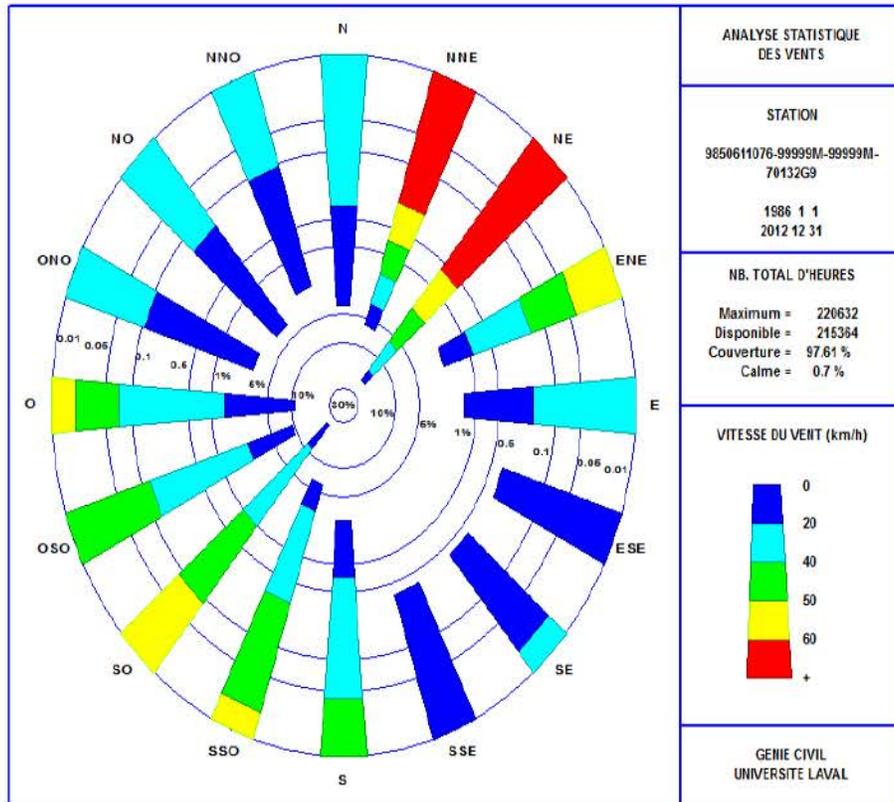


Figure 2.4 Rose des vents de la station historique de Sainte-Anne-de-Beaupré

Ropars (2016) (annexe A de SNC-Lavalin (2016) : annexe 2 du présent rapport) présente les données de vent (station de l'Île aux Grues). Celles-ci ont permis notamment de reconstituer le régime des vagues, à l'aide d'un modèle mathématique, au droit du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré. La géométrie du chenal au droit du quai fait en sorte que les fetchs¹ principaux sont d'orientation est-nord-est et sud-ouest. Les plus longs fetchs effectifs calculés au site du quai sont de 225 km en provenance du sud-ouest.

2.2.2 Géologie

Le long du fleuve, le substrat rocheux est composé de roches sédimentaires (calcaire, grès, shale). Les dépôts marins, principalement formés de sable, couvrent 55 % de la superficie de cette unité de paysage. Ils sont le plus souvent sableux, mais parfois argileux (Robitaille et Saucier, 1998) et sont susceptibles d'être remis en suspension et transportés par les vagues et courants.

Sur la Côte-de-Beaupré, l'ensemble géologique des basses terres du Saint-Laurent forme une étroite bande de terre entre la falaise et le fleuve. Sa largeur varie de 100 m, à Boischatel, à un peu plus de 3 km à Sainte-Anne-de-Beaupré (OBV Charlevoix-Montmorency, 2015).

La région de Sainte-Anne-de-Beaupré est située à l'extrémité est de l'unité de paysage de Québec (Robitaille et Saucier, 1998), dans l'unité géologique des basses terres du Saint-Laurent. Le relief y est très doux et forme une plaine délimitée, au nord, par le massif laurentidien et, au sud, par le fleuve Saint-Laurent.

¹ Les fetchs sont les distances d'eau libre sur lesquelles les vents peuvent soulever les vagues dans une direction donnée.

2.2.3 Hydrologie et hydrodynamique

La superficie du bassin versant du Saint-Laurent à la hauteur de Québec est de 1 025 000 km². Son débit moyen annuel (1990-2001) est de 12 350 m³/s à la hauteur de Québec (Hébert et Belley, 2005). Toutefois, seulement 10% de cette eau s'écoule par le bras nord de l'Île-d'Orléans. Il s'agit d'un corridor étroit où l'amplitude marégraphique est forte et les courants peuvent y être rapides (Valiquette *et al.*, 2016).

La zone d'étude se situe dans la zone de turbidité maximale de l'estuaire du fleuve Saint-Laurent. Celui-ci s'allonge depuis l'extrémité est du lac Saint-Pierre jusqu'à la pointe est de l'Île-d'Orléans. L'hydrodynamique sédimentaire y fait en sorte que des eaux turbides chargées de matières en suspension (MES) font des mouvements de va-et-vient sous l'action des vents, des courants et des marées. Il y a renversement du courant lors du flot (marée montante). Cette action combinée de la marée et du débit fluvial engendre de puissants courants ainsi qu'un mélange énergétique des eaux des différents tributaires de la rive nord du fleuve dont l'identité était distincte jusque-là.

L'estuaire fluvial est alimenté par les eaux douces provenant des Grands Lacs et par les autres tributaires situés en amont, ainsi que d'eau légèrement saumâtre provenant du golfe (Bhiry *et al.*, 2013).

2.2.3.1 Cours d'eau et zones inondables

Le secteur du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré se situe dans la zone hydrique Charlevoix-Montmorency (<https://charlevoixmontmorency.ca/public/documents/ftp/PDE-OBV-CM.pdf>) qui s'étend à partir de l'est de la ville de Québec jusqu'à la rivière Saguenay (figure 2.5). Il se situe dans le secteur des bassins versants du littoral de la Côte-de-Beaupré (OBV Charlevoix-Montmorency, 2015).

Les rivières Montmorency et Sainte-Anne sont les principaux tributaires du secteur et sont situées respectivement en amont et en aval de Sainte-Anne-de-Beaupré. Elles constituent des apports d'eaux propres et douces qui se mélangent aux eaux turbides et saumâtres du fleuve. Le débit moyen de la rivière Montmorency est de 35 m³/s et son débit maximal de 614 m³/s en cas de fortes pluies. Le débit moyen de la rivière Sainte-Anne du Nord avoisine les 25 m³/s et son débit maximal est de 708 m³/s (<http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/regions/region03/03-capitale.htm#2>).

Selon l'information provenant de la carte interactive de la ville de Québec (https://www.ville.quebec.qc.ca/carte_interactive/index.aspx), la zone d'étude serait exempte de cours d'eau. Le cours d'eau verbalisé le plus proche est situé à l'extérieur de la zone d'étude. Il s'agit du ruisseau Rouge (à plus de 1 km au nord de la zone d'étude). Le cours d'eau le plus important près de la zone d'étude outre le fleuve Saint-Laurent est la rivière Sainte-Anne dont l'exutoire se situe à environ quatre (4) kilomètres en aval.

Le projet de loi n^o 62 intitulé : *Loi portant délimitation de la ligne des hautes eaux du fleuve Saint-Laurent sur le territoire de la Municipalité régionale de comté de La Côte-de-Beaupré* a été sanctionné le 20 décembre 1999. Le décret 1174-2002 a été émis le 2 octobre 2002 dans la Gazette officielle du Québec.

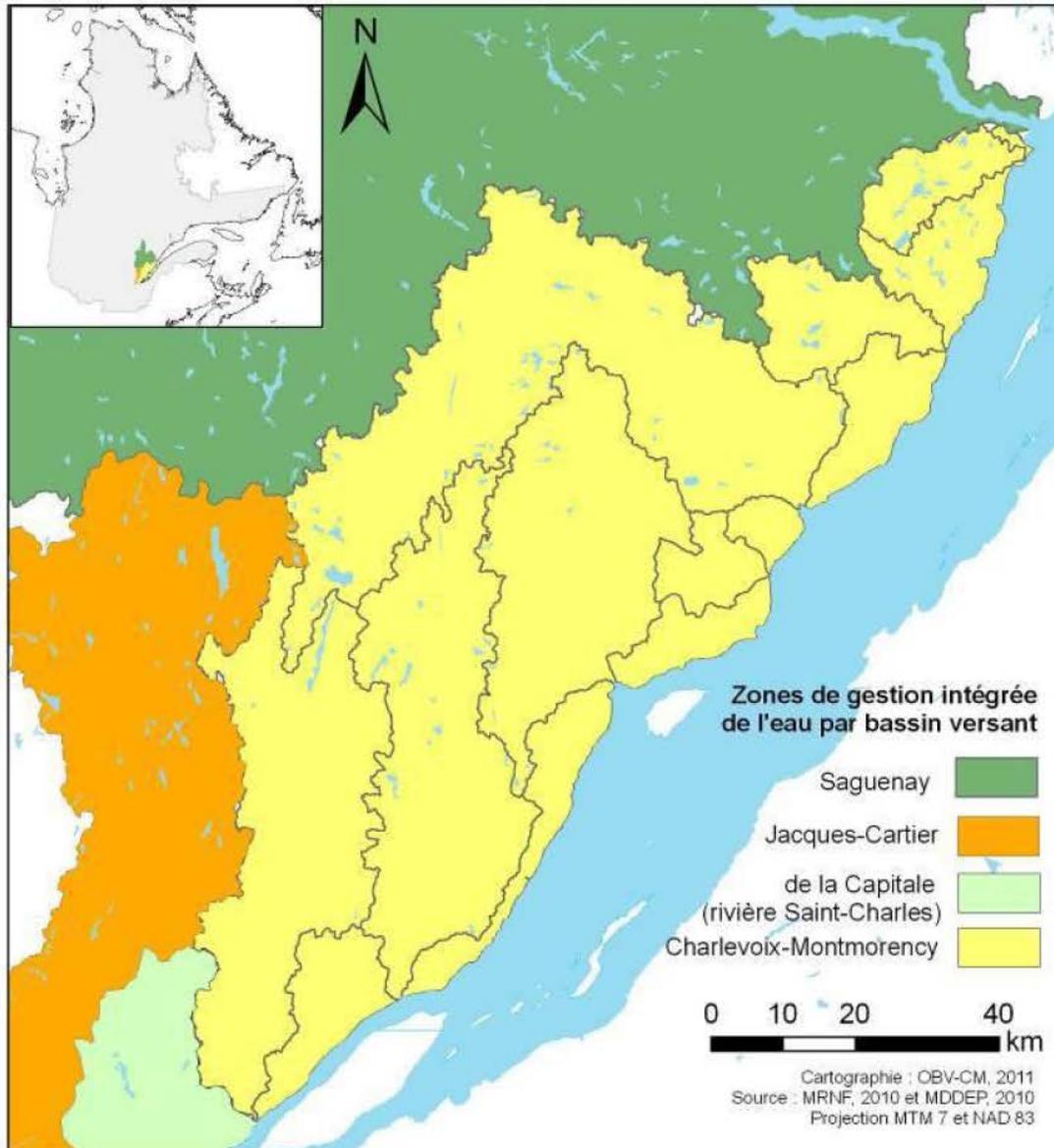


Figure 2.5 Localisation de la zone hydrique Charlevoix-Montmorency et de ses zones de gestion intégrée de l'eau par bassin versant

Le tableau 2.1 présente les diverses cotes d'inondation selon l'annexe A du Règlement de contrôle intérimaire n° 174 relatif à la protection des rives, du littoral et des plaines inondables sur le territoire de la MRC de la Côte-de-Beaupré (juillet 2011). Ces cotes sont illustrées au plan topographique présenté à la page suivante (figure 2.6).

Tableau 2.1 Cotes d'inondation

| Fréquence de récurrence | Élévation géodésique (m) |
|-------------------------|--------------------------|
| 0-2 ans | 4,58 |
| 2-20 ans | 5,02 |
| 20-100 ans | 5,20 |

Conformément à la *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables* (<http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2,%20r.%2035>), la ligne des hautes eaux est la ligne qui, aux fins de l'application de la présente politique, sert à délimiter le littoral et la rive.

Selon la *Politique*, cette ligne des hautes eaux se situe à la ligne naturelle des hautes eaux, c'est-à-dire :

'd) si l'information est disponible, à la limite des inondations de récurrence de 2 ans, laquelle est considérée équivalente à la ligne établie selon les critères botaniques définis précédemment au point a.'

Compte tenu de la pente inférieure à 30 % des rives et la présence de talus de moins de 5 mètres de hauteur, la bande riveraine qui doit être préservée est de 10 mètres à partir de la LNHE (MDDELCC, 2015).

2.2.3.2 Marées

Le niveau moyen de l'eau est de 2,6 m (géodésique) à Sainte-Anne-de-Beaupré (Bhiry *et al.*, 2013). Le tableau 2.2 présente les statistiques de niveaux d'eau pour la station de Saint-François-de-l'Île-d'Orléans.

Tableau 2.2 Niveaux d'eau (marégraphique) à la station de Saint-François-de-l'Île-d'Orléans

| Station | Saint-François-de-l'Île-d'Orléans | | |
|-----------------------|-----------------------------------|---------------|--------|
| Port de référence | Saint-François-de-l'Île-d'Orléans | | |
| Carte marine no. | 1317 | | |
| Type de marées | Semi-diurne | | |
| Marnage | Marée moyenne | | 4,8 m |
| | Grande marée | | 6,7 m |
| Hauteur | Pleine mer supérieure | Marée moyenne | 5,5 m |
| | | Grande marée | 6,8 m |
| | Basse mer inférieure | Marée moyenne | 0,6 m |
| | | Grande marée | 0,1 m |
| Extrêmes enregistrés | Extrême de pleine mer | | 7,7 m |
| | Extrême de basse mer | | -0,6 m |
| Niveau moyen de l'eau | | | 2,9 m |

(source : Norda Stelo, 2017 : Annexe B : Étude hydraulique)

Selon les résultats de l'étude hydraulique (annexe B du rapport de conception (annexe 3)), la pleine mer de grande marée (PMSGM) serait de +6,74 m ZC à Sainte-Anne-de-Beaupré et se produirait en moyenne 3 heures par an; il s'agit du niveau d'eau retenu pour la conception des ouvrages du site à l'étude.

Dans le secteur du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré, les marées moyennes et de vive-eau sont respectivement de 5,2 et 6,2 m avec des extrêmes pouvant atteindre 7 m à l'occasion. Le marnage est de 4,5 m pour les marées moyennes et de 6 m pour les marées de vive-eau. De type semi-diurne, le cycle de marée accuse une dissymétrie prononcée, la durée du flot étant d'environ 5 heures et celle du jusant de 7 heures. Le niveau moyen de l'eau (zéro géodésique) est de 2,6 m selon Environnement Canada (1998) cité dans Dionne (2000).

Les marées provoquent une inversion du courant deux fois par jour, créant ainsi des habitats distincts, soit la zone intertidale (comprise dans la limite des hautes et des basses eaux) et la zone subtidale (zone submergée en permanence).

2.2.3.3 Bathymétrie

La profondeur du chenal nord de l'Île-d'Orléans est inférieure à 10 mètres (Centre Saint-Laurent, 1996). Seulement 10 % du débit du fleuve transite par ce chenal.

Selon Dionne (2000), le chenal a une largeur moyenne de 2,5 km et des profondeurs moyenne et maximale respectives de 7,5 et 12 m (à marée basse) en face de Sainte-Anne-de-Beaupré.

Des relevés bathymétriques ont été pris en novembre 2015 par Expertech Marine (annexes C et H du rapport de SNC-Lavalin (2016) : annexe 2 du présent rapport) (figure 2.7). De la rive vers la tête de quai, la profondeur d'eau s'élève graduellement, passant de moindre que 0 m (secteur en rouge), à plus une profondeur variant entre 0 et 3 m (secteur en bleu) et à plus de 3,0 m (secteur en vert).

2.2.3.4 Régime des vagues et des glaces

Le rapport technique de Ropars (2016) (annexe A de SNC-Lavalin (2016): annexe 2 du présent rapport) présente l'étude des conditions hydrodynamiques du secteur du quai. Il traite notamment des caractéristiques des vagues et des glaces. Ces éléments ont été analysés dans le cadre de la conception du projet. Le dimensionnement de l'enrochement de protection de la tête du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré a été fait à partir des résultats de l'étude des vagues et des niveaux d'eau. On peut notamment y lire que les vagues les plus fréquentes et les plus hautes proviennent du secteur sud-ouest, puis du secteur est-nord-est.

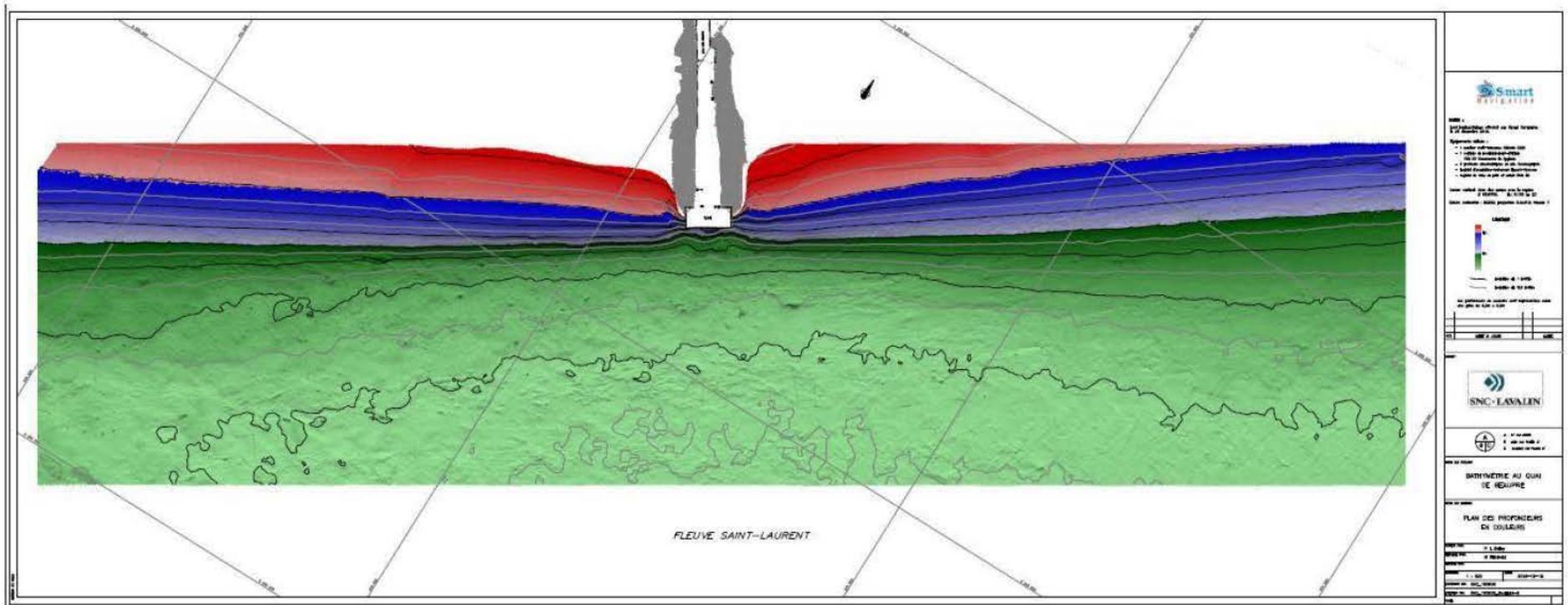


Figure 2.7 Bathymétrie du secteur du quai

Le couvert de glace (photo 2.1) s'étend de décembre à la fin mars, bien que la plupart des années il y ait une certaine activité glacielle sur le rivage en novembre et en avril. D'épaisseur variable, mais généralement de 50 à 125 cm, le couvert de glace couvre rarement d'une façon continue la nappe d'eau d'une rive à l'autre comme c'est le cas en amont de Sainte-Anne-de-Beaupré, notamment à partir de Château-Richer. Dans le secteur de Sainte-Anne-de-Beaupré, et à l'extrémité nord-est de l'Île-d'Orléans, la marée a pour effet de fractionner le couvert glacielle dans le chenal, de sorte que les radeaux de glace se déplacent constamment avec le va-et-vient de la marée. Le déglacement survient généralement durant la deuxième moitié de mars, le plus souvent durant la dernière semaine ou encore la première semaine d'avril pour la partie supérieure du rivage. Le déglacement est plus précoce à Sainte-Anne-de-Beaupré que dans le secteur situé en amont du chenal de l'Île-d'Orléans; le décalage est d'une dizaine à une quinzaine de jours. Bien que déglacée en premier, la batture (estran, zone intertidale) de Sainte-Anne-de-Beaupré subit néanmoins l'effet des glaces provenant du secteur amont durant une période de deux à trois semaines. De gros radeaux de glace entraînés par le jusant affouillent et labourent le fond vaseux de la batture. Quant au schorre supérieur, il est le premier à être englacé et le dernier à être déglacé. Les fragments de glace dont il est formé contiennent beaucoup de vase. Étant soudée à la surface du marais, la glace arrache fréquemment de grands radeaux de schorre, créant ainsi un premier replat d'érosion exploité ensuite par les vagues. Enfin, la microfalaise du schorre supérieur subit les effets érosifs des glaces lors de la débâcle et du dégel (Dionne, 2000).



(source : Ropars, 2016 dans SNC-Lavalin (2016))

Photo 2.1 Couvert de glace près du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré le 8 mars 2012

2.2.4 Sols et sédiments

La zone d'étude se situe dans la zone de turbidité maximale du fleuve Saint-Laurent. L'étude de Dionne (2000) indique la présence d'un matériel limono-sableux. Les eaux y sont colorées et turbides puisque l'action des vagues, des courants et des marées remet un volume important de sédiments en suspension et engendrent un phénomène de transport sédimentaire qui atteint des proportions considérables dans le secteur des battures de Sainte-Anne-de-Beaupré, à raison de 77 000 tonnes/an/km².

L'étude géotechnique (annexe A du rapport de conception de Norda Stelo, 2017 : annexe 3 du présent document) présente les résultats de l'analyse granulométrique des échantillons provenant des huit (8) forages réalisés. Ceux réalisés sur la façade sud de la tête de quai ont montré une stratigraphie

composée d'une couche de gravier sableux à sable et gravier contenant un peu de silt d'une épaisseur variant entre 2,29 et 2,89 m, suivie d'une couche de sable graveleux contenant un peu de silt reposant sur le roc.

Pour la digue d'approche, sous l'enrobé bitumineux et/ou le remblai granulaire (d'une épaisseur de 0,46 à 0,63 m et constitué principalement de sable avec des proportions variables de gravier et des traces à un peu de silt), la stratigraphie est composée principalement d'un remblai hétérogène généralement constitué de blocs et/ou cailloux et des morceaux de bois contenant des proportions variables de sable, gravier et silt suivi d'une couche de sols naturels constitués principalement de silt reposant sur le roc.

Dans le cadre de l'étude géotechnique (GHD, 2017, annexe A du rapport de conception : annexe 3 du présent rapport), le niveau de contamination des sols à l'emplacement des forages a été déterminé pour les hydrocarbures pétroliers C10-C50, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et treize métaux. Tous les résultats d'analyses chimiques pour les sols ont montré des concentrations inférieures au niveau 'C' des critères génériques du 'Guide d'intervention'. Ces résultats respectent donc les exigences du MDDELCC pour l'usage du site (infrastructure routière). Toutefois, puisque le niveau 'A' des critères génériques est considéré comme étant le seuil à partir duquel des restrictions pourraient être imposées dans le cas où des sols seraient excavés, les sols classés 'A-B' et 'B-C' devront, s'ils sont excavés et acheminés hors site, être gérés selon les dispositions de la 'Grille de gestion des sols excavés' du 'Guide d'intervention'.

2.2.5 Qualité de l'eau

Les eaux de l'estuaire fluvial sont douces jusqu'à la partie aval de l'Île-d'Orléans. Le secteur de Sainte-Anne-de-Beaupré est situé dans la section oligohaline amont du Saint-Laurent. Les seuils de salinité sont les suivants : 0,2 à 0,5 ‰ (Gauthier, 2000).

Le front salin remonte entre Château-Richer et Sainte-Anne-de-Beaupré à marée haute et s'arrête à la hauteur du Cap-Tourmente à marée basse (selon Valiquette *et al.*, 2016).

À la hauteur de Québec, la charge sédimentaire moyenne est estimée par le Centre Saint-Laurent (1993), à quelque 6 252 000 t/an de sédiments provenant des tributaires et de la section internationale du fleuve. Environnement Canada (1993) estime la concentration moyenne des MES totales à Québec à 16-20 mg/l. Selon BPR (1983), 60 à 90% de cette matière en suspension est d'origine inorganique et la taille moyenne des particules est de l'ordre de cinq à sept microns.

De données physico-chimiques ont été colligées de 1990 à 2001 à une trentaine de stations d'échantillonnage afin de caractériser la qualité des eaux du fleuve entre le lac Saint-François et l'Île-d'Orléans (Hébert et Belley, 2005 : http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/fleuve/qualite90-03/Fleuve1990-2003.pdf). Dans la région de Québec, les grandes masses d'eau du fleuve retrouvent une qualité d'eau satisfaisante comparativement à la contamination bactériologique issue de la région de Montréal. Toutefois, près des rives, la turbidité est plus élevée et conséquemment la qualité y est jugée douteuse.

L'indice de qualité bactériologique et physicochimique (IQBP₅) permet d'évaluer la qualité de l'eau en tenant compte des concentrations de cinq (5) paramètres (phosphore total, coliformes fécaux, azote ammoniacal, nitrites-nitrates et chlorophylle α). Les échantillons mensuels prélevés au cours des années 2012 à 2014 dans la région de Québec ont montré que toutes les stations d'échantillonnage présentent une eau de bonne qualité ou à la limite de cette classe (Giroux, Hébert et Berryman, 2016).

La qualité de l'eau varie considérablement à proximité du quai en fonction des marées, des vents prédominants et des perturbations locales, dont les courants riverains et l'agitation.

2.3 Description du milieu biologique

2.3.1 Végétation

Tel que mentionné précédemment, la zone d'étude est située dans la portion aval de l'estuaire fluvial du Saint-Laurent dont les eaux sont chargées de MES.

Les matériaux fins dans les zones de sédimentation offrent des conditions propices à l'établissement de vastes milieux humides (Mousseau et Armellin, 1995). Les fortes marées combinées à la faible pente du sol favorisent la création de vastes milieux humides composés de marais dominés par le scirpe et de marécages pourvus d'arbres et d'arbustes tout comme au pourtour du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré et particulièrement du côté est qui est abrité par la présence du quai. Toutefois, bien qu'il existe peu de données sur l'érosion des marais intertidaux du Saint-Laurent estuarien, Dionne (2000) indique qu'ils sont en érosion depuis environ le milieu des années 1960.

La zone intertidale est dominée par des herbiers de scirpe ainsi que par des étendues vaseuses; la zone subtidale se caractérise par un chenal relativement étroit, des pentes abruptes et une profondeur atteignant jusqu'à 18 m et dont le fond est principalement composé de rochers et de vase (Valiquette *et al.*, 2016).

Les milieux humides constituent un maillon important du réseau hydrographique. Ils jouent plusieurs rôles écologiques, dont :

- Retiennent l'eau, ce qui contribue à limiter l'ampleur des crues et des étiages et à réduire la durée ou l'intensité de certaines inondations, à diminuer les coups d'eau et les impacts des crues sur l'érosion des berges;
- Favorisent l'infiltration de l'eau dans le sol et la recharge de la nappe phréatique
- Filtrent et purifient l'eau;
- Contribuent au captage et à la décantation des sédiments contenus dans les eaux de ruissellement;
- Captent une certaine proportion des substances nocives (métaux lourds), détruisent les bactéries nuisibles et captent et absorbent les substances nutritives (phosphore et azote), ce qui contribue à limiter l'eutrophisation de certains plans d'eau;
- Abritent une flore et une faune diversifiées;
- Fournissent nourriture et abri à un grand nombre d'espèces fauniques et des milliers d'invertébrés.

FQPPN (2012) a établi un indice de biodiversité pour chacun des segments homogènes de l'estuaire d'eau douce à saumâtre du Saint-Laurent. Cet indice de biodiversité est basé sur la valeur attribuée aux occurrences d'espèces observées dans le segment selon l'information disponible au CDPNQ. De tout l'estuaire d'eau douce à saumâtre du Saint-Laurent, un total de 33 segments ont été identifiés. Seulement 4 segments présentent un indice très élevé; celui associé à la région de Sainte-Anne-de-Beaupré (RN12) s'est vu attribuer un indice de biodiversité qualifié d'élevé (figure 2.8), comme 17 autres, soit la majorité des segments.

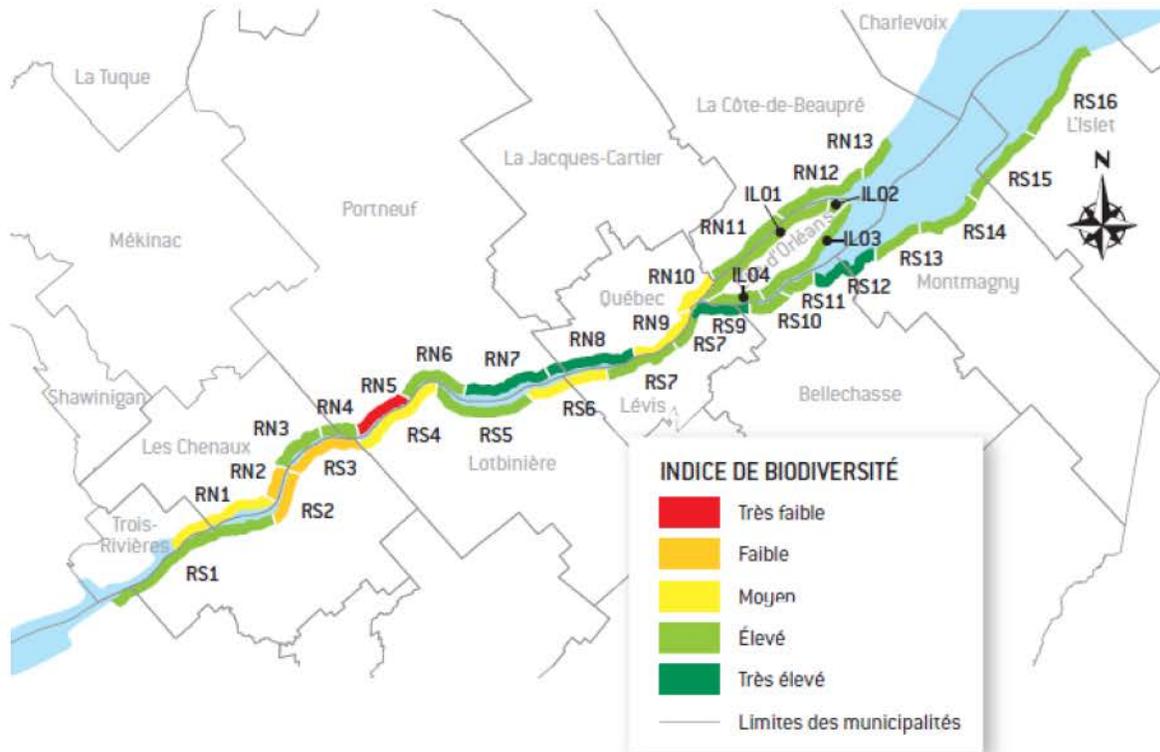


Figure 2.8 Résultat du calcul de l'indice de biodiversité par segment (tirée de FQPPN, 2012)

Les milieux humides de la Côte-de-Beaupré sont reconnus depuis longtemps pour leur grande valeur écologique et hydrologique (OBV Charlevoix-Montmorency, 2015).

Sur la Côte-de-Beaupré, plus de 69 % des milieux humides ont été détruits depuis la colonisation. De plus, seulement le quart d'entre eux sont diversifiés, c'est-à-dire composés de marécages comprenant des arbres et situés en bordure des marais à scirpe (source : Conseil régional de l'environnement (CRE) - Région de la Capitale nationale <http://www.cre-capitale.org/milieux-humides-cote-de-beaupre>).

Entre 1964 et 1985, l'élargissement du boulevard Sainte-Anne (route 138) a occasionné le remblayage de près de 400 hectares de milieux humides en bordure du fleuve, dont à Sainte-Anne-de-Beaupré (OBV Charlevoix-Montmorency, 2015).

Les milieux humides offrent des habitats à un large éventail d'espèces sauvages qu'il s'agisse d'insectes, de poissons, d'amphibiens, de reptiles, d'oiseaux, de sauvagine ou de mammifères. Chaque composante de ces écosystèmes est importante. Le substrat vaseux sert d'abri aux grenouilles durant l'hiver, les poissons y trouvent des sources de nourriture, la végétation fournit à plusieurs espèces d'oiseaux les matériaux nécessaires à la construction des nids en plus de constituer une source importante de nourriture pour les mammifères. Les sections suivantes présentent les principales fonctions écologiques que remplissent les milieux humides pour la faune ichthyenne (poissons) et la faune avienne (oiseaux).

L'étude de la Fondation québécoise pour la protection du patrimoine naturel (FQPPN, 2012) dresse un portrait de la superficie des milieux humides par segment linéaire homogène de rivage le long de l'estuaire d'eau douce à saumâtre du Saint-Laurent. Sur un total de 33 segments, le segment associé à la Côte-de-Beaupré arrive au troisième rang en termes de superficie avec 900 ha. Le premier rang est associé à la région de Nicolet/Yamaska et Bécancour (avec plus de 2 000 ha), tandis que le second rang revient à l'Île-d'Orléans (avec plus de 1 400 ha).

L'étude de la Communauté métropolitaine de Québec (CMQ, 2015) fait état des données suivantes :

- Pour la Côte-de-Beaupré, les complexes de milieux humides sont surtout composés de marais et marécages présents dans l'estran du fleuve;
- La MRC de la Côte-de-Beaupré abrite 4 036,3 ha de milieux humides, dont 766,3 d'intérêt élevé.

L'étagement de la végétation littorale aquatique dans le tronçon fluvial est illustré à la figure 2.9.

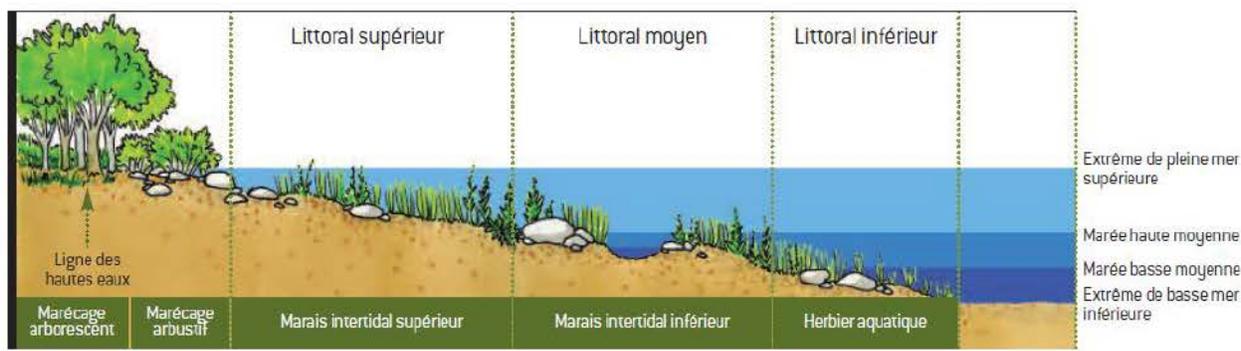


Figure 2.9 Les subdivisions du littoral (tiré de FQPPN, 2012)

La zone d'étude vise donc des milieux humides littoraux. Les zones intertidales du littoral supérieur et moyen sont propices au développement et au maintien de milieux humides. Ces milieux sont considérés comme des écosystèmes de haute valeur écologique dans l'estuaire d'eau douce à saumâtre du Saint-Laurent et sont aussi reconnus comme un point chaud de rareté à l'échelle mondiale, avec plusieurs espèces endémiques (Tardif 2005 et CNC 2010 cités dans FQPPN, 2012).

La superficie des marais intertidaux du Québec, en particulier ceux à scirpe américain, est faible et largement insuffisante pour accommoder les nombreuses espèces qui y vivent, notamment la grande oie des neiges. C'est pourquoi le Service canadien de la faune (Environnement Canada) a décidé en février 1999 d'autoriser la chasse au printemps.

Dionne (2000) a étudié de façon continue le marais intertidal de Sainte-Anne-de-Beaupré de 1992 à 1998. Les relevés ont porté sur trois sections situées en aval du quai et sur une longueur d'environ 3,5 km. L'étude a porté sur les caractéristiques morpho-sédimentologiques du milieu : érosion et taux de recul de la microfalaise du schorre supérieur, taux de sédimentation à court et long terme, processus en action, dont celui des glaces flottantes et du froid. Il décrit notamment en détail les matériaux sédimentaires du secteur de Sainte-Anne-de-Beaupré, particulièrement ceux du schorre supérieur.

Ainsi, à Sainte-Anne-de-Beaupré, du large vers la rive, soit sur le littoral, on observe quatre (4) unités principales (figure 2.10) selon Dionne (2000) :

1. Entre le zéro marégraphique et le zéro géodésique (facteur de conversion de 2,388 m selon le rapport de conception (annexe 3), existe une zone meuble dénudée (**vasière**) de 200 à 300 m de largeur, comprenant des débris glaciels grossiers dont des méga-blocs. En surface, une couche de vase molle, en été et au printemps, d'une épaisseur de 10 à 15 cm en moyenne, mais atteignant 20 à 25 cm par endroits, recouvre un substrat limono-sableux d'une épaisseur inconnue, mais localement de plusieurs mètres; cette **partie inférieure de l'estran est qualifiée de slikke ou de vasière**;
2. En amont, une seconde zone vaseuse, de 50 à 100 m de largeur, couverte, en été, par un tapis végétal relativement dense, appelée **schorre inférieur**. Le tapis végétal est composé en majeure partie de **scirpe américain** et d'un faible pourcentage de sagittaires et de zizanie. Le tapis

végétal, qui atteint entre 50 et 75 cm de hauteur au mois d'août, disparaît à la fin de l'automne pour réapparaître en juin. Il retient les sédiments en suspension de sorte qu'une couche de vase fraîche de 10 à 20 cm peut être observée au début de septembre. L'épaisseur de la couche de vase augmente sensiblement en octobre par suite de l'érosion par les oies des battures de Cap-Tourmente et des environs. Le tapis végétal est alors couché au sol et recouvert de vase fraîche. Dans les secteurs centre et occidental, la zone du schorre inférieur est aussi caractérisée sur environ 2,5 km par une plate-forme rocheuse taillée dans des grès et des schistes ordoviciens qui se prolonge sous le schorre supérieur et en constitue le substrat;

3. La troisième zone correspond au **schorre supérieur** délimité du côté externe sur la majeure partie de son étendue par une microfalaise. Le tapis végétal y est dense et diversifié. Le substrat est composé de minces lits de sable fin et de limon. La largeur varie de 30 à 200 m avec une prédominance entre 40 et 60 m;
4. La zone qui lui fait suite vers l'intérieur des terres, est une zone humide (**saulaie**), colonisée par des saules arbustifs (*Salix discolor*, *S. rigida*) et inondée seulement lors des plus hauts niveaux. La limite naturelle de cette zone est généralement indiquée par une rangée de gros saules (*S. fragilis*). À plusieurs endroits, cependant, des empiètements ont fait disparaître en partie ou entièrement cette unité. La largeur varie entre 65 à 175 m. Le tracé de la route 138 suit la limite interne de la saulaie.

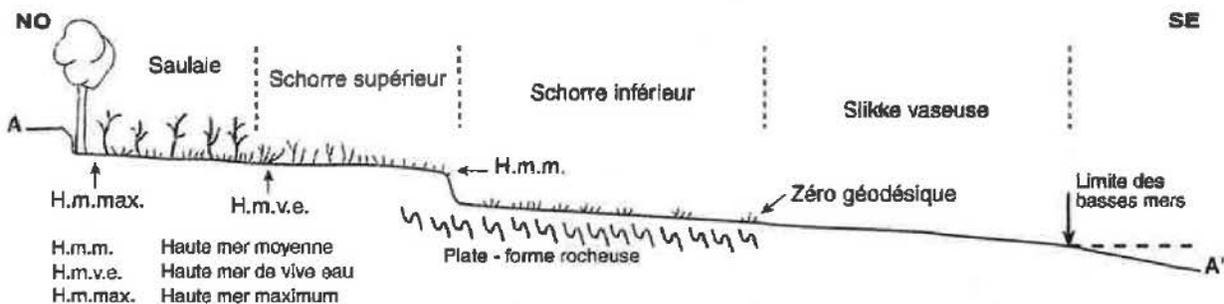


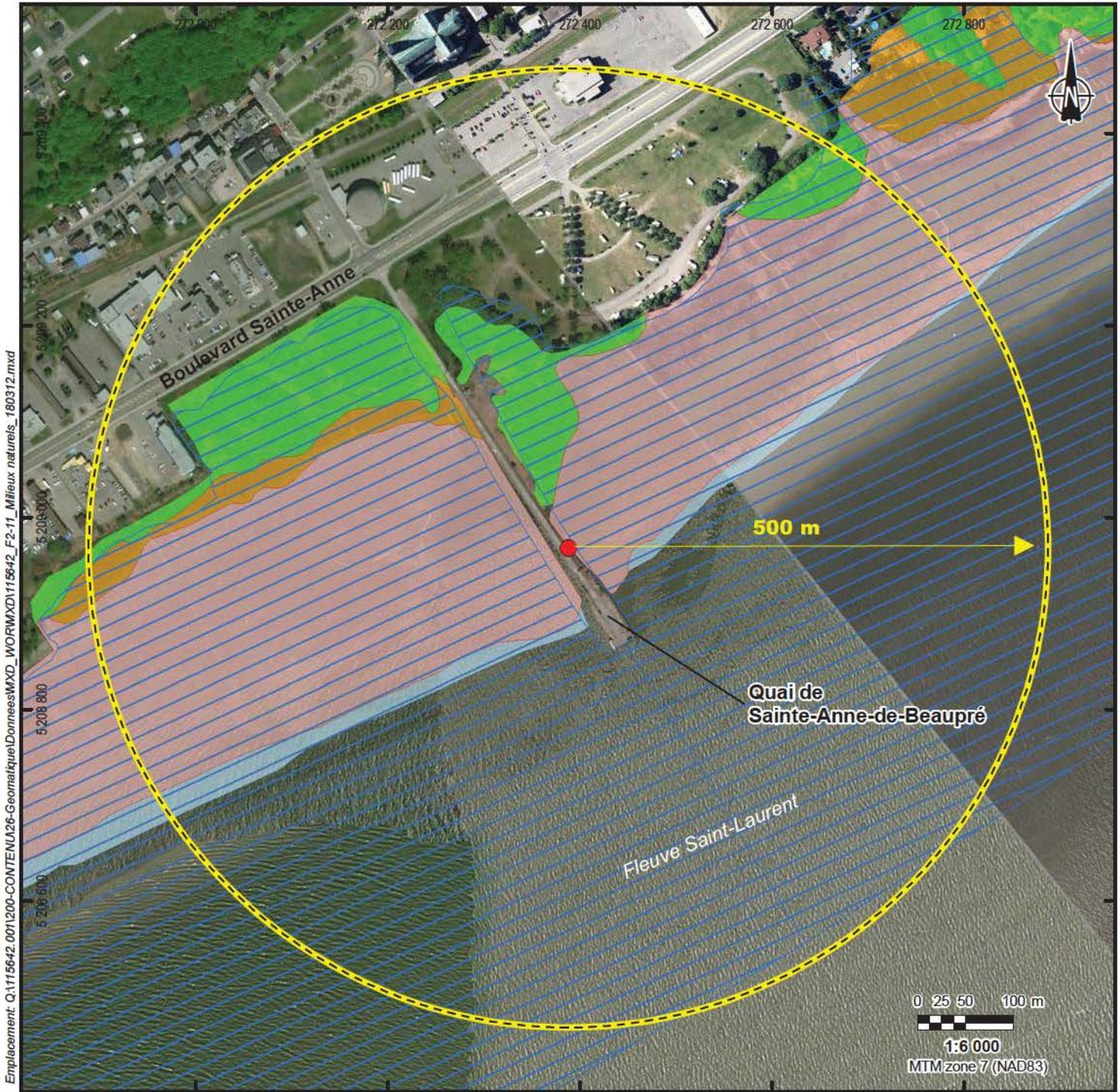
Figure 2.10 Transect schématique du rivage à Sainte-Anne-de-Beaupré (figure tirée de Dionne, 2000)

Tel que mentionné précédemment, les rives de l'estuaire fluvial, dont celle de la zone d'étude, ont fait l'objet de nombreux aménagements. Dans la zone d'étude visée ici, la rive a été remblayée pour faire place à la route 138.

Dionne (2000) mentionne également la présence de nombreux fossés de drainage, perpendiculaires au rivage et creusés dans le schorre supérieur et la saulaie : inondés à marée haute, ces fossés s'élargissent progressivement et forment alors des entonnoirs d'érosion dans la partie externe du schorre supérieur. Ce dernier recule donc non seulement latéralement, mais aussi à la faveur des fossés de drainage; il y en a une trentaine de principaux et une dizaine de petits.

La plupart des marais littoraux du monde sont en érosion et ceux du Saint-Laurent estuarien ne font pas exception. Certains parmi les plus importants (Rivière-du-Loup, Montmagny, Cap-Tourmente) sont déjà fort dégradés et ont reculé de 20 à 30 m au cours des décennies '80 et '90. Celui de Sainte-Anne-de-Beaupré recule à un taux moyen annuel supérieur à 100 cm. Les principaux agents en cause sont principalement les vagues et les courants de marée d'une part et les glaces et le gel-dégel d'autre part (Dionne, 2000).

La figure 2.11 présente une vue en plan des différents types de milieux humides présents dans la zone d'étude.



- Site des travaux d'urgence
- Aire de concentration d'oiseaux aquatiques (ACOA)

- Milieux humides
- Eau peu profonde
 - Marais
 - Prairie humide
 - Marécage

Sources :

- ACOA : Base de données des habitats fauniques, MRNF, 2011
- Milieux humides : CIC, février 2016

Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré

Projet de réhabilitation du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré

Composantes du milieu naturel de la zone d'étude

Une visite du site, effectuée le 3 octobre dernier (photos 2.2 et 2.3), a permis de confirmer ce cortège floristique, auquel s'ajoutent les espèces suivantes :

- Calamagrostis du Canada (*Calamagrostis canadensis*);
- Renouée du Japon (*Fallopia japonica*) (Espèce Exotique Envahissante [EEE]) (voir section 2.3.7);
- Salicaire pourpre (*Lythrum salicaria*) (Espèce Exotique Envahissante [EEE]) (voir section 2.3.7).



Photo 2.2 Marais situé à l'est du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré (octobre 2017)



Photo 2.3 Vue de la toposéquence végétale à l'ouest du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré (octobre 2017)

La photo 2.4 présente la végétation spontanée qui s'est établie au sommet du quai actuel; elle est principalement composée d'herbacées, bien que quelques arbres se soient implantés du côté est (chaînage 0+240) et quelques arbustes du côté ouest près de la tête de quai (chaînage 0+380).



Photo 2.4 Végétation spontanée implantée sur le quai

2.3.2 Amphibiens et reptiles

Les berges du fleuve le long de la zone d'étude présentent un milieu peu propice à une utilisation par la faune terrestre de par son urbanisation. Cette situation est nettement défavorable aux reptiles dont les besoins spécifiques sont facilement perturbés. Par ailleurs, le fleuve, à cause de la force des courants et de la turbulence quasi permanente, n'est pas non plus favorable aux amphibiens, dont les capacités de nage sont restreintes.

OBV Charlevoix-Montmorency (2015) présente les espèces d'amphibiens et de reptiles présents dans les bassins versants du littoral de la Côte-de-Beaupré (tableau 2.3).

Tableau 2.3 Espèces d'amphibiens et reptiles présents dans les bassins versants du littoral de la Côte-de-Beaupré (tiré de OBV Charlevoix-Montmorency, 2015)

| Amphibiens | | Reptiles | |
|---------------------------|--------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|
| Nom français | Nom latin | Nom français | Nom latin |
| Crapaud d'Amérique | <i>Anaxyrus americanus</i> | Couleuvre rayée | <i>Thamnophis sirtalis</i> |
| Grenouille des bois | <i>Lithobates sylvaticus</i> | Chélyd্রে serpentine | <i>Chelydra serpentina serpentina</i> |
| Grenouille du Nord | <i>Lithobates septentrionalis</i> | | |
| Grenouille verte | <i>Lithobates clamitans melatona</i> | | |
| Ouaouaron | <i>Lithobates catesbeianus</i> | | |
| Rainette crucifère | <i>Psuedacris crucifer crucifer</i> | | |
| Salamandre sombre du Nord | <i>Desmognathus fuscus</i> | | |

2.3.3 Poissons

Le brassage lié à la rencontre des eaux de la partie amont du fleuve et de celles des eaux poussées par les marées fait de la zone aval de l'estuaire fluvial, une zone de turbidité maximale, riches en nutriments et en sédiments. Il s'agit d'une zone de transition saline qui constitue un milieu très productif et qui comporte un grand nombre d'espèces de poissons.

Selon les espèces et le stade de vie, les poissons exploitent tous les milieux de l'estuaire d'eau douce à saumâtre. Les zones peu profondes près des rives, et même celles découvertes par la marée abritent des espèces de petite taille comme le fondule barré, l'épinoche à trois épines ou les stades juvéniles d'autres espèces. Elles y retrouvent des abris (végétation aquatique, blocs) et des sources de nourriture puisque les invertébrés constituent la nourriture de base pour plusieurs espèces de poissons et en particulier les juvéniles. Certaines espèces de poissons suivent le flux des marées pour venir s'alimenter sur le littoral supérieur et les embouchures de cours d'eau avant de regagner les zones plus profondes (chenaux, fossés) à marée basse. D'autres espèces se déplacent plutôt entre l'aval et l'amont en suivant le courant et l'inversion du courant occasionné par la marée.

Selon Mousseau et Armellin (1995), toute la rive nord du chenal de l'Île-d'Orléans entre l'Ange-Gardien et Beaupré est considérée comme une aire d'alevinage pour diverses espèces de poissons. Dans le secteur de Beaupré, une douzaine d'espèces sont susceptibles d'utiliser le littoral comme aire d'alevinage :

- alose savoureuse;
- baret;
- carpe;
- doré jaune;
- éperlan arc-en-ciel;
- esturgeon jaune;
- gaspareau;
- grand brochet;
- laquaiche argentée;
- meunier rouge;
- perchaude;
- poulamon atlantique.

Les populations de poissons d'importance économique qui utilisent le fleuve à la hauteur du territoire à l'étude sont : l'éperlan arc-en-ciel, le poulamon atlantique, le bar rayé, l'esturgeon noir, l'alose savoureuse, l'omble de fontaine, le saumon atlantique, le grand corégone, l'anguille d'Amérique, l'esturgeon jaune, le grand brochet, le doré noir, le doré jaune, le hareng (Gagnon *et al.* 1993 cité dans <https://charlevoixmontmorency.ca/public/documents/ftp/PDE-OBV-CM.pdf>).

Le tableau 2.4 présente l'utilisation potentielle des habitats de la zone d'étude par les poissons (selon Gagnon *et al.*, 1993).

Tableau 2.4 Utilisation potentielle de l'habitat par les principales espèces de poissons susceptible d'être présentes dans le secteur des travaux

| Espèces de poisson | Fonction de l'habitat | | | Statut (en vertu de la <i>Loi sur les espèces menacées et vulnérables</i>) |
|-------------------------|-----------------------|--------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| | Alevinage | Alimentation | Reproduction | |
| Alose savoureuse | X | X | X | Désignée vulnérable |
| Anguille d'Amérique | | X | | Susceptible d'être désignée |
| Baret | X | X | | |
| Bar rayé | | X | | En voie de réintroduction |
| Carpe | | X | | |
| Doré jaune | X | X | | |
| Doré noir | X | | | |
| Éperlan arc-en-ciel | | X | | Désigné vulnérable |
| Épinoche à trois épines | X | X | | |
| Esturgeon jaune | X | X | | Susceptible d'être désigné |
| Esturgeon noir | | X | | Susceptible d'être désigné |
| Fondule barré | X | X | X | |
| Gaspereau | X | X | | |
| Grand brochet | X | X | X | |
| Laquaiche argentée | X | X | | |
| Meunier noir | X | X | | |
| Meunier rouge | X | X | | |
| Perchaude | X | X | X | |
| Poulamon atlantique | X | X | | |
| Saumon atlantique | | X | | |

Selon Gagnon *et al.* (1993), parmi les espèces susceptibles de se reproduire dans le milieu benthique subtidal du secteur, on trouve :

- Le meunier rouge (*Catostomus catostomus*);
- Le meunier noir (*Catostomus commersonii*);
- L'alose savoureuse (*Alosa sapidissima*) (espèce désignée vulnérable au Québec en vertu de la *Loi sur les Espèces menacées et vulnérables*);
- La perchaude (*Perca flavescens*);
- Le grand brochet (*Esox lucius*).

Selon Mousseau et Armellin (1995) (figure 2.12), la zone de marais peut être utilisée par les poissons benthivores pour leur alimentation, par le fondule barré et les épinoches pour la fraie, ainsi que par le meunier rouge et le baret comme aire d'alevinage.

Les épinoches se reproduisent en mai dans les ruisseaux côtiers et les mares intertidales où ils font des nids dans le substrat, à l'aide de brindilles et débris végétaux. Le doré jaune est une espèce sportive très prisée des pêcheurs et qui fraie généralement en avril sur des substrats rocheux de grande dimension. Le doré jaune sélectionne, pour la reproduction, des zones d'eaux vives (rapide ou seuil) qui sont souvent le résultat d'une restriction naturelle du cours d'eau ou de pentes propices. Les profondeurs et les vitesses d'écoulement de ces milieux favorisent la présence de substrats relativement grossiers et d'une eau bien oxygénée pour le développement des œufs qui y sont déposés. Toutefois, le doré jaune se reproduit aussi le long d'une berge (pente graduelle ne dépassant pas 10 % (1:10)) exposée aux vents dominants ou sur des hauts-fonds (FFQ, 1996). Les dorés sont des poissons piscivores qui se nourrissent d'épinoches et d'autres poissons de petites tailles et juvéniles (source : Conseil régional de l'environnement (CRE) - Région de la Capitale nationale, <http://www.cre-capitale.org/milieux-humides-cote-de-beaupre>). Ils fréquentent souvent des zones où il y a présence de substrats rocheux.

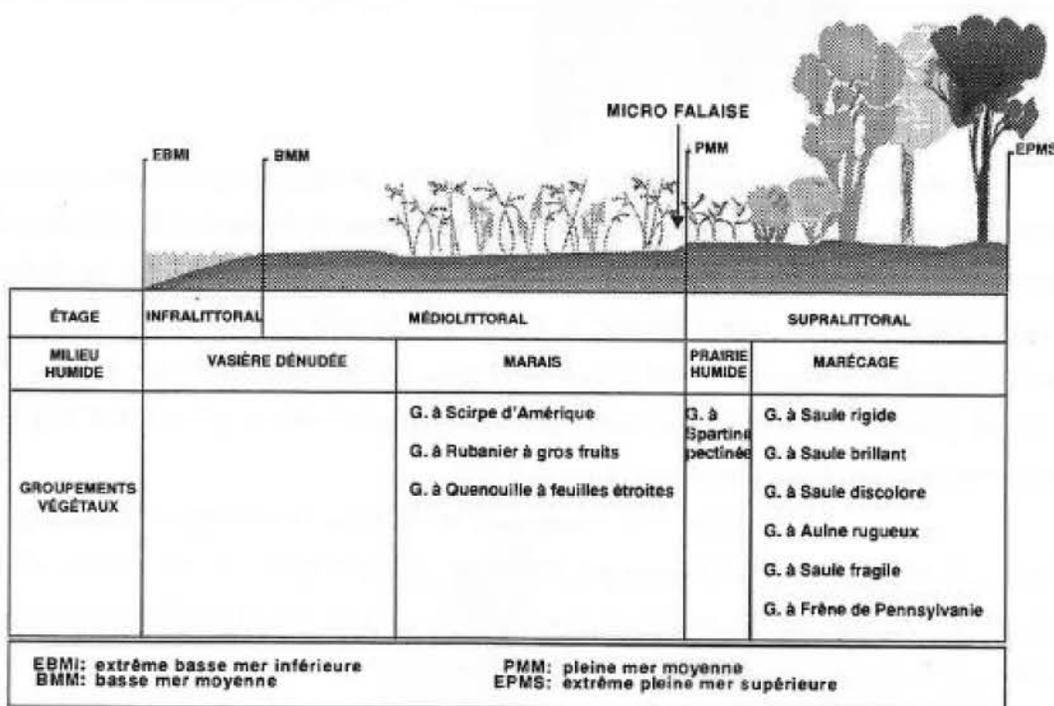
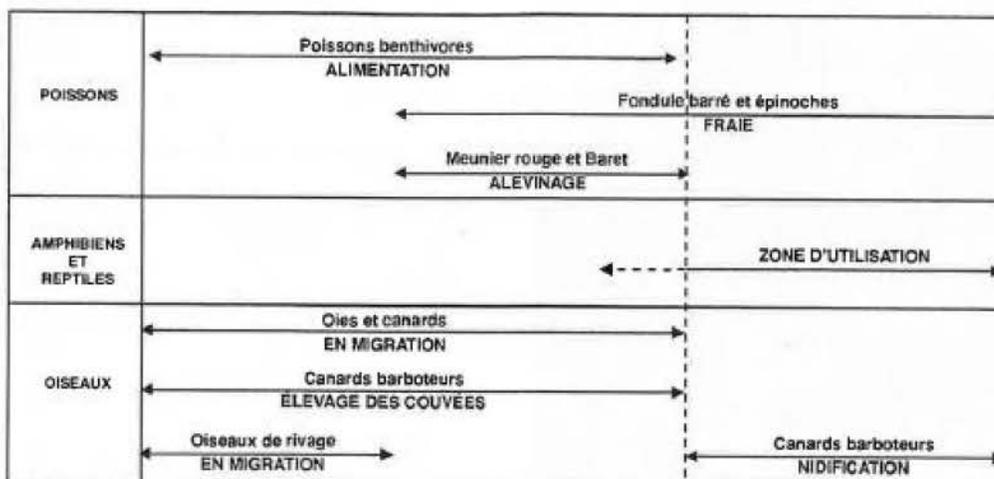


Figure 2.12 Profil type des milieux humides du secteur d'étude Québec-Lévis et principales utilisations par la faune (Mousseau et Armellin, 1995)

La Côte de Beaupré fait également partie des aires traditionnelles de croissance et d'alimentation du bar rayé (Beaulieu, 1962; Magnin et Beaulieu, 1967).

L'étude de Valiquette *et al.* (2016), a permis de mettre à jour les connaissances scientifiques sur la faune aquatique et ses habitats dans le secteur du pont de l'Île-d'Orléans (de la pointe ouest de l'île jusqu'à la hauteur de L'Ange-Gardien) à l'aide d'inventaires. Ces derniers ont révélé la présence de 49 espèces de poissons, y compris 7 espèces en situation précaire fréquentant la région de Québec. En août, les jeunes de l'année de la nouvelle population réintroduite de Bar rayé, se concentrent principalement dans deux zones, soit la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent, de Montmagny à Rivière-Ouelle, et le chenal de l'île d'Orléans.

Les populations de poissons d'importance économique qui utilisent le fleuve à la hauteur du territoire à l'étude sont : l'éperlan arc-en-ciel, le poulamon atlantique, le bar rayé, l'esturgeon noir, l'alose savoureuse, l'omble de fontaine, le saumon atlantique, le grand corégone, l'anguille d'Amérique, l'esturgeon jaune, le grand brochet, le doré noir, le doré jaune, le hareng (Gagnon *et al.* 1993 cité dans <https://charlevoixmontmorency.ca/public/documents/ftp/PDE-OBV-CM.pdf>).

Les périodes de faible risque pour le poisson et son habitat en eau douce, pour la réalisation de travaux en eau sont les suivantes (Source Gouvernement du Québec, cité par Pêches et Océans Canada : <http://www.dfo-mpo.gc.ca/pnw-ppe/timing-periodes/freshwater-eaudouce-qc-fra.html>).

Tableau 2.5 Périodes de faible risque pour la réalisation de travaux en eau douce pour la région de la Capitale-Nationale

| Espèce | Période recommandée |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| Saumon Atlantique et Ouananiche | 1er juillet au 15 septembre |
| Autres salmonidés ¹ | 15 juin au 15 septembre |
| Autres espèces d'intérêt ² | 15 juillet au 15 avril |

Considérant la présence potentielle d'utilisation du marais adjacent au quai par plusieurs espèces d'intérêt, la période recommandée pour les travaux est du 15 juillet au 15 avril.²

2.3.4 Oiseaux

La végétation du secteur du quai procure une grande richesse de sources alimentaires permettant à plusieurs espèces d'oiseaux de se nourrir, notamment durant leurs migrations.

De chaque côté du quai de Sainte-Anne-de-Baupré se trouvent des Aires de Concentration d'Oiseaux Aquatiques (ACOA) (figure 2.9). Les ACOA constituent des habitats fauniques protégés en vertu de la *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune* et du *Règlement sur les habitats fauniques*. Celle située à l'ouest (no. 5 800) fait 261,12 ha, tandis que celle située à l'est (no. 5 799) fait 214,76 ha.

Selon Mousseau et Armellin (1995) (figure 2.10), les oies et canards utilisent le marais en migration, les canards barboteurs l'utilisent lors de l'élevage des couvées et les oiseaux de rivage l'utilisent lors de leur migration.

Les parties souterraines du scirpe d'Amérique constituent une source alimentaire recherchée par l'oie des neiges lors des migrations (photo 2.4).

Selon CMQ (2015), le secteur de Sainte-Anne-de-Baupré (est, ouest et secteur du quai) totalise plus de 1 067 ha dans une aire de concentration d'oiseaux aquatiques.

En amont de la zone d'étude se trouve la ZICO des Battures-de-Beauport et du Chenal de l'Île-d'Orléans (<http://www.g3e-ewag.ca/programmes/ZICO/accueil.html>). Cette ZICO est située entre le Port de Québec et le secteur Petit-Pré à l'est de l'Ange-Gardien. Elle est reconnue comme une ACOA.

² Présence des salmonidés suivants : Grand corégone, Omble de fontaine, Touladi, Truite brune, Truite arc-en-ciel;

² Présence des espèces d'intérêt suivantes : Achigan à petite bouche, Achigan à grande bouche, Bar rayé, Doré jaune, Doré noir, Éperlan arc-en-ciel, Grand brochet, Maskinongé, Perchaude.



Photo 2.4 Utilisation du marais à scirpe de Sainte-Anne-de-Beaupré (octobre 2017)

Le portail eBird (<http://ebird.org/content/qc/>) permet de consulter la liste des espèces d'oiseaux observées dans les environs du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré. En faisant une recherche pour toutes les données disponibles (tous les mois et toutes les années), il est possible de constater que trente-quatre (34) espèces y ont été observées (tableau 2.6).

Tableau 2.6 Liste des espèces observées au quai de Sainte-Anne-de-Beaupré (selon l'information tirée du site eBird)

| Espèces | | |
|----------------------|--------------------------|-------------------------|
| Bernache du Canada | Goéland argenté | Moqueur chat |
| Bruant chanteur | Goéland marin | Mouette de Bonaparte |
| Canard colvert | Grand corbeau | Moucherolle tchébec |
| Canard noir | Grand héron | Oie des neiges |
| Carouge à épaulettes | Hirondelle à front blanc | Paruline masquée |
| Chardonneret jaune | Hirondelle bicolore | Paruline à tête cendrée |
| Chevalier grivelé | Hirondelle rustique | Paruline jaune |
| Cormoran à aigrettes | Jaseur d'Amérique | Pluvier kildir |
| Corneille d'Amérique | Martinet ramoneur | Pygargue à tête blanche |
| Faucon pèlerin | Merle d'Amérique | Quiscale bronzé |
| Goéland à bec cerclé | Mésange à tête noire | Tourterelle triste |
| | | Vacher à tête brune |

Le mois d'août est celui où l'on observe la plus grande diversité d'espèces (30/34). Vient ensuite la première semaine de juin avec 10/34 espèces, puis la fin octobre et le mois de novembre avec 8/34 espèces. Le nombre le plus élevé d'oies des neiges observées correspond à la semaine commençant le 22 octobre avec un nombre de 100 000 individus approximativement.

La base de données ÉPOQ (Étude des populations d'oiseaux du Québec) et gérée par le Regroupement Québécois (www.quebecoiseaux.org) ne renferme pas de site d'observation spécifiquement à l'emplacement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré. Le site le plus rapproché est celui de Cap-Tourmente (<http://www.oiseauxqc.org/sites.jsp?sitenom=06.13>).

De plus, sur la rive nord du fleuve Saint-Laurent, la forte présence de milieux humides favorise l'omniprésence de certaines espèces de sauvagines telles que le canard noir, le garrot à oeil d'or, le fuligule à collier et les harles (Canards Illimités, 2008 cités dans OBV Charlevoix-Montmorency, 2015).

Au Canada, la période générale de nidification peut commencer dès la mi-mars et se poursuivre jusqu'à la fin août. Il s'agit d'une période générale de nidification qui couvre la plupart des espèces d'oiseaux migrateurs de compétence fédérale (Environnement Canada : https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/prevention-effets-nerfastes-oiseaux-migrateurs/periodes-generales-nidification.html#_03).

2.3.5 Mammifères terrestres, semi-aquatiques et marins

2.3.5.1 Mammifères terrestres

Selon FQPPN (2012), un total de 64 espèces de mammifères terrestres vit le long du Saint-Laurent. De ce nombre, 50 espèces fréquentent les basses terres. Toutefois, compte tenu de la mince bande de végétation présente au sud de la route 138 et du peu de connectivité avec des habitats de grandes superficies, la richesse en espèces de mammifères aux abords du quai est relativement limitée. Les espèces les plus communes sont le raton laveur (*Procyon lotor*), la moufette (*Mephitidae sp.*) et le renard roux (*Vulpes vulpes*). Les autres mammifères trouvés le plus fréquemment sont la chauve-souris (*Myotis lucifugus*), le lièvre d'Amérique (*Lepus americanus*), la souris sylvestre (*Peromyscus maniculatus*), le campagnol des champs (*Microtus pennsylvanicus*), le rat surmulot (*Rattus norvegicus*) et le vison d'Amérique (*Mustela vison*).

Selon OBV (2015), on retrouve aussi les espèces suivantes dans les bassins versant du littoral de la Côte-de-Beaupré :

- Cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*);
- Écureuil roux (*Sciurus vulgaris*);
- Orignal (*Alces p.*);
- Ours noir (*Ursus americanus*);
- Rat musqué (*Ondatra zibethicus*).

2.3.5.2 Mammifères semi-aquatiques

Le vison d'Amérique (*Mustela vison*), la loutre de rivière (*Lutra canadensis*) et le rat musqué (*Ondatra zibethicus*) ont des distributions très généralisées le long du Saint-Laurent.

2.3.5.3 Mammifères marins

Les mammifères marins ne fréquentent pas les eaux douces de l'estuaire fluvial, bien qu'on puisse y observer à l'occasion, en été, certains individus apparemment égarés. Ils sont spécifiques à la portion salée du fleuve (Centre Saint-Laurent, 1996).

2.3.6 Espèces floristiques et fauniques à statut précaire

2.3.6.1 Espèces floristiques

Labrecque et Lavoie (2002) mentionnent la présence de quatre (4) plantes vasculaires menacées ou vulnérables endémiques de l'estuaire fluvial du Saint-Laurent (tiré du tableau 4 de Labrecque et Lavoie, 2002) :

- Cicutaire de Victorin (*Cicuta maculata* var. *victorinii*), désignée menacée au Québec;
- Gentiane de Victorin (*Gentianopsis procera* subsp. *macounii* var. *victorinii*), désignée menacée au Québec;
- Gratiolle du Saint-Laurent (*Gratiola neglecta* var. *glaberrima*);
- Lycope du Saint-Laurent (*Lycopus americanus* var. *laurentianus*), susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable.

La cicutaire de Victorin (photo 2.5) est une espèce endémique du Saint-Laurent. Elle ne croît que dans les zones intertidales d'eau douce et légèrement saumâtres. Elle croît dans les herbaçaiies à spartine pectinée denses et hautes de l'hydrolittoral moyen et supérieur de la zone intertidale. Elle préfère les dépôts de surface épais (plus de 15 cm) de texture fine ou mixte (jamais grossière), dont la pierrosité est très variable, allant de non pierreux à très pierreux. Elle fleurit du mois de juin au début septembre. La fructification débute en août et se poursuit jusqu'en septembre. La limite sud-ouest de son aire de répartition se situe à Sainte-Anne-de-la-Pérade et sa limite nord-est à Saint-Jean-Port-Joli et à Sainte-Anne-de-Beaupré. L'étude du COSEPAC indique que la dernière observation de la population de Sainte-Anne-de-Beaupré date de 1962 et que l'indice de qualité associé est historique (remonte à plus de 25 ans). De son côté, la population de Beaupré compte de 11 à 50 individus et son indice de qualité est associé à un habitat qui n'est que légèrement ou pas du tout perturbé par l'activité humaine (COSEPAC, 2004 : https://www.registrelep-sararegistry.gc.ca/virtual_sara/files/cosewic/sr_victorin_water_hemlock_f.pdf). La fiche du CDPNQ indique que l'espèce se retrouve dans les herbaçaiies hautes et denses à spartine pectinée de l'étage supérieur, et parfois dans les herbaçaiies ouvertes et basses à scirpe piquant de l'étage moyen balayé quotidiennement par les marées (<http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/cicutaire/cicutaireVictorin.pdf>).



Source : Francis Boudreau (<http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/cicutaire/index.htm>)

Photo 2.5 Cicutaire de Victorin

La gentiane de Victorin (photo 2.6) se rencontre exclusivement au Canada, où elle est considérée comme une espèce endémique de l'estuaire fluvial du Saint-Laurent. Elle ne pousse elle aussi, tout comme la cicutaire de Victorin, que dans les zones intertidales d'eau douce et légèrement saumâtres du

fleuve Saint-Laurent. La gentiane de Victorin pousse dans une herbaçaise à spartine pectinée dense et haute et parfois sur des affleurements rocheux surélevés. Elle se retrouve à l'interface de l'hydrolittoral supérieur et moyen ou près d'ouvertures dans la végétation de l'hydrolittoral supérieur de la zone intertidale estuarienne d'eau douce et légèrement saumâtre. La gentiane de Victorin préfère les dépôts de surface épais (plus de 15 cm) de texture fine ou mixte (rarement grossière), dont la pierrosité est nulle ou très faible (rarement très pierreuse). Cette zone est couverte d'eau durant deux ou trois heures par jour lors des marées hautes d'équinoxe, mais les marées basses et les basses marées hautes l'atteignent rarement. Les fleurs sont soumises à des mouvements de sommeil périodiques. Elles restent fermées lors des jours sombres et lorsque la marée les submerge. Sa période de floraison s'étend de la mi-juillet à la mi-septembre. Sur le plan académique, la gentiane de Victorin intéresse les scientifiques, car elle soulève toutes les questions de l'origine et de la diversification de la flore endémique des rives estuariennes du fleuve Saint-Laurent. Au Québec, la gentiane de Victorin a été désignée « espèce menacée » en février 2001 et elle est maintenant protégée en vertu de la *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables du Québec*. Son habitat est également protégé contre les impacts de la principale menace à sa survie par le *Règlement sur la circulation de véhicules motorisés dans certains milieux fragiles* (L.R.Q., c. Q-2, r.2.2). (COSEPAC, 2004 b : (https://www.registrelep-sararegistry.qc.ca/virtual_sara/files/cosewic/sr_victorin_gentian_f.pdf)). L'étude du COSEPAC (2004) indique que plusieurs inventaires effectués dans le secteur de Sainte-Anne-de-Beaupré n'ont pas permis d'observer de la gentiane de Victorin.



Photo 2.6 Gentiane de Victorin (photo tirée de COSEPAC, 2004)

La gratiole du Saint-Laurent a été retirée, en décembre 2015, de la liste des espèces floristiques susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables (<http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/biodiversite/espèces/listes/ajouts-retraits.pdf>).

Le lycope du Saint-Laurent (photo 2.7) est endémique à l'est de l'Amérique du Nord. Ses habitats sont les grèves rocheuses, boueuses, submergées par les marées d'eau douce de l'estuaire du fleuve Saint-Laurent, ainsi que les rivages de grands lacs et rivières (http://www.naturequebec.org/fichiers/Biodiversite/ZICO/Fi11-04_LycopeSaintLaurent.pdf).



Photo 2.7 Lycope du Saint-Laurent (photo tirée de <http://www.naturequebec.org>)

OBV Charlevoix-Montmorency (2015) dresse la liste d'espèces végétales à statut précaire des bassins versants du littoral de la Côte-de-Beaupré. Celles associées à la région de Sainte-Anne-de-Beaupré (de Boischatel au Cap Tourmente) sont les suivantes :

- Bident d'Eaton (*Bidens eatonii*);
- Ciculaire de Victorin;
- Isoète de Tuckerman (*Isoetes tuckermanii*);
- Lindernie estuarienne (*Lindernia dubia* var. *inundata*);
- Lycope du Saint-Laurent;
- Zizanie naine (*Zizania aquatica* var. *brevis*).

En ce qui concerne spécifiquement à la zone d'étude, le CDPNQ a indiqué par courriel, la présence, pour le secteur du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré, de trois mentions d'espèces floristiques susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables. Ces trois espèces sont :

- Bident d'Eaton;
- Pédiculaire des marais (*Pedicularis palustris* subsp. *palustris*);
- Zizanie naine (*Zizania aquatica* var. *brevis*).

Le bident d'Eaton (photo 2.8) est une herbacée annuelle de milieux estuariens d'eau douce (marais, rivages rocheux/graveleux) qui est présente dans les endroits ensoleillés seulement, sur substrat humide, sans affinité quant au pH et dont la meilleure période d'observation est durant l'automne (Tardif, B. *et al.*, 2016, <http://www.cdpnq.gouv.qc.ca/pdf/plantesVasculairesWeb.pdf>). La mention de bident d'Eaton a été rapportée dans la zone intertidale de Sainte-Anne-de-Beaupré. Elle date toutefois de 1931 et est peu précise (> 8 000 m).



Photo 2.8 Bident d'Eaton (photo tirée de <http://www.naturequebec.org>)

Le pédiculaire des marais (photo 2.8) est une herbacée annuelle de milieux estuariens d'eau salée (prairies humides) et palustres (prairies humides, fens), présente dans les endroits ensoleillés uniquement, sur substrat humide, sans affinité quant au pH. La meilleure période d'observation de l'espèce est à la fin du printemps ou au début de l'été (<http://www.cdpnq.gouv.qc.ca/pdf/plantesVasculairesWeb.pdf>). La mention de pédiculaire des marais a également été rapportée pour Sainte-Anne-de-Beaupré, mais elle date également (1934).



Photo 2.9 Pédiculaire des marais (photo tirée de <http://www.repertoirequebecnature.com>)

La zizanie naine (photo 2.10) est une herbacée annuelle de milieux palustres (marais, marécages), présente dans les endroits ensoleillés seulement, sans affinité quant au pH et dont la meilleure période d'observation est tard l'été ou au début de l'automne (Tardif, B. *et al.*, 2016, <http://www.cdpnq.gouv.qc.ca/pdf/plantesVasculairesWeb.pdf>). La mention de zizanie est plus récente (1983) et a été rapportée sur la batture argileuse intertidale de la jetée de Sainte-Anne-de-Beaupré. Cette observation est d'une plus grande précision (150 m).



Photo 2.10 Zizanie aquatique (photo tirée de <http://www.naturequebec.org>)

Le tableau 2.7 présente leurs statuts de protection respectifs au provincial et au fédéral.

Tableau 2.7 Statuts de protection des espèces floristiques à statut précaire de l'estuaire fluvial rapportées par le CDPNQ pour la zone d'étude

| Nom français | Nom latin | Statut au Québec | Statut au Canada (COSEPAC) |
|------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Bident d'Eaton | <i>Bidens eatonii</i> | Susceptible d'être désigné | Aucun |
| Pédiculaire des marais | <i>Pedicularis palustris subsp. palustris</i> | Susceptible d'être désigné | Aucun |
| Zizanie naine | <i>Zizania aquatica var. brevis</i> | Susceptible d'être désignée | Aucun |

Toutes ces espèces floristiques présentent un potentiel de présence dans la zone d'étude puisqu'elle renferme leur habitat préférentiel, soit la zone intertidale du Saint-Laurent.

2.3.6.2 Espèces fauniques

En plus de l'alose savoureuse, certaines espèces sont identifiées comme étant en situation précaire :

- Anguille d'Amérique;
- Bar rayé (en voie de réintroduction);
- Éperlan arc-en-ciel (population du sud de l'estuaire du fleuve Saint-Laurent);
- Esturgeon jaune;
- Esturgeon noir.

Plusieurs espèces de poissons sont très recherchées par les pêcheurs sportifs, en particulier dans la section de l'estuaire fluvial ou d'eau douce : doré jaune, doré noir, perchaude, grand brochet, barbotte brune, achigan à petite bouche, achigan à grande bouche, éperlan arc-en-ciel, truites arc-en-ciel et

brune, bar rayé, poulamon atlantique, plie lisse (source : Canards Illimités Canada, 2008a cité dans <https://charlevoixmontmorency.ca/public/documents/ftp/PDE-OBV-CM.pdf>).

Le CDPNQ a mentionné dans un courriel reçu le 8 septembre 2017, la présence possible du martinet ramoneur (*Chaetura pelagica*) dans la zone d'étude et une zone d'influence de cette dernière. Au Québec, il s'agit d'une espèce susceptible d'être désignée, soit le martinet ramoneur (*Chaetura pelagica*). Cette espèce est principalement associée aux zones urbaines et rurales où elle utilise les cheminées disponibles comme sites de nidification et aires de repos. Cette espèce est désignée menacée au Canada en vertu de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP) (<http://www.registrelep-sararegistry.gc.ca/sar/index/default.f.cfm>).

Selon l'information disponible dans le PDE (OBV Charlevoix-Montmorency, 2015), trois autres espèces fauniques à statut précaire peuvent potentiellement se retrouver sur le territoire, soit la grenouille des marais (*Rana palustris*) espèce susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable, la tortue géographique (*Graptemys geographica*) espèce désignée vulnérable au Québec et préoccupante selon le COSEPAC et l'anguille d'Amérique.

2.3.7 Espèces exotiques envahissantes

2.3.7.1 Espèces floristiques

Une visite du site, effectuée le 3 octobre dernier (photos 2.1 et 2.2), a permis de confirmer la présence de deux espèces exotiques envahissantes :

- Renouée du Japon (*Fallopia japonica*);
- Salicaire pourpre (*Lythrum salicaria*).

Plusieurs grandes colonies de renouée du Japon (EEE) ont été identifiées autour du quai. Il s'agit d'une espèce qui se reproduit très rapidement à l'aide de rhizomes (qui peuvent atteindre 3 m de profondeur) et également à l'aide de fragments de plantes de très petite taille (de l'ordre du centimètre). Cette plante est nuisible, car elle empêche toutes les autres espèces végétales de croître et elle prend rapidement de l'expansion. Son éradication est par ailleurs considérée comme extrêmement difficile, voire impossible.

Selon l'information tirée du PDE (OBV, 2015), la renouée du Japon et la berce du Caucase s'étendent le long du fleuve en suivant la voie ferrée. L'OBV a également recensé la présence de roseau commun (phragmite) et de myriophylle à épis dans les bassins versants du littoral de la Côte-de-Beaupré.

Ces espèces ont fort probablement été introduites par des matériaux qui ont servi de remblais lors des travaux réalisés le long de la 138 ou par la machinerie, à une période où la problématique des espèces exotiques envahissantes n'était peu ou pas gérée dans le cadre de travaux.

2.3.7.2 Espèces fauniques

Selon l'information tirée du PDE (OBV, 2015), la présence de poissons rouges a été rapportée dans un lac du bassin versant de la rivière Montmorency et de truites arc-en-ciel dans les rivières du Sault-à-la-Puce et aux Chiens.

2.4 Description du milieu humain

La zone d'étude se situe à une quarantaine de kilomètres de la ville de Québec.

2.4.1 Contexte administratif

Le projet de réhabilitation du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré doit être réalisé dans la ville du même nom, au cœur de la MRC de La Côte-de-Beaupré. S'étendant sur un peu plus de 68 km², Sainte-Anne-de-Beaupré s'insère entre Château-Richer et Beaupré sur les rives du fleuve Saint-Laurent.

Outre la Ville de Sainte-Anne-de-Beaupré, la MRC comprend huit autres municipalités ainsi que deux territoires non organisés. D'une superficie de 5 028 km², elle est localisée sur la rive nord du fleuve Saint-Laurent, entre la ville de Québec et la région de Charlevoix, et au nord de l'Île-d'Orléans

Du point de vue administratif, la MRC de La Côte-de-Beaupré fait également partie de la Communauté métropolitaine de Québec (CMQ) et elle est rattachée à la région administrative de la Capitale-Nationale (03). La CMQ regroupe 28 municipalités, dont la ville de Québec, la ville de Lévis et trois MRC, soit la MRC de La Jacques-Cartier, la MRC de l'Île-d'Orléans, la MRC de La Côte-de-Beaupré.

2.4.2 Planification et aménagement du territoire

Plusieurs documents encadrent la planification et l'aménagement du territoire de la Ville de Sainte-Anne-de-Beaupré. Les documents les plus pertinents aux fins de la présente étude sont les suivants :

- Le Plan métropolitain d'aménagement et de développement (PMAD) de la Communauté métropolitaine de Québec (CMQ);
- Le Plan de développement durable des collectivités de la Côte-de-Beaupré (2013);
- Le Schéma d'aménagement et de développement durable (2013) de la MRC de la Côte-de-Beaupré.

Les énoncés les plus importants contenus dans ces deux documents sont présentés brièvement dans les sous-sections ci-après.

2.4.2.1 Plan métropolitain d'aménagement et de développement de la Communauté métropolitaine de Québec (CMQ)

La Loi sur l'aménagement et l'urbanisme (LAU) confère diverses compétences et responsabilités à la Communauté métropolitaine de Québec (CMQ) en matière d'aménagement du territoire. Ainsi, la LAU prévoit que la CMQ a le devoir d'élaborer, d'adopter et de maintenir en vigueur, en tout temps, un Plan métropolitain d'aménagement et de développement (PMAD).

Intitulé Bâtir 2031, ce plan a été élaboré dans une perspective de développement durable; il définit des orientations, des objectifs et des critères aux fins d'assurer la compétitivité et l'attractivité du territoire de la CMQ (CMQ, 2013). Ce document constitue un outil de planification intégrée, distinct et complémentaire aux schémas d'aménagement et de développement élaborés par le palier régional (Agglomération de Québec, MRC) et aux plans d'urbanisme élaborés par les municipalités.

Les priorités qui doivent mobiliser les 28 municipalités faisant partie de la CMQ au cours des prochaines années sont au nombre de trois, à savoir :

- Structurer en bâtissant une région métropolitaine plus cohérente sur le plan de l'organisation du territoire et de la mobilité durable;
- Attirer en offrant des milieux de vie et des lieux d'emploi de qualité en quantité suffisante pour accueillir la croissance et en complétant la mise en valeur des éléments identitaires;

- Durer en limitant les pressions de l'urbanisation sur les milieux naturels et agricoles, en utilisant judicieusement les ressources et en veillant à la sécurité, à la santé publique et au bien-être des citoyens.

Ces priorités sont assorties de 13 stratégies à mettre de l'avant par l'ensemble des acteurs concernés par l'aménagement du territoire. Ainsi, parmi les stratégies les plus pertinentes pour la mise en œuvre du projet faisant l'objet de la présente étude, la CMQ vise à offrir des milieux de vie de qualité :

- En misant sur la qualité des espaces patrimoniaux, naturels et récréotouristiques;
- En valorisant les paysages identitaires;
- En faisant du fleuve Saint-Laurent un élément rassembleur.

Suite à son entrée en vigueur, en juin 2012, le PMAD a engagé un processus formel de concordance obligeant chacune des composantes du territoire de la CMQ (incluant la MRC de la Côte-de-Beaupré) à s'y conformer.

De plus, le PMAD identifie spécifiquement le quai de Sainte-Anne-de-Beaupré comme étant un de points de vue permettant de saisir les paysages d'intérêt métropolitain.

2.4.2.2 Plan de développement durable des collectivités de la Côte-de-Beaupré

Le Plan de développement durable des collectivités de la Côte-de-Beaupré est un document stratégique qui définit les intentions des collectivités pour l'avenir de la région. Précédant l'élaboration du schéma, il visait à doter la Côte-de-Beaupré d'une vision commune du futur souhaité et de lignes directrices pour le développement de la communauté d'ici les 20 prochaines années, dans une perspective de durabilité.

Selon la vision stratégique adoptée par l'ensemble des partenaires concernés par le développement de la MRC, la Côte-de-Beaupré offrira et développera en 2030 des milieux de vie dynamiques et attirants qui, d'une part, mettront en valeur et protégeront les éléments distinctifs du territoire que sont ses attraits naturels et ses racines de même que, d'autre part, offriront une qualité de vie enviable et développent pleinement les potentiels du territoire, sur les plans économique, agricole, touristique, culturel, social et environnemental.

Les orientations qui tracent donc l'itinéraire des prochaines années vers la mise en œuvre de cette vision stratégique, dans une perspective durable, sont reprises intégralement dans le schéma d'aménagement et de développement durable de la MRC (voir section suivante). Pour concrétiser l'orientation qui vise à préserver et améliorer le caractère paysager distinctif, le plan propose diverses actions dont entre autres d'augmenter l'accessibilité au fleuve, d'améliorer la qualité des paysages fluviaux et de faire du fleuve un corridor de récréation et de conservation de la biodiversité (ex. : en planifiant et réalisant un réseau de parcs riverains).

Enfin, en lien avec l'objectif du plan d'accroître la fréquentation touristique et de maximiser les retombées, la collectivité a spécifiquement retenu la mise en valeur du quai et des berges de Sainte-Anne-de-Beaupré (action 44). Reconnaisant l'immense potentiel du quai en ce qui a trait au développement touristique régional, le plan l'identifie d'ailleurs comme projet majeur.

2.4.2.3 Schéma d'aménagement et de développement durable (SADD) de la MRC de La Côte-de-Beaupré

Le Schéma d'aménagement et de développement durable (SADD) de la MRC de La Côte-de-Beaupré est un document important et novateur qui encadre l'aménagement et le développement durable du territoire pour les années à venir. Son élaboration s'est faite en s'appuyant sur les orientations gouvernementales, le PMAD (CMQ) et la Planification stratégique de développement durable de la MRC.

Le SADD est basé sur les quatre grandes orientations de développement retenues au terme de l'élaboration du Plan de développement durable des collectivités de la Côte-de-Beaupré, lesquelles présentent toutes un lien avec le projet de réhabilitation du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré:

- Utiliser de façon optimale le territoire et ses ressources;
- Assurer un développement économique durable;
- Préserver et améliorer le caractère distinctif du territoire, sur le plan culturel, naturel et paysager;
- Accroître la qualité de vie des citoyens de la Côte-de-Beaupré.

De ces grandes orientations découlent 11 axes d'interventions prioritaires, dont les plus pertinentes dans le présent contexte sont les suivantes :

- Pérennité des espaces récréatifs et touristiques;
- Protection et mise en valeur des sites patrimoniaux et des parcours anciens;
- Préservation de la richesse et de la diversité des espaces naturels;
- Mise en valeur des paysages culturels.

Ce document de planification présente également deux aires d'interventions particulières, dont celle de la mise en valeur du fleuve et de ses berges.

En raison de son attrait touristique et récréatif, le quai de Sainte-Anne-de-Beaupré fait partie de la grande affectation « Récréation intensive 2 ». Afin de contribuer au maintien de sa vocation récréative, le schéma lui confère d'ailleurs un statut particulier de parcours récréatif et de pôle touristique à développer. Le projet de réseau de parcs riverains, composé d'accès existants et projetés, mis de l'avant par la MRC s'inscrit en lien direct avec le désir d'améliorer l'accessibilité publique aux plans d'eau. La mise en valeur du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré est d'ailleurs le projet central du réseau.

Le SADD répertorie également le quai de Sainte-Anne-de-Beaupré parmi les équipements et infrastructures récréatifs d'envergure régionale sur le territoire de la MRC. De plus, le quai est identifié par la MRC comme étant une composante significative des infrastructures régionales projetées en matière de transport.

En somme, l'importance que la MRC attribue au quai de Sainte-Anne-de-Beaupré tient non seulement au potentiel de l'infrastructure à donner accès au fleuve à la population et aux visiteurs de la Côte-de-Beaupré, mais aussi à celui de permettre le développement du tourisme maritime en favorisant l'achat local.

2.4.2.4 Règlement de zonage de la Ville de Sainte-Anne-de-Beaupré

Selon le règlement de zonage 333-V de la Ville de Sainte-Anne-de-Beaupré, la totalité du quai se trouve dans la zone RT-85 (figure 2.13) où les usages permis sont les suivants :

- Commerces d'accommodation locaux (C1);
- Commerce de détail et services locaux (C3);
- Restauration (C8);
- Hébergement (C10);
- Équipement et infrastructure (P3);
- Parcs et espaces verts (P4);
- Récréation extensive (R1).

À noter que les classes d'usage C1, C3, C8 et C10 sont autorisées uniquement si elles sont en lien avec un usage principal de la classe d'usage R1 (récréation extensive).



Figure 2.13 Zone RT-85 et zones adjacentes

2.4.3 Profil socioéconomique

2.4.3.1 Caractéristiques démographiques

Au dernier recensement, en 2016, la population de la Ville de Sainte-Anne-de-Beaupré s'établissait à un peu moins de 2 900 personnes, en légère hausse par rapport au recensement précédent (tableau 2.8). Contrairement à plusieurs des autres municipalités de la MRC et à la MRC de la Côte-de-Beaupré, sa population est demeurée relativement stable depuis 2011. En 2018, elle représentait un dixième de la population totale de la MRC.

Tableau 2.8 Répartition de la population par municipalité, 2011-2016 et 2018

| | Population 2011 ¹ | Population 2016 ² | Population 2018 ³ | % de la MRC en 2018 |
|------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------|
| Beaupré | 3 439 | 3 752 | 3 744 | 13,1 |
| Boischatel | 6 465 | 7 587 | 7 703 | 27,0 |
| Château-Richer | 3 834 | 4 126 | 4 021 | 14,1 |
| L'Ange-Gardien | 3 634 | 3 695 | 3 869 | 13,6 |
| Sainte-Anne-de-Baupré | 2 854 | 2 880 | 2 856 | 10,0 |
| Saint-Ferréol-les-Neiges | 2 964 | 3 240 | 3 330 | 11,7 |
| Saint-Joachim | 1 458 | 1 441 | 1 497 | 5,2 |
| Saint-Tite-des-Caps | 1 506 | 1 473 | 1 520 | 5,3 |
| Saint-Louis-de-Gonzague-du-Cap-Tourmente | 18 | 5 | 2 | 0,0 |
| MRC de La Côte-de-Baupré | 26 172 | 28 199 | 28 542 | 100,0 |

¹ Statistique Canada, 2012. Profil du recensement, Recensement de 2011.

² Statistique Canada, 2017. Profil du recensement, Recensement de 2016.

³ Décret de population pour 2018 - Municipalités locales, arrondissements, villages nordiques et territoires non organisés

L'Institut de la statistique du Québec prévoit qu'en 2036, la population totale de la MRC atteindra 34 299 personnes, en hausse de près de 30 % par rapport aux données de 2011 (ISQ, 2014). Dans la région de la Capitale-Nationale, cela représenterait la seconde plus forte croissance anticipée après celle de la MRC de la Jacques-Cartier (43,1 %). En ce qui a trait à la Ville de Sainte-Anne-de-Baupré, l'ISQ estime qu'en 2031 sa population atteindra 2 945 personnes et que l'âge moyen y sera de 47 ans.

Toutefois, comme l'indique le Schéma d'aménagement et de développement durable, la population de la MRC de La Côte-de-Baupré est vieillissante, à l'instar du Québec dans son ensemble. Ainsi, les perspectives démographiques de l'ISQ pour 2036 prévoient que la tranche d'âge 65 ans et plus va s'accroître de plus de 100 % alors que les 0-19 ans vont connaître une hausse d'un peu plus de 25 % au cours de la même période.

2.4.3.2 Situation économique

Le tableau 2.9 présente une synthèse des principaux indicateurs économiques pour Sainte-Anne-de-Baupré, la MRC de La Côte-de-Baupré et l'ensemble du Québec en 2016 (Statistique Canada, 2017). Selon les données du plus récent recensement, les taux d'activité et d'emploi pour Sainte-Anne-de-Baupré étaient tous les deux significativement inférieurs à ceux de la MRC et de la province. En ce qui a trait au taux de chômage, avec environ 5 % de chômeurs, le résultat obtenu à l'échelle municipale était à peine supérieur à celui de l'ensemble de la Côte-de-Baupré, mais toutefois bien meilleur que celui pour l'ensemble du Québec.

Tableau 2.9 Situation de l'emploi en 2016

| | Sainte-Anne-de-Beaupré | MRC La Côte-de-Beaupré | Ensemble du Québec |
|--------------------------|------------------------|------------------------|--------------------|
| Pop. tot. 15 ans et plus | 2 405 | 22 585 | 6 634 280 |
| Population active | 1 430 | 15 015 | 4 255 500 |
| Personnes occupées (nb) | 1 360 | 14 315 | 3 949 325 |
| Chômeurs (nb) | 75 | 705 | 306 170 |
| Population inactive | 965 | 7 565 | 2 378 780 |
| Taux d'activité (%) | 59,5 | 66,5 | 64,1 |
| Taux d'emploi (%) | 56,5 | 63,4 | 59,5 |
| Taux de chômage | 5,2 | 4,7 | 7,2 |

À l'instar de la MRC et de la province, le secteur tertiaire – lequel comprend notamment les activités économiques liées au tourisme, l'hébergement et la restauration - était en 2016 le plus grand pourvoyeur d'emplois pour la population de Sainte-Anne-de-Beaupré (tableau 2.10). La ville présente un profil fort similaire à ceux de la Côte-de-Beaupré et de la province de Québec pour ce qui est de la répartition des emplois selon les secteurs d'activité. La seule différence notable concerne la proportion d'emplois dans le secteur primaire qui est le double ou presque de ceux des deux autres entités présentées à des fins de comparaison.

Tableau 2.10 Répartition des emplois selon les secteurs d'activité, 2016³

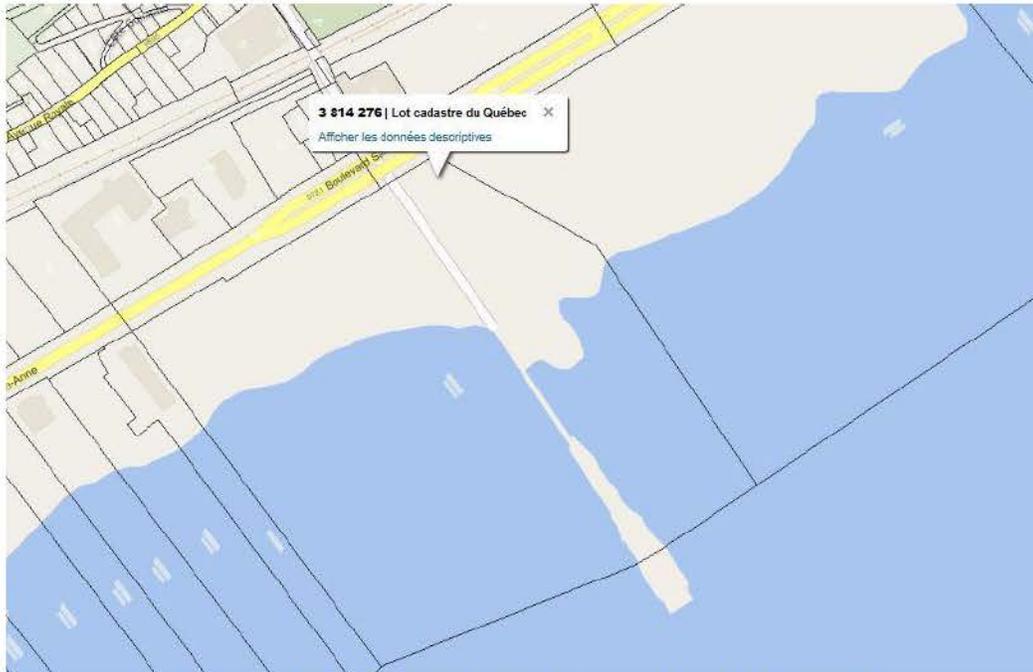
| | Sainte-Anne-de-Beaupré | | MRC La Côte-de-Beaupré | | Ensemble du Québec | |
|-----------------------------------|------------------------|-------|------------------------|-------|--------------------|-------|
| | Nb | % | Nb | % | Nb | % |
| Toutes les catégories d'industrie | 1 415 | 100,0 | 14 870 | 100,0 | 4 154 010 | 100,0 |
| <i>Primaire</i> | 70 | 4,9 | 330 | 2,2 | 104 980 | 2,5 |
| <i>Secondaire</i> | 265 | 18,7 | 2 640 | 17,8 | 712 370 | 17,1 |
| <i>Tertiaire</i> | 1 095 | 77,4 | 11 900 | 80,0 | 3 336 665 | 80,3 |

2.4.4 Tenures des terres

Les travaux visés par le projet seront réalisés sur deux lots distincts, soit le lot 3 814 276 et un lot non cadastré (propriété publique) (voir figure 2.14). Le lot 3 814 276 appartient à la CDQSAB.

Pour le lot situé en territoire public, une requête en domanialité sera placée auprès de la Direction de la gestion du domaine hydrique de l'État pour valider sa tenure publique provinciale. Le cas échéant, une demande sera faite auprès de cette Direction afin de régulariser l'occupation du plan d'eau ou le bail d'occupation du domaine hydrique de l'État.

³ Selon la désignation de la nature générale de l'activité de l'établissement où travaille la personne. Les données sur l'industrie sont produites en fonction du SCIAN 2012. Données arrondies; les totaux peuvent ne pas égaier 100 %.



(source : <https://appli.mern.gouv.qc.ca/Infolot/CarteInteractive>)

Figure 2.14 Lotissement à proximité du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré

2.4.5 Utilisation actuelle et prévue du territoire

2.4.5.1 Milieu bâti

Comme c'est le cas pour la majeure partie du territoire de la Côte-de-Beaupré, le territoire municipal est surtout habité à son extrémité sud. En raison notamment de la topographie et de l'alignement des voies de communication (fleuve Saint-Laurent, avenue Royale), le développement de la portion habitée de Sainte-Anne-de-Beaupré a été réalisé tout en longueur.

Si la Ville de Sainte-Anne-de-Beaupré regroupe sur l'ensemble de son territoire une diversité d'activités résidentielles, commerciales et de services, la zone d'étude présente un visage qui lui est propre.

En effet, alors que les rives du fleuve sont généralement toutes occupées, les terrains situés de part et d'autre du chemin menant vers le quai prolongement de la rue du Sanctuaire demeure densément boisés.

Du côté ouest, au sud de la route 138 (boulevard Sainte-Anne), on retrouve un établissement d'hébergement offrant environ une cinquantaine de chambres alors qu'à l'est on est en présence d'un vaste terrain gazonné et semi-aménagé, propriété des pères Rédemptoristes, destiné à accommoder durant certaines périodes de l'année les pèlerins et les visiteurs de la Basilique pour de courts séjours à bord de leurs véhicules récréatifs.

Au nord de la route 138, de part et d'autre de la rue du Sanctuaire, on recense le Cyclorama ainsi qu'un stationnement attenant et, en s'éloignant davantage du fleuve, la Basilique Sainte-Anne-de-Beaupré. À noter qu'un passage souterrain localisé à environ 115 m à l'est de l'intersection route 138 – rue du Sanctuaire permet de relier le complexe de la Basilique et le terrain des pères Rédemptoristes.

Les fonctions résidentielles sont essentiellement concentrées le long de l'avenue Royale, laquelle suit un tracé à peu près parallèle à la route 138, à quelques centaines de mètres au nord de celle-ci, et donc hors de la zone d'étude. À noter que les résidences situées le plus près du quai se trouvent à au moins 1 km de distance de celui-ci.

En temps normal, le climat sonore à proximité du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré est constitué essentiellement du trafic du boulevard Sainte-Anne (route 138) auquel s'ajoute, à raison de quelques passages par jour, le bruit associé au trafic ferroviaire circulant sur le Chemin de fer Charlevoix CFC.

2.4.5.2 Activités récréatives et tourisme

TOURISME

La MRC de La Côte-de-Beaupré compte sur son territoire trois produits d'appel majeurs sur le plan touristique, dont la basilique Sainte-Anne-de-Beaupré. Chaque année, ces sites attirent un nombre impressionnant de visiteurs (plus des deux tiers de la fréquentation totale de la région touristique de Québec) et, à elle seule, la basilique accueille plus de 1,0 million de visiteurs par année (Schéma d'aménagement de la MRC, novembre 2013). D'ailleurs, bon an, mal an, un peu plus de 100 000 personnes de partout à travers le monde fréquentent la basilique durant la neuvaine, en juillet.

En ce qui concerne le quai de Sainte-Anne de Beaupré, l'activité touristique y a été abandonnée depuis fort longtemps et sa fréquentation se limite pour l'instant à la population locale et régionale, et surtout pour la pêche, la détente, l'observation de la nature et même la randonnée en raquettes en période hivernale.

Dans la foulée de l'élaboration du Plan de développement durable des collectivités, un effort collectif d'actualisation du positionnement touristique a été mis en branle afin d'élargir la gamme d'activités quatre saisons offertes sur le territoire. Dans cette perspective, le fleuve s'impose comme un attrait majeur de la Côte-de-Beaupré, mais il mérite d'être davantage mis en valeur. Ainsi, une fenêtre de possibilités se dessine avec la création de zones d'accessibilité au fleuve (ex. : quai de Sainte-Anne-de-Beaupré) et le développement du tourisme fluvial.

2.4.5.3 Chasse et pêche

CHASSE

Selon l'information dont nous disposons, la chasse ne serait pas pratiquée dans les limites de la zone d'étude; on sait toutefois que les sauvaginaires fréquentent le fleuve et les battures ailleurs sur la Côte-de-Beaupré (ex. : chasse à la grande oie des neiges à l'automne dans la réserve nationale de faune du Cap-Tourmente). Toutefois, il importe quand même de préciser que la zone d'étude se situe dans le district F pour la chasse aux oiseaux migrateurs. En 2017-2018⁴, en fonction des espèces chassées, les saisons de chasse s'étendaient sur les périodes suivantes:

- Du 6 au 22 septembre 2017 et du 23 septembre au 21 décembre de la même année pour les bernaches du Canada et de Hutchins (la chasse à ces espèces est uniquement permise sur les terres agricoles);
- Du 23 septembre 2017 au 6 janvier 2018 pour les eiders, hareldes kakawis, foulques et gallinules;
- Du 6 au 22 sept. 2017 et du 23 sept. au 21 déc. 2017 pour les bernaches du Canada et de Hutchins (la chasse à ces espèces est uniquement permise sur les terres agricoles);
- Du 16 septembre au 30 décembre 2017 pour les bécasses et tourterelles tristes.

⁴ Le calendrier de chasse aux oiseaux migrateurs pour la période 2018-2019 n'était pas encore disponible au moment de la rédaction de ce rapport.

Par ailleurs, des informations présentées dans une étude complémentaire préparée par la Nation huronne-wendat dans le cadre de l'évaluation environnementale du projet d'aménagement d'un quai multifonctionnel en eau profonde au port de Québec (Beauport 2020) indiquent que certains membres de cette nation fréquenteraient des sites de chasse aux oiseaux migrateurs le long du chenal de l'Île-d'Orléans (NHW, 2016).

Ainsi, la bernache du Canada et l'oie des neiges seraient chassées dans les limites du site 3, situé sur la rive nord du fleuve Saint-Laurent, entre les localités de Château-Richer et de Sainte-Anne-de-Baupré (figure 2.15). Les informateurs auxquels l'étude réfère chasseraient surtout le printemps, mais aussi l'automne, pour des périodes de durée variable. Ces chasseurs ont indiqué que la présence des bernaches du Canada avait diminué au cours des dix dernières années sur le site 3.

Il est à noter que deux autres sites (n^{os} 2 et 4) également situés le long du chenal de l'île d'Orléans seraient fréquentés par ces utilisateurs. Le site 2, où se pratique la chasse à la bernache, à l'oie et au canard, se trouve à l'extrémité ouest de l'île alors que le site 4, utilisé pour la chasse à l'oie, se trouve à l'extrémité est de l'île. Ces deux sites se trouvent cependant à bonne distance du site où doivent se dérouler les travaux de réhabilitation du quai de Sainte-Anne-de-Baupré.

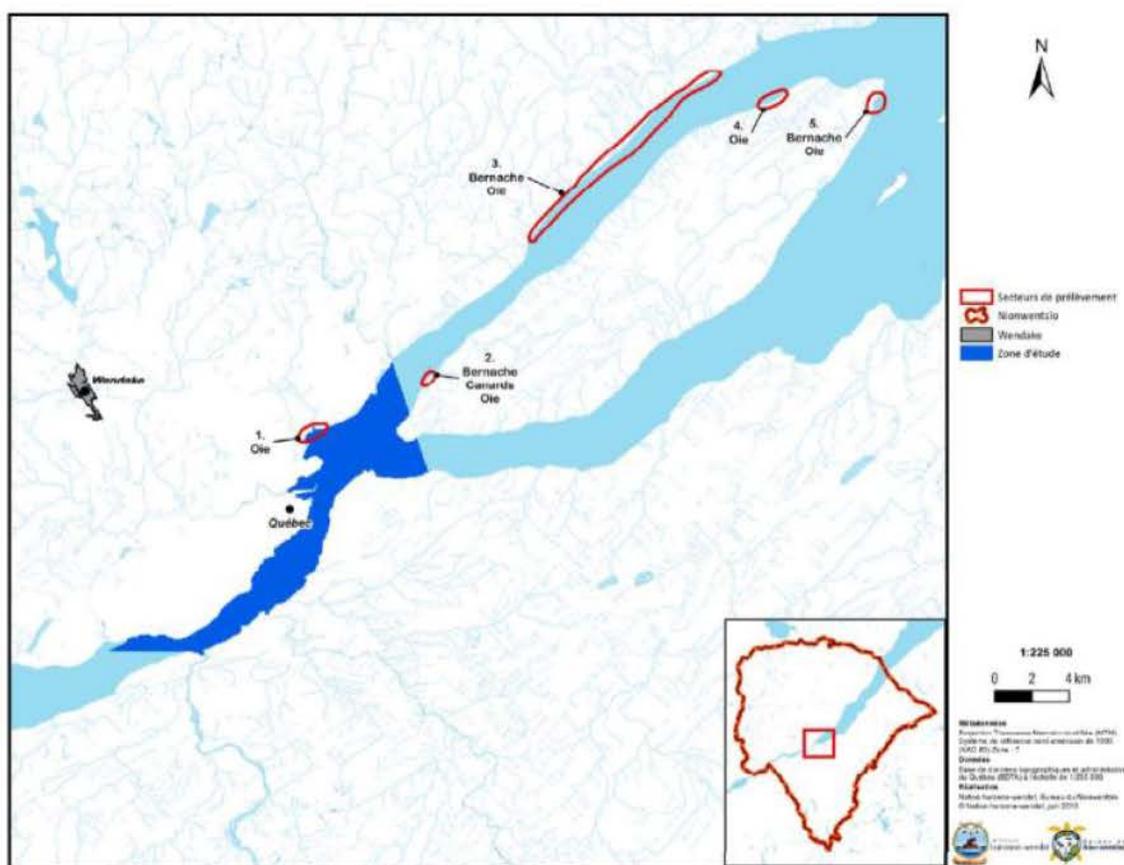


Figure 2.15 Sites de chasse aux oiseaux migrateurs fréquentés par des utilisateurs hurons-wendat (NHW, 2016)

PÊCHE COMMERCIALE ET SPORTIVE

Selon le Plan de gestion de la pêche (PGP), la zone d'étude est incluse dans deux secteurs de pêche commerciale à savoir (Rémys Morrissette, MAPAQ-DREEI, comm. pers, mars 2018) : le secteur 11.3, soit la partie comprise entre le pont Laviolette et la pointe est de l'île d'Orléans, puis le secteur 11.3.2, qui

correspond à la partie du fleuve comprise entre, d'une part, les limites ouest de Saint-Augustin-de-Desmaures sur la rive nord ainsi que Lévis sur la rive sud et, d'autre part, la pointe est de l'île d'Orléans. En vertu de l'article 11-03.2-0 du PGP, quatre permis de pêche commerciale ont été délivrés pour ces secteurs et des activités de pêche commerciale sont susceptibles d'être pratiquées à proximité ou dans la zone d'étude. L'information disponible sur ces permis indique toutefois qu'il n'y a aucune installation ou engin de pêche commerciale dans les secteurs immédiatement adjacents au quai (tableau 2.11).

Tableau 2.11 Activités de pêche commerciale à proximité ou dans la zone d'étude

| Permis | Eaux | Espèces | Engins | Périodes |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 40167 | Eaux du fleuve en front du lot 62 du cadastre de la paroisse de Saint-François-Île-d'Orléans. | Barbue de rivière, carpe, doré jaune de 37 à 53 cm, doré noir, esturgeon jaune de 45 cm et plus et de moins de 80 cm, et esturgeon noir de 86 cm et moins. | 2 filets maillants de 20 brasses chacun pour un total de 40 brasses. Maille de 19 à 20,3 cm. | Du 1er mai au 15 juillet et du 15 août au 30 septembre pour barbue de rivière et carpe; du 2e vendredi de mai au 15 juillet et du 15 août au 30 septembre pour dorés jaune et noir; du 1er mai au 30 juin et du 15 août au 15 octobre pour esturgeon noir; du 14 juin à 12 h au 15 juillet et du 15 août au 15 octobre pour esturgeon jaune. |
| 40121 | Eaux du fleuve en front des lots 318-P et 320-P du cadastre de la paroisse de Château-Richer. | Barbue de rivière, carpe, doré jaune de 37 à 53 cm, doré noir, esturgeon jaune de 45 cm et plus et de moins de 80 cm, et esturgeon noir de 86 cm et moins. | 1 filet maillant de 20 brasses pour un total de 20 brasses. Maille de 19 à 20,3 cm. | Du 1er mai au 15 juillet et du 15 août au 30 septembre pour barbue de rivière et carpe; du 2e vendredi de mai au 15 juillet et du 15 août au 30 septembre pour dorés jaune et noir; du 1er mai au 30 juin et du 15 août au 15 octobre pour esturgeon noir; du 14 juin à 12 h au 15 juillet et du 15 août au 15 octobre pour esturgeon jaune. |
| 40095 | Eaux du fleuve comprises entre la pointe est de l'île d'Orléans jusqu'en face de l'église de Saint-Augustin-de-Desmaures et dans le secteur du chenal du sud, soit au sud d'une ligne joignant l'île Madame jusqu'à la pointe Samson en passant par le récif de l'île Madame et la bouée H131. | Barbue de rivière, carpe, doré jaune de 37 à 53 cm, doré noir, esturgeon jaune de 45 cm et plus et de moins de 80 cm, et esturgeon noir de 86 cm et moins. | 14 filets maillants de 20 brasses chacun pour un total de 280 brasses. Maille de 19 à 20,3 cm. | Du 1er mai au 15 juillet et du 15 août au 30 septembre pour barbue de rivière et carpe; du 2e vendredi de mai au 15 juillet et du 15 août au 30 septembre pour dorés jaune et noir; du 1er mai au 30 juin et du 15 août au 15 octobre pour esturgeon noir; du 14 juin à 12 h au 15 juillet et du 15 août au 15 octobre pour esturgeon jaune. |

| Permis | Eaux | Espèces | Engins | Périodes |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 40265 | Eaux du fleuve comprises entre la pointe Est de l'Île d'Orléans jusqu'en face de l'église de Saint-Augustin-Desmaures et dans le secteur du chenal du sud, soit au sud d'une ligne partant de l'île Madame passant par le récif de l'île Madame et se prolongeant jusqu'à la pointe Samson en passant par la bouée H131. | Barbue de rivière, carpe, doré jaune de 37 à 53 cm, doré noir, esturgeon jaune de 45 cm et plus et de moins de 80 cm, et esturgeon noir de 86 cm et moins. | 12 filets maillants de 20 brasses chacun pour un total de 240 brasses. Maille de 19 à 20,3 cm. | Du 1er mai au 15 juillet et du 15 août au 30 septembre pour barbue de rivière et carpe; du 2e vendredi de mai au 15 juillet et du 15 août au 30 septembre pour dorés jaune et noir; du 1er mai au 30 juin et du 15 août au 15 octobre pour esturgeon noir; du 14 juin à 12 h au 15 juillet et du 15 août au 15 octobre pour esturgeon jaune |

Pour ce qui est de la pêche sportive, le secteur du quai fait partie de la vaste zone de pêche no. 27 tel que définie par le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP). Au moment de rédiger ce rapport, seules les périodes de pêche et les limites quotidiennes de prise des poissons d'intérêt sportif pour la période 2017-2018 (1er avril 2017 au 31 mars 2018) étaient disponibles.

Durant les différentes saisons de pêche récréative sur le fleuve Saint-Laurent (printemps, été, automne), le quai de Sainte-Anne-de-Beaupré est fréquenté de manière régulière par plusieurs amateurs de pêche de la région. Selon ces pêcheurs, il serait notamment possible d'y prendre de l'esturgeon, du baret (aussi nommé « perche blanche »), du bar rayé (remise obligatoire), de la barbue de rivière, de la barbotte, de la loche, de l'éperlan (en saison), du doré ainsi que de l'anguille. Il n'existe pas de compilation ni même d'estimation du nombre de jours-pêche ou encore du nombre de prises que cette activité peut représenter.

2.4.5.4 Aires protégées

Selon le Registre des aires protégées au Québec, le site du quai est situé dans une aire de concentration d'oiseaux aquatiques (ACOA).

Selon le classement proposé par l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) en 1994, cette aire est désignée de Catégorie IV « Aire protégée administrée principalement aux fins de conservation par l'aménagement »; cette catégorie correspond aux aires terrestre ou marine dont la gestion fait l'objet d'une intervention active, de façon à garantir le maintien des habitats ou à répondre aux besoins d'espèces particulières.

2.4.5.5 Autres infrastructures et équipements publics

ROUTE 138 (BOULEVARD SAINTE-ANNE)

La route 138 sillonne le territoire de la MRC et de la Ville de Sainte-Anne-de-Beaupré d'ouest en est. Entre les pôles de Boischatel et de Beaupré, cet axe routier d'importance nationale joue un rôle structurant, non seulement en ce qui concerne les lieux d'emploi (commerces, services, institutions), mais aussi pour l'accès aux sites récréotouristiques locaux et de la région de Charlevoix ainsi qu'au fleuve.

Dans le secteur du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré, à la hauteur de la rue du Sanctuaire, le début journalier moyen annuel est de l'ordre de 20 000 véhicules (MTMDET, données 2016); cela est légèrement supérieur aux résultats obtenus pour l'année 2014. L'été, le débit moyen s'accroît jusqu'à un peu plus de 23 000 véhicules alors qu'en hiver il demeure un peu au-dessus de 19 000 véhicules. Sur ce tronçon de la route 138, le pourcentage de camions est estimé à 7 %.

CHEMIN DE FER

La voie ferrée du Chemin de fer Charlevoix CFC croise la rue du Sanctuaire entre le Cyclorama et la Basilique, soit au nord de la limite de la zone d'étude retenue pour le présent projet.

RÉSEAU CYCLABLE

Le réseau cyclable de la Côte-de-Beaupré est bien structuré. La Véloroute Marie-Hélène-Prémont constitue le principal maillon du réseau. Elle a été créée en 2006 et est également accréditée Route Verte par Vélo Québec. La véloroute traverse présentement six des neuf municipalités du territoire, dont Sainte-Anne-de-Beaupré. D'une longueur de 65 kilomètres, son trajet suit l'avenue Royale, un peu au nord des limites de la zone d'étude. Il n'existe pas de données concernant la fréquentation de la véloroute.

2.4.5.6 Navigation

Le quai de Sainte-Anne-de-Beaupré se situe dans le secteur aval de l'estuaire fluvial du fleuve Saint-Laurent, le long du chenal nord de l'Île-d'Orléans.

Ce chenal n'est utilisé que pour la navigation de plaisance, sa profondeur étant inférieure à 10 m (Centre Saint-Laurent, 1996). Il est pittoresque, balisé par des bouées et des alignements lumineux, mais il est étroit, parsemé de hauts fonds et réclame donc plus de vigilance.

Pour le moment, l'essentiel des activités sur cette portion du fleuve Saint-Laurent est plutôt réalisé à des fins récréatives et de loisir.

2.4.5.7 Projets de développement

Le projet de réhabilitation du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré s'insère dans le cadre plus vaste de la mise en valeur de l'ensemble du secteur piloté par la Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré (voir section 1.5).

Outre celui-ci, il n'y a pas d'autres projets connus dans les limites de la zone d'étude ou dans les secteurs adjacents à celle-ci.

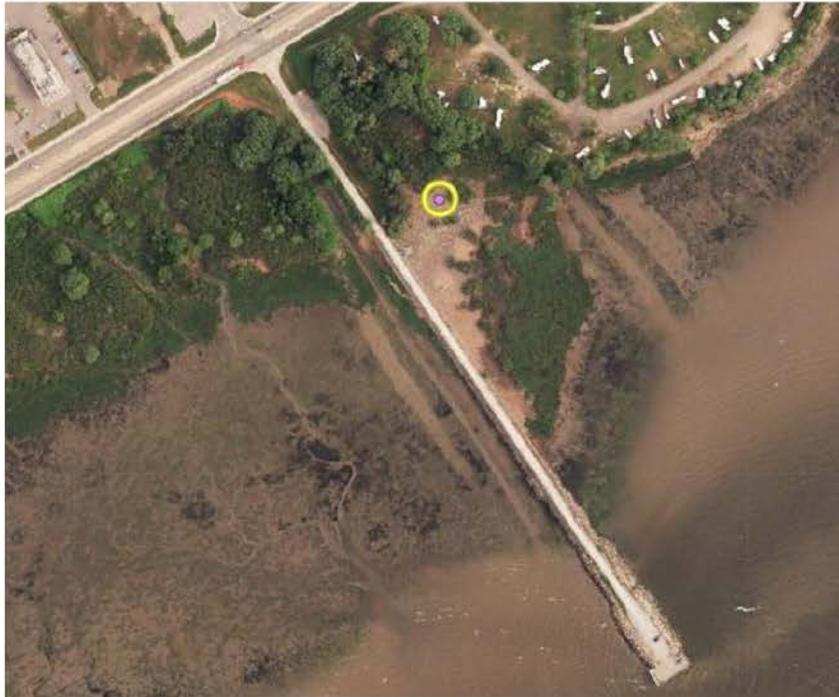
2.4.6 Patrimoine archéologique

Selon le SADD, le patrimoine archéologique de la Côte-de-Beaupré offre un important potentiel. Malgré cela, plusieurs secteurs demeurent encore peu explorés ou n'ont fait l'objet d'aucune étude archéologique. La MRC souhaite compléter l'étude du potentiel archéologique de son territoire.

Le territoire a d'abord été occupé par des Amérindiens, il y a plus de 8 000 ans, et l'occupation européenne remonte pour sa part à plus de 400 ans. On dénombre d'ailleurs des sites amérindiens préhistoriques à partir de 8 000 ans (avant aujourd'hui) jusqu'à l'arrivée de Jacques Cartier (1534, début de la période historique). À l'échelle régionale, un bref examen du portrait archéologique permet de constater que la majorité des sites répertoriés se trouve aux abords du fleuve Saint-Laurent. Saint-Joachim et le Cap-Tourmente sont les deux secteurs présentant les plus forts potentiels, tant en raison de la présence autochtone qu'europpéenne.

D'après l'Inventaire des sites archéologiques du Québec (ISAQ), on dénombre sur le territoire de la Côte-de-Beaupré près d'une centaine de sites archéologiques connus, couvrant toutes les périodes d'occupation, à partir de la préhistoire jusqu'à nos jours. Comme l'indique la figure 33 « Les sites d'intérêt archéologique » du SADD, deux de ces sites sont situés dans les limites de la ville de Sainte-Anne-de-Beaupré; ce sont les suivants :

- CGER-1, ce site a été appelé Site Gaudreault et il se situe sur la pointe de Saint-Anne-de-Beaupré, à l'est du quai (figure 2.16). La connaissance de ce site est due à la découverte fortuite en 1956 d'une pointe de projectile de type Genesee en chert datant de la période archaïque laurentien;
- CGER-4, ce site, nommé site Gagnon, a été localisé lors d'une prospection de la Côte-de-Beaupré en 1990. Datant du Sylvicole inférieur, il est situé sur une terrasse de 55 m, à l'est du petit ruisseau Côté. Plusieurs objets lithiques ont été récoltés lors de cette prospection. En 1991, de nouveaux sondages ont été effectués sur le site. Cette intervention a notamment permis de découvrir une lame de cache en chert Onondaga de la culture Meadowood, des outils en chert et quartz, une cinquantaine de produits de débitage et quelques os. Malgré cela, le site est considéré pauvre, même s'il est, pour le moment, le plus riche de l'ensemble des sites de la Côte-de-Beaupré.



(Source : <http://www.geo.cmquebec.qc.ca/GeoSuite17.2/index.html?viewer=GeoFleuve>)

Figure 2.16 Localisation approximative du site archéologique CgEr-1

À noter que le SADD indique que la MRC souhaite développer une approche préventive en matière d'archéologie, dans le but de protéger adéquatement et de mettre en valeur cette ressource peu visible, rare et non renouvelable.

2.4.7 Patrimoine bâti et paysager

2.4.7.1 Ressources patrimoniales

Comme l'indique le SADD, l'identité territoriale et sociale de la Côte-de-Beaupré réside dans la richesse de son histoire, la valeur exceptionnelle de ses paysages et la proximité des espaces naturels. L'orientation 3 préconisée dans le SADD vise d'ailleurs à « préserver et améliorer le caractère distinctif du territoire, sur le plan culturel, patrimonial et paysager. »

La Côte-de-Beaupré possède un patrimoine bâti d'une grande richesse. L'importance du patrimoine religieux est majeure et incontournable. Plusieurs bâtiments, incluant la Basilique de Sainte-Anne-de-Beaupré, y sont classés ou reconnus en vertu de la *Loi sur le patrimoine culturel*. Toutefois, aucun de ces bâtiments n'est situé au sud de la route 138 (boulevard Sainte-Anne) et à l'intérieur des limites de la zone d'étude du présent projet.

2.4.7.2 Paysage

CONTEXTE

Sur la Côte-de-Beaupré, les éléments naturels structurants que sont le fleuve Saint-Laurent et l'escarpement marquent le paysage local et régional de leur sceau. Le fleuve Saint-Laurent est un élément naturel qui a une empreinte majeure non seulement sur le territoire, mais également dans l'imaginaire des observateurs.

Le paysage, au sens large, fait d'ailleurs l'objet d'une attention particulière sur la Côte-de-Beaupré. Ainsi, en janvier 2009, dans la foulée d'une entente spécifique avec le ministre de la Culture, des Communications et de la Condition féminine (MCCF), trois MRC se sont réunies pour mettre sur pied la Table de concertation sur les paysages de la Côte-de-Beaupré, de Charlevoix et de Charlevoix-Est. Cette Table, qui regroupe de nombreux organismes publics ou privés concernés par les paysages, cherche à favoriser leur protection, leur mise en valeur et l'évolution positive de ceux-ci. En juin 2016, la Communauté métropolitaine de Québec (CMQ) a joint l'Entente 2016-2019 sur la mise en valeur et la protection des paysages de la Capitale-Nationale. Cette nouvelle entente réunit les MRC de La Côte-de-Beaupré, de Charlevoix, de Charlevoix, de Portneuf et de l'Île-d'Orléans, Tourisme Charlevoix et la CMQ autour d'un plan d'action visant à mettre en valeur et à protéger les paysages de ces MRC.

Au fil des ans, plusieurs documents ayant pour thème principal le paysage ont été produits dont notamment une étude de caractérisation et d'évaluation des paysages, qui se voulait un outil vers la conservation et la mise en valeur des paysages. Depuis ce temps, un Atlas des paysages est venu compléter l'étude de caractérisation et permettre d'en apprendre davantage sur le territoire.

De plus, dans le Plan métropolitain d'aménagement et de développement (CMQ, 2013a), la CMQ a élaboré deux stratégies encadrant la qualité des paysages identitaires et des paysages du fleuve :

- La stratégie no. 8 définit la portée transversale du paysage et assure l'attractivité de son territoire en valorisant ses paysages identitaires par la reconnaissance de 44 unités de paysage d'intérêt métropolitain;
- La stratégie no. 10 veille à la protection et à la mise en valeur des bassins visuels du fleuve.

Enfin, un plan d'action visant la mise en valeur des paysages d'intérêt métropolitain a permis, notamment, la création d'un outil de visualisation des paysages du fleuve et la réalisation de plans directeurs de paysage pour quatre secteurs jugés prioritaires le long du fleuve dont celui portant sur les battures et les terrasses de Sainte-Anne-de-Beaupré (secteur C; CMQ, 2013b). Ils servent d'outil de référence dans le cadre de la mise en œuvre du PMAD, d'outil de prise en compte des paysages métropolitains et d'outil de sensibilisation pour découvrir et comprendre leurs qualités paysagères.

Le plan directeur de paysage du secteur C qualifie d'exceptionnel le paysage de Sainte-Anne-de-Beaupré. Il souligne la contribution particulière du noyau institutionnel et des flèches de la basilique, qui constituent des repères visuels par excellence, mais aussi la présence du quai et le lien étroit qui l'unit avec le lieu de pèlerinage (sous-secteur C2). Milieu naturel d'importance, équipement d'exception, élément identitaire et à forte portée paysagère, le quai et ses environs recèleraient selon le plan un fort potentiel à titre d'attrait touristique et de porte d'entrée de la municipalité.

Enfin, selon ce plan, le principal enjeu du secteur C repose sur divers projets de requalification du quai et du noyau institutionnel; pour ce faire, il cible plusieurs objectifs à atteindre :

- Mettre en valeur le paysage littoral;
- Protéger et améliorer l'accessibilité aux points de vue permettant de saisir les paysages d'intérêt métropolitain;
- Protéger, mettre en valeur et tirer profit des paysages fluviaux par des aménagements adaptés au lieu et s'arrimant au cadre naturel du fleuve;
- Rechercher une intégration entre les différentes vocations (récréatives, éducatives ou touristiques) et les aménagements du fleuve et de ses abords;
- Multiplier, à des fins récréatives, éducatives ou touristiques, les points de contact avec le fleuve et les lier entre eux et développer un réseau multimodal actif et récréatif.

Enfin, toujours en matière de paysage, il importe de souligner l'existence du Fonds régional d'embellissement de la route 138, lequel identifie le corridor de cette infrastructure comme étant une aire d'intervention particulière à revitaliser et mettre en valeur.

LE PAYSAGE AUX ENVIRONS DU QUAI

Selon l'Atlas des unités de paysage de la CMQ (CMQ, 2008), le secteur du quai est typique des paysages de l'estuaire d'eau douce du Saint-Laurent; il se situe au sein de l'unité E-04-03 « Première terrasse et battures de Sainte-Anne-de-Beaupré ».

À la hauteur de Sainte-Anne-de-Beaupré, comme le fleuve se rétrécit et qu'il accueille l'Île-d'Orléans, les rives se rapprochent l'une de l'autre. Ainsi, depuis la tête du quai, le paysage est ouvert sur 360 degrés. Il permet aux observateurs d'apprécier successivement le promontoire de Québec, le fleuve, l'île d'Orléans, le littoral de la côte de Beaupré, l'escarpement boisé et la basilique, le mont Sainte-Anne ainsi que le Cap-Tourmente (photos 2.11 et 2.12). Comme l'indique le PMAD, la localisation du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré permet à l'ensemble de la population et aux visiteurs d'apprécier et de mieux saisir les paysages d'intérêt régional et métropolitain.

Le quai constitue non seulement un magnifique point de vue, il s'offre également à la vue des observateurs permanents et mobiles situés en périphérie, tels ceux de Sainte-Famille sur l'Île-d'Orléans (photo 2.13). Depuis la route 138, les bâtiments implantés le long du littoral ouest et est ou encore ceux de la côte Sainte-Anne, le quai demeure pratiquement invisible pour la plupart des observateurs (fixes, mobiles). Toutefois, les clients d'un établissement d'hébergement du boulevard Sainte-Anne bénéficient d'une vue directe, à peine filtrée, du quai depuis leurs chambres ou encore la cour arrière de l'édifice (photo 2.14).

Enfin, en dépit du fait qu'il s'agisse d'une infrastructure d'origine anthropique relativement imposante, tant par sa longueur que sa hauteur, le quai est facilement absorbé par la toile de fond du paysage environnant (notamment en période hivernale). Seuls les rares observateurs se déplaçant sur le chenal de l'Île-d'Orléans sont sujets à prendre la pleine mesure du contraste d'échelle verticale qu'il introduit dans le paysage. Cette divergence est surtout perceptible à marée basse.



Photo 2.11 Vue vers le littoral ouest depuis le quai⁵



Photo 2.12 Vue vers le littoral est depuis le quai

⁵ L'édifice au toit vert qui est visible sur cette photo est l'établissement d'hébergement dont il est question à la section 2.4.5.1 « Milieu bâti » du présent rapport.



Photo 2.13 Vue du secteur du quai depuis le chemin Royal à Sainte-Famille (Île-d'Orléans)



Photo 2.14 Vue du quai depuis un établissement d'hébergement situé à l'ouest

3 DESCRIPTION DU PROJET

Le projet vise la reconstruction de la digue d'approche et la reconstruction de la tête du quai. La reconstruction de la digue d'approche inclut la remise à niveau de la première partie de la digue et l'élargissement de la partie de la digue près de la tête du quai.

3.1 Détermination des variantes

Les ouvrages qui ont été envisagés dans l'étude de conception (Norda Stelo, 2017, annexe 3) sont :

1. la végétalisation pour la protection des talus;
2. sa réhabilitation avec enrochement;
3. la construction d'un mur de soutènement.

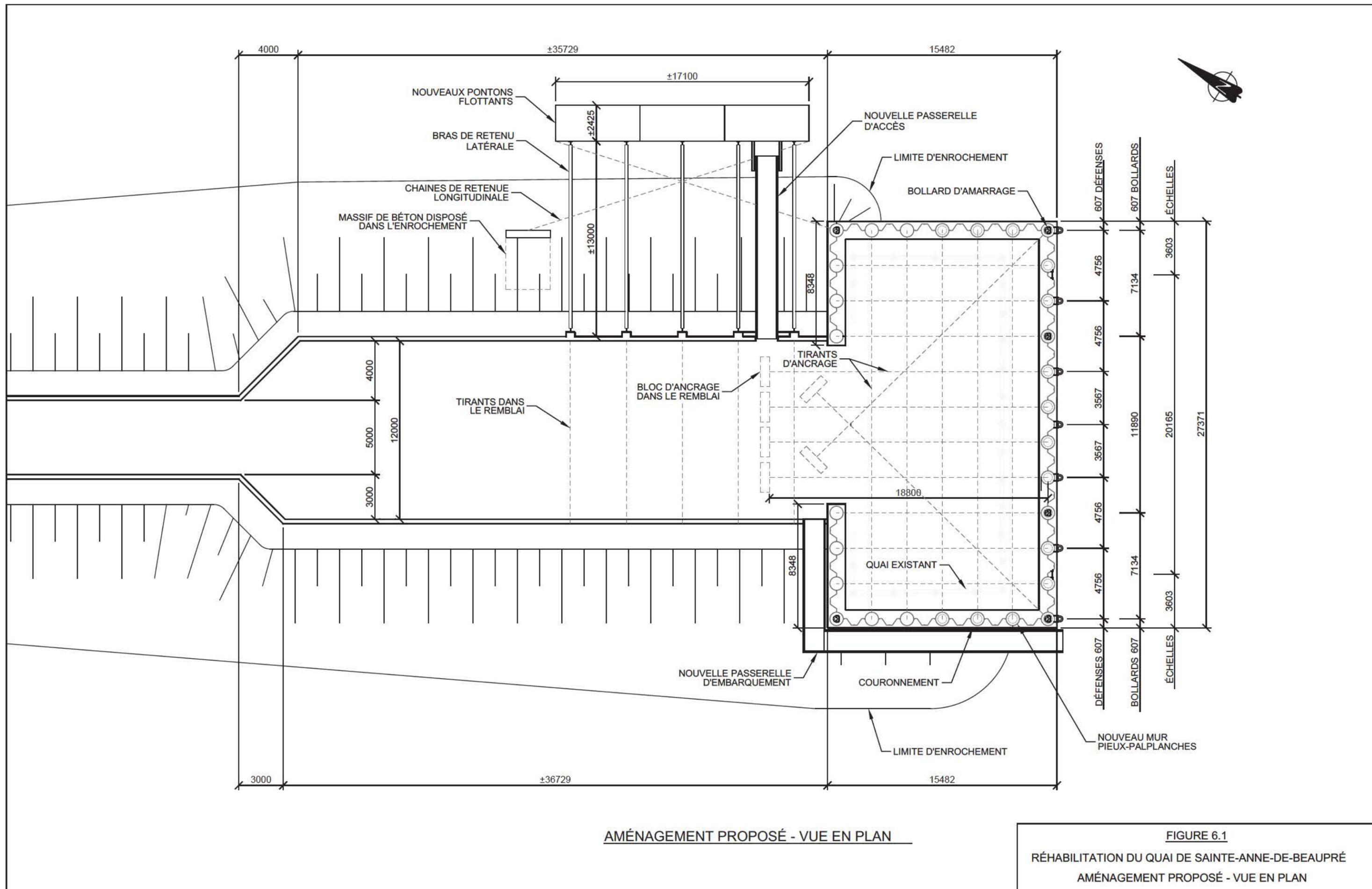
Pour la reconstruction de la tête de quai, quatre (4) options ont été évaluées, soit :

1. un mur de palplanches;
2. des cellules de palplanches;
3. un mur pieux-palplanches;
4. un mur berlinois.

3.2 Sélection de la variante

Pour la reconstruction de la digue, la végétalisation et la réhabilitation par enrochement sont les options retenues. Ces choix ont été faits, car ils représentent les solutions les plus économiques et durables pour un ouvrage de ce type. La construction d'un mur de soutènement de part et d'autre de la digue d'approche représente un effort de construction beaucoup plus important. Ainsi, le talus de pierre et de béton projeté sera démolé puis réaménagé avec une végétalisation, en amont du chaînage 0+160 m, de façon à y incorporer des végétaux indigènes (entre les chaînages 120 à 160 m donc sur 40 m, là où il est possible d'y ajouter des végétaux en fonction des contraintes hydrauliques). L'option de l'enrochement constitue la méthode préconisée pour la réhabilitation du reste de la digue parce qu'elle est économique, durable et nécessite peu d'entretien. L'enrochement débutera au chaînage 0+160 et s'étendra jusqu'à la tête de quai (chaînage 0+450 m), soit sur une longueur de 290 m.

Pour la reconstruction de la tête de quai, l'option retenue est celle d'un mur en pieux-palplanches. Cette option a été retenue en raison des avantages et inconvénients liés à divers aspects économiques, géotechniques et de sécurité. L'utilisation de pieux circulaires fournira la flexibilité d'ancrer l'ouvrage au roc lorsque ce sera requis. Une rampe se rendant à la nouvelle passerelle y sera incorporée. Les figures 3.1 à 3.4 illustrent respectivement les vues en plan et en coupe du concept préliminaire.



AMÉNAGEMENT PROPOSÉ - VUE EN PLAN

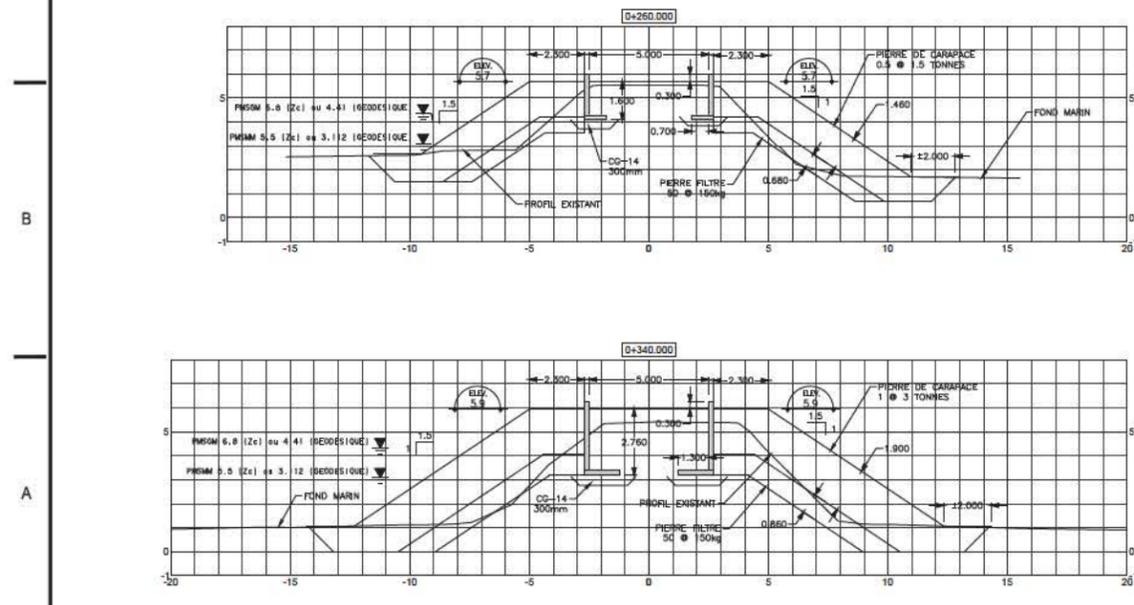
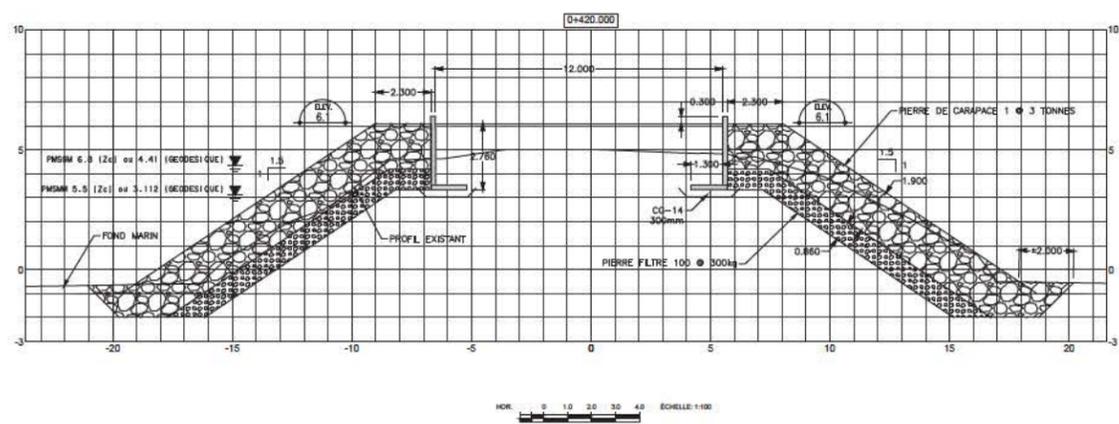
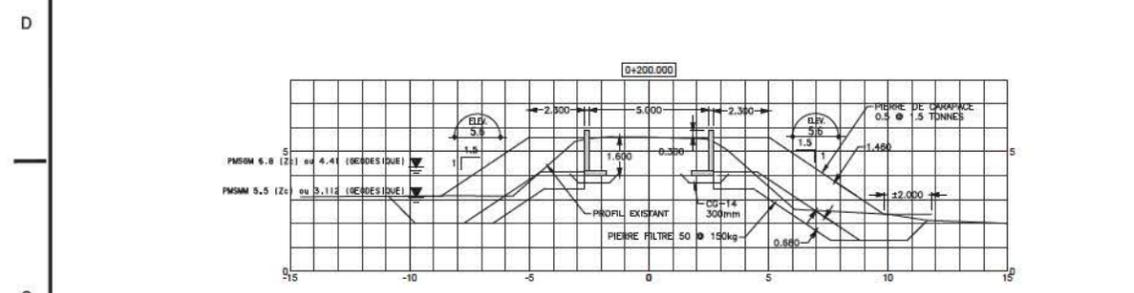
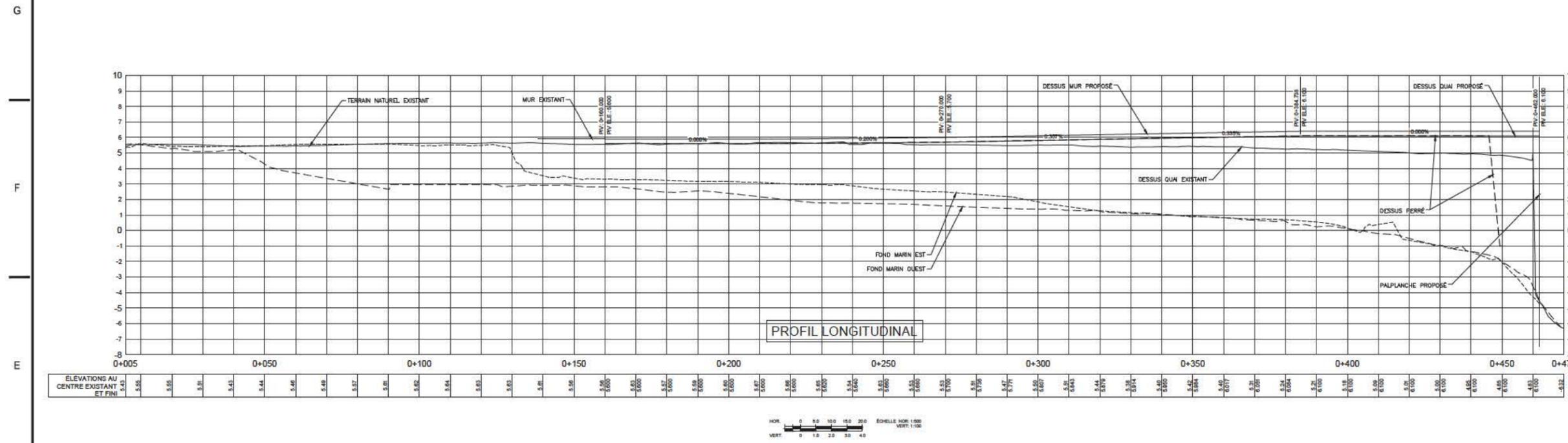
FIGURE 6.1
 RÉHABILITATION DU QUAI DE SAINTE-ANNE-DE-BEAUPRÉ
 AMÉNAGEMENT PROPOSÉ - VUE EN PLAN

Figure 3.3 Conception préliminaire - Profils coupes



LÉGENDE

| Existant | Proposé |
|----------------------------------|----------------------------------|
| Niveau de terrain | Niveau de terrain |
| Partie de drainage | Partie de drainage |
| Note au plan | Note au plan |
| Ligne d'implant et de bit | Ligne d'implant et de bit |
| Mur | Mur |
| Sol, abriement | Sol, abriement |
| Haie | Haie |
| Arbre feu, Conifère, Arbre | Arbre feu, Conifère, Arbre |
| Potées téléphoniques / Éclairage | Potées téléphoniques / Éclairage |
| Éclairage de paysage | Éclairage de paysage |
| Potées gaze, Haies | Potées gaze, Haies |
| Câble électrique aérien | Câble électrique aérien |
| Câble électrique souterrain | Câble électrique souterrain |
| Conduite de gaz souterrain | Conduite de gaz souterrain |
| Potées enterrées | Potées enterrées |
| Bord pavé | Bord pavé |
| Trottoir | Trottoir |
| Bordure | Bordure |
| Panneau | Panneau |
| Fosse | Fosse |
| Haie de bois | Haie de bois |
| Sea de bois | Sea de bois |
| Clôture | Clôture |
| Conduite d'égout | Conduite d'égout |
| Entrée de service | Entrée de service |
| Arrière (200mm) (eau et égout) | Arrière (200mm) (eau et égout) |
| Arrière (150mm) (eau et égout) | Arrière (150mm) (eau et égout) |
| Verre d'égout | Verre d'égout |
| Bouche d'égout | Bouche d'égout |
| Bouche | Bouche |
| Placit | Placit |
| Conduite de retournement | Conduite de retournement |
| Regard et égout souterrain | Regard et égout souterrain |
| Regard et égout aérien | Regard et égout aérien |
| Regard et égout pluvial | Regard et égout pluvial |
| Placit | Placit |
| Clôture de sécurité | Clôture de sécurité |
| Pile d'application / Forage | Pile d'application / Forage |
| Sondage géotechnique | Sondage géotechnique |
| Démont à rétablir | Démont à rétablir |
| Démont à recréer | Démont à recréer |
| Démont à conserver | Démont à conserver |
| Démont à enlever | Démont à enlever |



TOUTES LES ÉLEVATIONS SONT EN GÉODÉSIQUE

CONVERSION: ELEV. MAREGRAPHIQUE = ÉLEV. GÉODÉSIQUE + 2.388

COORPORATION DE DÉVELOPPEMENT DU QUIA DE SAINTE-ANNE-DE-BEAUPRÉ

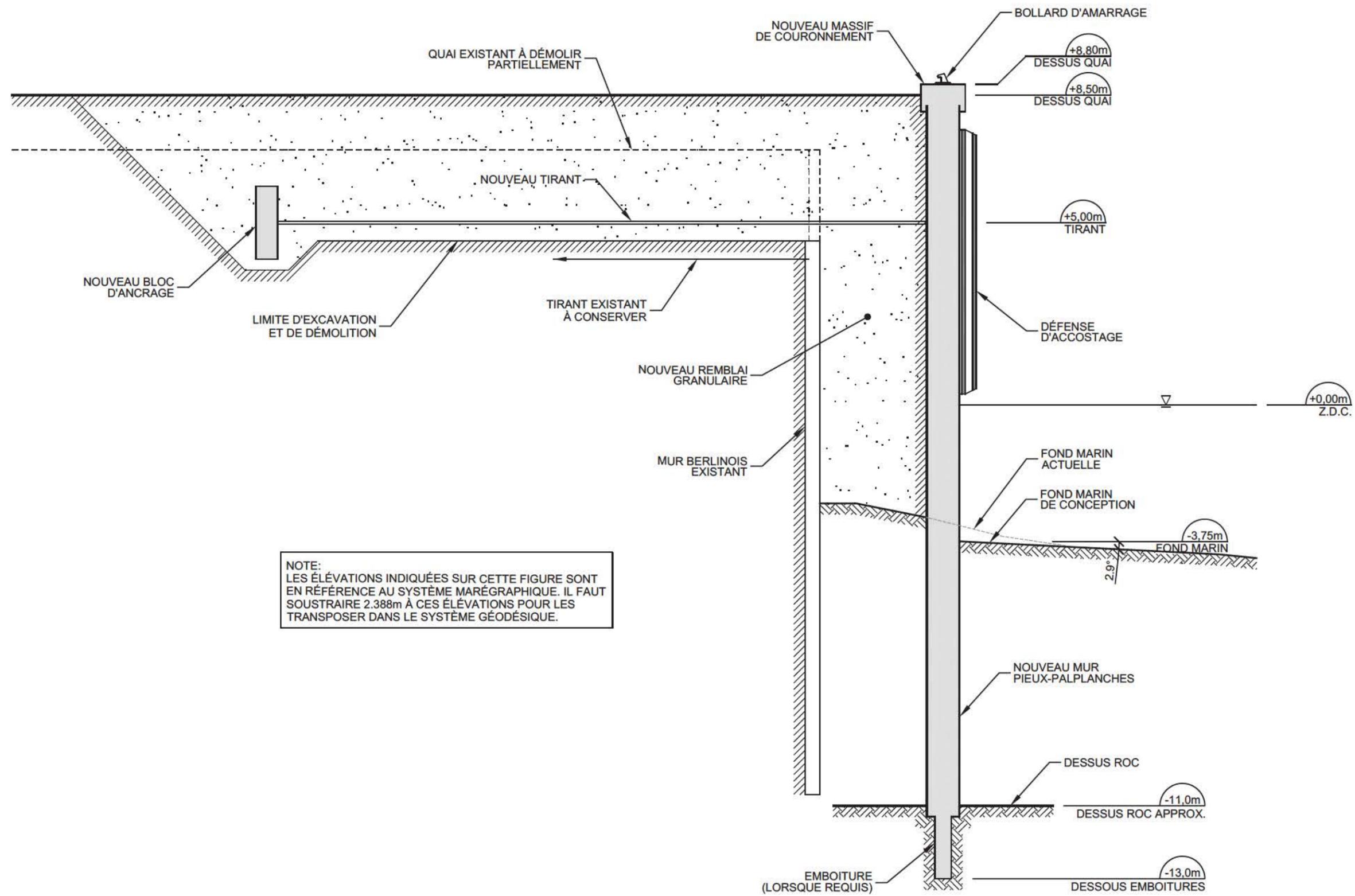
PROJET: QUIA DE SAINTE-ANNE DE BEAUPRÉ

ÉLÉ: CONCEPTION PRÉLIMINAIRE PROFILS COUPES

CONCÉ: S. Farnon Ing. / L. Daveling Ing. / L. Trochu-Gonzalez Ing.
 DÉSSINÉ: S. Lavoie Tech.
 VÉRIFIÉ: S. Farnon Ing.
 APPROUVÉ: S. Farnon Ing.

HOR: 0 50 100 150 200 300 ÉCHELLE HOR: 1:500
 VERT: 0 1.0 2.0 3.0 4.0 ÉCHELLE VERT: 1:100

DIMENSIONNÉ EN MÉTRIC 115642.001, 000 2 de 2 DA
 DATE: 2015-12-13



AMÉNAGEMENT PROPOSÉ - COUPE TYPE

Figure 3.4 Aménagement proposé - Coupe type

3.3 Description de la variante retenue

3.3.1 Reconstruction de la digue

Pour la reconstruction de la digue, il est recommandé d'utiliser des enrochements placés selon une pente de 1,5 :1 (H/V) et des pierres de carapace présentant les dimensions suivantes :

- Côté est de la digue d'approche :
 - 1 à 3 t pour les 140 m à l'extrémité du quai (épaisseur de couche de 1,9 m) et pierre filtre 100 à 300 kg (épaisseur de couche de 0,86 m);
 - 0,5 à 1,5 t pour les 150 prochains mètres jusqu'à la tour de navigation (épaisseur de couche de 1,5 m) et pierre filtre 50 à 150 kg (épaisseur de couche de 0,7 m);
 - Une plantation entre la tour de navigation et la racine de la digue d'approche.
- Côté ouest de la digue d'approche :
 - 1 à 3 t pour les 140 m à l'extrémité du quai (épaisseur de couche de 1,9 m) et pierre filtre 100 à 300 kg (épaisseur de couche de 0,86 m);
 - 0,5 à 1,5 t (épaisseur de couche de 1,46 m) pour le reste de la digue d'approche jusqu'à la balise de navigation, soit une longueur de 150 m et pierre filtre 50 à 150 kg (épaisseur de couche de 0,7 m).

Les principaux volumes de matériaux prévus pour les travaux de reconstruction de la digue sont les suivants :

- Déblais : 7 200 m³ (débris de béton projeté, de bordure de béton, de pavage, de pierres et de vieux caissons de bois);
- Pierre filtre : 7 620 t (correspondant à 4 000 m³);
- Pierre de carapace : 21 700 t (correspondant à 11 500 m³).

3.3.2 Reconstruction de la tête de quai

Pour la reconstruction de la tête de quai, il y aura d'abord la démolition partielle du mur berlinois existant et le démantèlement de la rampe. L'agrandissement proposé pour la tête de quai permet de ne pas démolir l'entièreté de la structure actuelle.

Le remblai et l'enrochement existants seront en partie excavés pour réaliser ces travaux.

Un total de trente (30) pieux sera mis en place par vibrofonçage. Cette méthode sera imposée comme à l'Entrepreneur comme méthode de travail principale pour la mise en place des pieux et des palplanches afin de minimiser les impacts du bruit et des vibrations sur l'environnement biophysique et humain. Il se peut toutefois que du battage soit requis pour s'assurer d'avoir le refus au roc puisque la méthode par vibrofonçage ne fournit pas toujours l'énergie requise. La portion de fonçage des pieux par battage, advenant le cas, ne représenterait possiblement qu'une fraction du temps de mise en place (environ 30 min de battage par pieu).

Les principaux volumes de matériaux prévus pour les travaux de reconstruction de la tête du quai sont les suivants :

- Remblai qui sera excavé : 870 m³;
- Enrochement excavé : 900 m³;
- Remblai qui sera requis: 2 430 m³;

- Béton de remplissage des pieux : 300 m³.

Les options retenues pour les travaux font en sorte qu'aucun déboisement, dragage ou dynamitage ne sera requis.

Dès le début des travaux, différentes aires de travail seront aménagées par l'entrepreneur. Un site pour les roulottes de chantier sera aménagé à l'entrée du site près du boulevard Sainte-Anne.

Pour le transport des matériaux, un volume total de 8 970 m³ de déblais divers (débris, pierres, etc.) sera acheminé hors du chantier, correspondant à 897 voyages de camions (en considérant un volume de 10 min 3 s par camion).

Un volume total de 18 230 m³ de matériaux (pierres et béton) sera acheminé au chantier pour les besoins de la reconstruction, correspondant à 1 823 voyages de camions.

Le nombre de voyages de camions maximal requis pour le transport des matériaux est donc d'environ 2 720. L'entrepreneur sera encouragé à récupérer le maximum de déblai (tel que l'enrochement existant) afin de minimiser les transports.

3.4 Calendrier de réalisation

3.4.1 En construction

Considérant la présence potentielle d'utilisation du marais adjacent au quai par plusieurs espèces de poissons d'intérêt, la période recommandée pour les travaux est entre le 15 juillet au 15 avril.

Le chantier est prévu débuter en septembre 2019 et durera environ 25 semaines, soit environ six (6) mois.

Les travaux de reconstruction de la tête du quai pourraient s'exécuter en même temps que les travaux d'enrochement. Les travaux d'enrochement débuteront dans le secteur du quai pour se terminer vers la racine de façon à éviter de trop circuler sur la jetée nouvellement construite avec les équipements lourds.

Lors de la mise en place des pieux, le vibrofonçage prendra quelques heures (incluant les temps d'arrêt de préparation, soudures, déplacement des équipements) par pieu. La portion battage, advenant le cas, ne représenterait possiblement qu'une fraction du temps de mise en place (peut-être 30 min de battage par pieu, pour une durée totale de battage de 15 heures) et sera réalisée de jour et sur semaine. Enfin, le fonçage proprement dit prendra environ 1 à 2 heures par pieu, pour une durée totale de forage de 30 à 60 heures (équivalent allant jusqu'à 7 jours de travail). Ces deux activités seront intermittentes et représenteront environ 5 % du temps du chantier. Aux travaux de mise en place des pieux s'ajoutera la mise en place des palplanches qui se fera aussi par vibrofonçage. Ces travaux s'exécuteront que lorsque l'ensemble des pieux auront été mis en place. Les travaux liés au vibrofonçage de la palplanche devraient avoir une durée similaire à celle des travaux liés à la mise en place des pieux. Donc, les travaux de vibrofonçage de pieux et des palplanches totaliseront un équivalent d'environ 15 jours ou environ 12 % de la durée totale du chantier.

La figure 3.3 présente un calendrier graphique avec la durée approximative de chacune des activités.

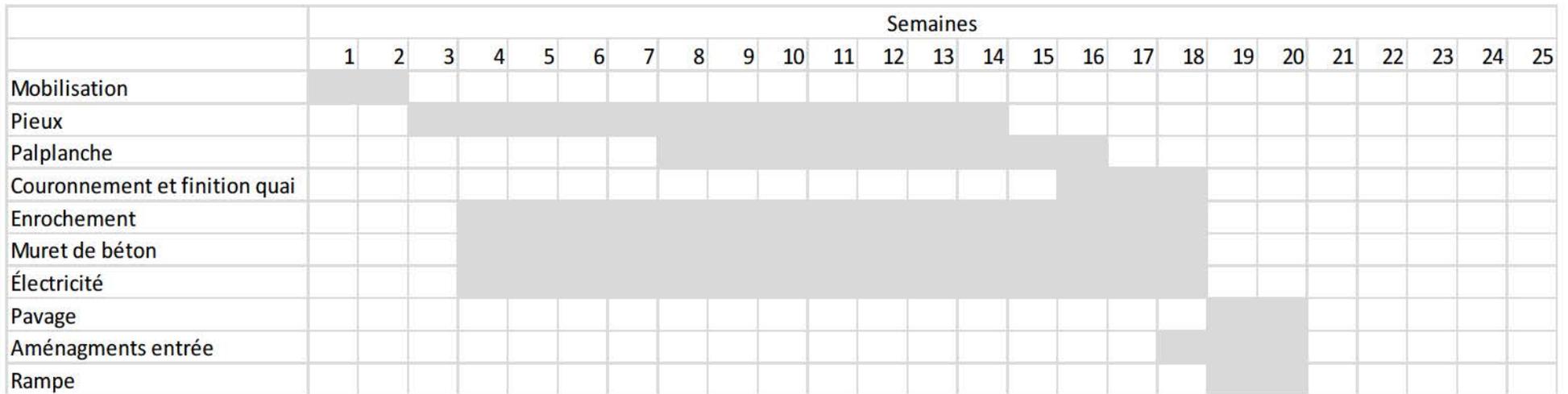


Figure 3.5 **Calendrier de construction**

3.4.2 En exploitation

En période d'exploitation, l'opération du quai se fera du 1^{er} juin au 31 octobre.

La durée de vie utile du nouveau quai est prévue pour un minimum de 30 années.

Les types de bateaux prévus lors de l'exploitation du quai et qui ont servi à déterminer les critères d'accessibilité au quai sont le AML Levant (longueur de 40,36 m et largeur de 8,84 m) et le AML Zéphyr (longueur de 23,90 m et largeur de 7,99 m) (Ropars, 2016, annexe A de SNC (2016) : annexe 2 du présent rapport).

4 ÉVALUATION DES IMPACTS DU PROJET

4.1 Approche méthodologique

4.1.1 Méthode générale

Les impacts d'un projet sont appréciés en fonction de leur type et de leur importance. La figure 4.1 illustre la démarche visant à déterminer de l'importance de l'impact. Les paragraphes suivants présentent la méthodologie en détail.

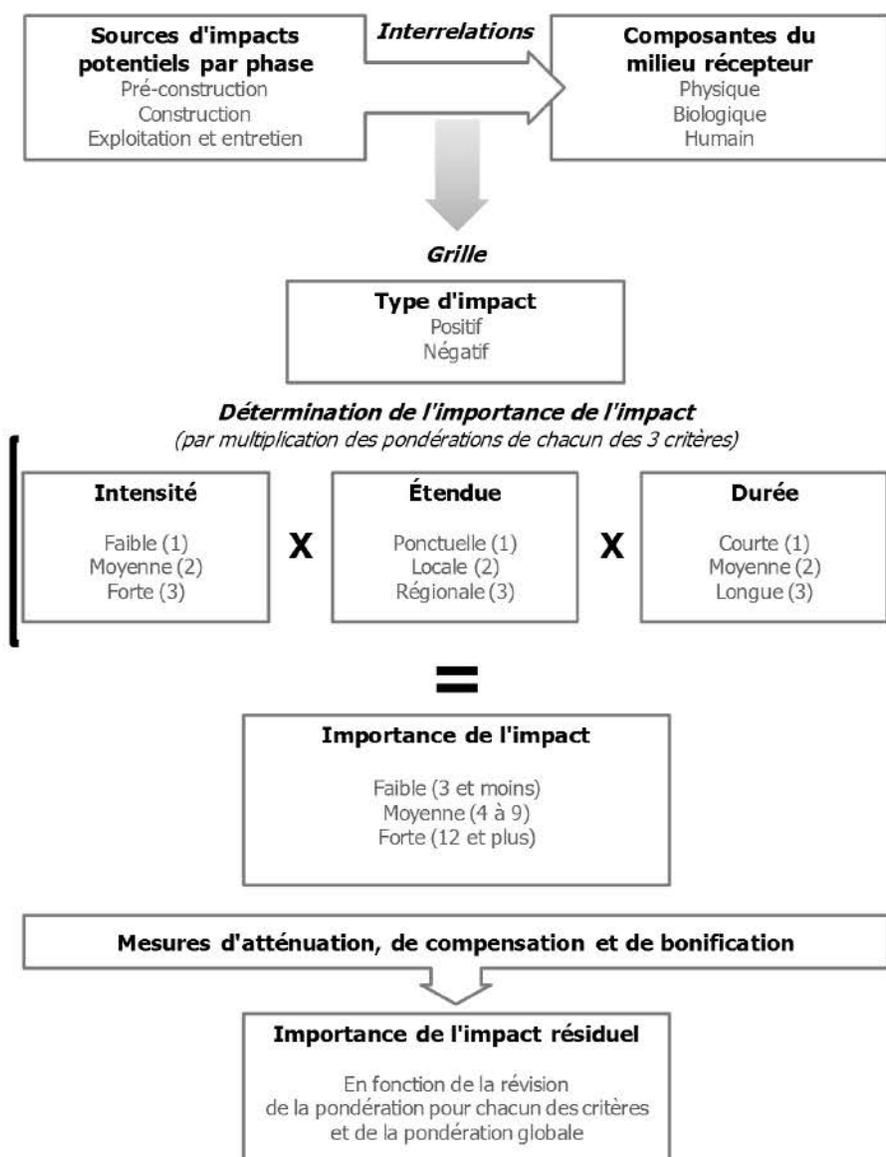


Figure 4.1 Schéma de la démarche méthodologique

4.1.1.1 Type d'impact

Les impacts sont soit de type positif (amélioration ou bonification des composantes du milieu), soit de type négatif (détérioration des composantes du milieu).

Les impacts positifs et négatifs peuvent avoir un effet direct (affectant directement une composante du milieu), indirect (affectant une composante du milieu par le biais d'une autre composante), cumulatif (les changements causés à l'environnement par un projet, en combinaison avec d'autres actions passées, présentes et futures), différé (effet qui se manifeste à un moment ultérieur à l'implantation ou à la réalisation du projet), synergique (association de plusieurs impacts prenant une dimension significative, lorsque conjuguée) ou irréversible (ayant un effet permanent sur l'environnement).

4.1.1.2 Détermination de l'importance de l'impact

L'importance d'un impact réfère aux changements causés à l'élément du milieu par le projet. Cette prédiction repose sur des connaissances objectives et des variables mesurables comme l'intensité, l'étendue et la durée de ces changements. Comme les impacts sont évalués sur les composantes valorisées de l'environnement, la valeur des éléments n'entre pas en compte dans la méthode.

INTENSITÉ

L'intensité de la répercussion exprime l'importance relative des conséquences découlant de l'altération de l'élément (ou la bonification) sur l'environnement. L'évaluation de l'intensité tient compte de l'environnement naturel et social dans lequel s'insère la composante. L'intensité peut être faible, moyenne ou forte.

- Intensité faible :
 - milieu naturel : l'impact altère la composante d'une manière susceptible de modifier légèrement son abondance ou sa répartition générale dans la zone d'étude;
 - milieu humain : l'impact altère peu la composante et limite légèrement son utilisation par une communauté ou population régionale.
- Intensité moyenne :
 - milieu naturel : l'impact altère la composante d'une manière susceptible de modifier son abondance ou sa répartition générale dans la zone d'étude, mais sans compromettre son intégrité;
 - milieu humain : l'impact limite l'utilisation de la composante par une communauté ou une population régionale.
- Intensité forte :
 - milieu naturel : l'impact détruit la composante ou altère l'intégrité de la composante d'une manière susceptible de modifier considérablement son abondance ou sa répartition et de provoquer son déclin dans la zone d'étude;
 - milieu humain : l'impact compromet l'intégrité de la composante ou limite considérablement son utilisation par une communauté ou population régionale.

ÉTENDUE

L'étendue de la répercussion dépend de l'ampleur de l'impact considéré et/ou du nombre de personnes touchées par la répercussion. Elle peut être ponctuelle, locale ou régionale.

- Une étendue ponctuelle réfère à une perturbation bien circonscrite, touchant une faible superficie ou encore perceptible par quelques individus seulement;

- Une étendue locale réfère à une perturbation qui touche une zone plus vaste, par exemple un terrain de trappage ou qui affecte plusieurs individus ou groupes d'individus;
- Finalement, une étendue régionale se rapporte à une perturbation qui touche de vastes territoires ou des communautés d'importance.

DURÉE

La durée de la répercussion précise la dimension temporelle de l'impact. Elle évalue la période de temps durant laquelle les répercussions d'une intervention seront ressenties par l'élément affecté ainsi que leur fréquence (caractère continu ou discontinu). La durée de l'impact peut être courte, moyenne ou longue :

- L'impact est considéré de courte durée lorsque les effets sont ressentis, de façon continue ou discontinue, durant la période de construction ou lorsque le temps de récupération ou d'adaptation de l'élément est inférieur à 5 ans;
- L'impact est considéré de durée moyenne lorsque les effets sont ressentis, de façon continue ou discontinue, sur une période pouvant aller de 5 à 10 ans;
- L'impact est considéré de longue durée lorsque les effets sont ressentis, de façon continue ou discontinue, sur une période ou diverses périodes dépassant 10 ans.

La combinaison de ces trois critères (intensité, étendue et durée) permet de déterminer l'importance de l'impact. Ces trois critères ont tous le même poids dans l'évaluation de l'importance de l'impact. Toutefois, une pondération a été accordée aux trois classes de chacun des critères; celle-ci est indiquée entre parenthèses dans le tableau 4.1.

On distingue trois classes d'importance de l'impact. Le tableau 4.1 précise le cheminement d'évaluation de l'importance de l'impact, ainsi que la pondération globale (multiplication des pondérations) ayant mené à l'attribution de la classe d'importance. Ainsi, pour qu'un impact ait une importance forte, il faut qu'il obtienne une pondération globale de 12 et plus (le maximum possible étant 27). Pour obtenir ce pointage, il faut une synergie de facteurs, c'est-à-dire qu'au moins un des critères a une valeur élevée (pondération de 3) et que les deux autres aient une valeur au moins moyenne (pondération de 2). Les impacts d'importance moyenne sont ceux dont la pondération globale se situe entre 4 et 9 inclusivement, alors que ceux d'importance faible correspondent à ceux dont la pondération globale est de 3 et moins.

4.1.1.3 Atténuation, compensation et bonification des impacts et impacts résiduels

Une fois l'importance des différents impacts établie pour chacune des composantes du milieu, on identifie des mesures d'atténuation et/ou de compensation pour minimiser ou compenser les impacts négatifs. Les impacts résiduels, c'est-à-dire ceux qui subsistent une fois les mesures d'atténuation proposées, peuvent alors être mesurés.

Les impacts sont évalués pour la phase de construction, puis pour la phase d'exploitation de l'infrastructure maritime.

4.1.2 Constitution de la grille d'interrelations

Conformément à la méthode décrite à la section précédente, la première étape consiste à élaborer la grille d'interrelations qui doit servir à identifier les enjeux environnementaux et sociaux anticipés du projet. Cette section met donc l'emphase sur l'identification des sources d'impact à travers la description du projet retenu et sur l'identification des composantes valorisées du milieu qui sont susceptibles d'être influencées par le projet aux fins de l'application de la méthode. La section suivante présente les résultats de l'évaluation des impacts du projet. Ces résultats découlent d'une analyse de chacune des composantes du milieu eu égard aux perturbations associées aux différentes sources d'impact identifiées.

Tableau 4.1 Matrice de détermination de l'importance de l'impact

| Intensité | Étendue | Durée | Importance de l'impact (pondération) |
|-------------|----------------|-------------|--------------------------------------|
| Forte (3) | Régionale (3) | Longue (3) | Forte (27) |
| | | Moyenne (2) | Forte (18) |
| | | Courte (1) | Moyenne (9) |
| | Locale (2) | Longue (3) | Forte (18) |
| | | Moyenne (2) | Forte (12) |
| | | Courte (1) | Moyenne (6) |
| | Ponctuelle (1) | Longue (3) | Moyenne (9) |
| | | Moyenne (2) | Moyenne (6) |
| | | Courte (1) | Moyenne (3) |
| Moyenne (2) | Régionale (3) | Longue (3) | Forte (18) |
| | | Moyenne (2) | Forte (12) |
| | | Courte (1) | Moyenne (6) |
| | Locale (2) | Longue (3) | Forte (12) |
| | | Moyenne (2) | Moyenne (8) |
| | | Courte (1) | Moyenne (4) |
| | Ponctuelle(1) | Longue (3) | Moyenne (6) |
| | | Moyenne (2) | Moyenne (4) |
| | | Courte (1) | Faible (2) |
| Faible (1) | Régionale (3) | Longue (3) | Moyenne (9) |
| | | Moyenne (2) | Moyenne (6) |
| | | Courte (1) | Faible (3) |
| | Locale (2) | Longue (3) | Moyenne (6) |
| | | Moyenne (2) | Moyenne (4) |
| | | Courte (1) | Faible (2) |
| | Ponctuelle (1) | Longue (3) | Faible (3) |
| | | Moyenne (2) | Faible (2) |
| | | Courte (1) | Faible (1) |

4.1.2.1 Identification des sources d'impact

Au fil de la description du projet retenu, les activités considérées comme étant des sources d'impact sont présentées ci-après. Ces activités ont été regroupées en fonction des deux grandes phases du projet retenu, soit la phase de reconstruction de la digue d'approche et de la tête de quai, ainsi que l'exploitation du quai, une fois réhabilité.

4.1.2.1.1 PHASE DE CONSTRUCTION

Les principales activités de construction prévues sont les suivantes :

1. Installation et présence du chantier;
2. Reconstruction de la digue d'approche :
 - Démantèlement de la digue actuelle : La surface et les talus de la digue actuelle seront régalez et compactés à partir du chaînage 0+160; certaines composantes (bordures de béton et conduits électriques désuets) seront démantelées et retirées du chantier;
 - Excavation de la clé d'ancrage : La clé d'ancrage de l'enrochement sera excavée à partir de la tête de quai et progressera graduellement vers le chaînage 0+160 au fur et à mesure que les travaux d'enrochement avanceront;
 - Mise en place du nouvel enrochement : L'enrochement sera graduellement construit en mettant en place le géotextile, la pierre filtre, puis la pierre de carapace;

- Construction des murets de béton : Les murets de béton seront érigés en amont du chaînage 0+180; des végétaux indigènes pourraient être plantés au sommet; un total de 580 m de murets sera construit;
 - *Finition de la surface de la digue* (pavage avec du béton bitumineux).
3. Reconstruction de la tête de quai :
- Démantèlement partiel du mur : de la partie supérieure du mur berlinois (pieux et pièces de bois, sur une hauteur d'environ 1,5 m) et démantèlement de la rampe existante;
 - Excavation du remblai supérieur actuel présent à l'intérieur du mur berlinois (pièces de bois et pierres) et d'une partie de l'enrochement actuel au pourtour du quai;
 - Mise en place des nouveaux blocs d'ancrage et tirants sur le remblai actuel de la tête du quai;
 - Mise en place des pieux par vibrofonçage sur une profondeur d'environ 7 à 8 m à l'aide d'un gabarit de fonçage qui sera probablement installé en porte-à-faux à partir du quai existant;
 - Vidange de l'intérieur des pieux et disposition des sédiments qui s'y seraient introduits grâce à l'utilisation d'une benne preneuse;
 - Forage ou trépanation du roc à la base des pieux pour leur emboîture sur une profondeur d'environ 2 m;
 - Coulée du béton dans les pieux; installation de la cage d'armature; raccord des tirants d'ancrage;
 - Mise en place de la palplanche par vibrofonçage (glisser entre les pieux dans le support d'acier qui a été préalablement soudé au pieu);
 - Mise en place de la rampe d'accès;
 - Finition de la surface (pavage avec du béton bitumineux).

Les travaux de reconstruction de la digue et de la tête de quai pourront se faire en parallèle, à la discrétion de l'Entrepreneur. Pour la digue, les travaux pourront progresser de la racine vers la tête de quai, ou inversement. Une fois les travaux de reconstruction de la digue et de la tête de quai complétés, des aménagements terrestres seront réalisés près de l'entrée par le boulevard Sainte-Anne.

4. Présence et opération de la machinerie.

La présence et l'opération de la machinerie sont susceptibles d'altérer la qualité de l'air par l'émission de gaz et de poussières et la qualité de l'eau et des sédiments par des fuites d'hydrocarbures.

4.1.2.1.2 PHASE D'EXPLOITATION ET D'ENTRETIEN

Compte tenu de la nature ponctuelle du quai sur le littoral de la Côte de Beaupré, la présence du quai reconstruit constituera une modification mineure au paysage maritime local actuel.

L'exploitation du nouveau quai permettra d'offrir un service de traverse plus performant, ce qui constituera un impact positif pour le transport et la circulation terrestre et maritime, le récréotourisme, la sécurité publique et l'économie de la région.

Son entretien n'est pas susceptible d'altérer l'une ou l'autre des composantes de l'environnement.

4.1.2.2 Identification des éléments du milieu

L'identification des éléments du milieu consiste à définir et à regrouper toutes les composantes du milieu susceptibles d'être touchées par l'une ou l'autre des composantes du projet. Ces éléments sont les suivants :

- 1) Milieu physique :
 - qualité de l'air;
 - qualité de l'eau et conditions hydrodynamiques;
 - qualité des sols et des sédiments.
- 2) Milieu biologique :
 - végétation aquatique et riveraine;
 - faune avienne;
 - faune ichtyenne.
- 3) Milieu humain :
 - qualité de vie (bruit et vibrations);
 - transport et circulation;
 - paysage;
 - activités récréo-touristiques;
 - sécurité publique;
 - économie.

4.1.2.3 Grille d'interrelations

Sur la base de la description du milieu, les diverses composantes du milieu récepteur susceptibles d'être touchées par le projet ont été identifiées et sont présentées à la figure 4.1. Cette figure identifie les interrelations possibles entre les composantes du projet et les éléments du milieu pendant la construction et l'exploitation du nouveau quai de Sainte-Anne-de-Beaupré. On y retrouve également l'évaluation globale de l'impact résiduel (après l'application des mesures d'atténuation ou de bonification) sur chacune des composantes du projet. Les paragraphes qui suivent décrivent les répercussions sur chacune des composantes identifiées dans la grille de la figure 4.1.

Figure 4.2 Grille des interrelations et évaluation des impacts

a) Phase de construction

| ÉLÉMENT DU MILIEU | | Sources d'impact | | | | | | | | | | | Impact en construction | |
|-------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------|----------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| | | Installation et présence du chantier | Reconstruction de la digue | | | | Reconstruction de la tête de quai | | | | | Présence et opération de la machinerie | | |
| | | | Démantèlement de la digue actuelle | Construction des murets de pierres et de béton | Excavation de la clé d'ancrage | Mise en place du nouvel enrochement | Démantèlement partiel du mur berlinois | Excavation du remblai supérieur et d'une partie de l'enrochement au pourtour | Mise en place des pieux-palplanches par vibrofonçage | Vidange de l'intérieur des pieux et disposition du matériel vidé | Forage du roc | | | Remplissage des pieux avec du béton |
| Milieu physique | Qualité de l'air | | | | | | | | | | | | | ▽ |
| | Qualité de l'eau | | | | | | | | | | | | | ▽ |
| | Qualité des sédiments | | | | | | | | | | | | | ▽ |
| Milieu biologique | Végétation aquatique et riveraine | | | | | | | | | | | | | ▽ |
| | Poissons | | | | | | | | | | | | | ▽ |
| | Oiseaux | | | | | | | | | | | | | ▽ |
| | Espèces à statut précaire | | | | | | | | | | | | | ▽ |
| Milieu humain | Qualité de vie | | | | | | | | | | | | | ▽ |
| | Transport et circulation terrestre | | | | | | | | | | | | | ▽ |
| | Paysage | | | | | | | | | | | | | ▽ |
| | Activités récréatives | | | | | | | | | | | | | ▽ |
| | Économie et emploi | | | | | | | | | | | | | ▽ |

b) Phase d'exploitation et d'entretien

| ÉLÉMENT DU MILIEU | | Sources d'impact | |
|-------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------|
| | | Présence et exploitation du nouveau quai réhabilité | Impact en exploitation |
| Milieu physique | Qualité de l'air | | ▽ |
| | Qualité de l'eau | | ▽ |
| | Qualité des sédiments | | ▽ |
| Milieu biologique | Végétation aquatique et riveraine | | ▽ |
| | Poissons | | ▽ |
| | Oiseaux | | ▽ |
| | Espèces à statut précaire | | ▽ |
| Milieu humain | Qualité de vie | | |
| | Activités récréatives | | ▲ |
| | Paysage | | |
| | Économie | | ▲ |

■ Interrelation possible

▲ Impact positif

▼ Impact négatif



faible
moyen
fort



4.2 Détermination et évaluation des impacts

4.2.1 Phase de construction

4.2.1.1 Air, bruits et vibrations

Les travaux de démantèlement de la digue et de la tête de quai, ainsi que les activités de construction (notamment les travaux de battage, si requis) sont susceptibles d'émettre du bruit, des vibrations et des poussières dans l'air.

L'utilisation de machinerie lourde génère du bruit, ainsi que des poussières qui sont susceptibles d'affecter la qualité de l'air.

MESURES D'ATTÉNUATION

- Maintenir la machinerie, les équipements et les camions utilisés lors des travaux en parfait état et exempts de fuite d'huile, d'essence ou de tout autre liquide qui risque de polluer l'environnement afin de limiter le bruit (frein, système d'échappement).
- Réparer dans les plus brefs délais la machinerie et les véhicules défectueux.
- Au besoin, utiliser des abat-poussières au besoin (eau) afin d'éviter la dispersion des poussières.
- Recouvrir les camions de bâches pour prévenir l'émission de poussières issue des matériaux transportés.
- Adopter un horaire de travail qui respecte les règlements municipaux à cet égard. S'ils sont inexistant, respecter un horaire de travail de 12 heures par jour, soit de 7 h à 19 h; éviter les travaux bruyants les fins de semaine (notamment le dimanche) pour éviter le dérangement aux visiteurs de la Basilique à proximité.
- Limiter le transport lourd à l'extérieur des heures de pointe (7 h 30 à 8 h 30 et de 16 h 15 à 17 h 30).
- Utiliser des équipements terrestres conventionnels.
- Coopérer avec les autorités compétentes afin de minimiser l'impact du transport sur la vie normale des résidents dans le voisinage du parcours des camions et du site des travaux.
- Les camions et la machinerie affectés aux travaux feront l'objet d'une inspection régulière afin de s'assurer de leur bon état (systèmes d'échappement et de freinage), limiter le bruit et réduire les risques de fuites ou déversements accidentels.
- Adopter une signalisation adéquate afin d'informer les citoyens du passage des véhicules lourds.
- Le transport et les travaux seront interdits les dimanches et les jours de fêtes légales à moins d'une entente préalable avec les autorités locales.
- Les équipements émettant un niveau sonore ou des émissions atmosphériques au-dessus de la normale devront être retirés immédiatement ou modifiés afin de les rendre acceptables.
- Pour les activités de camionnage, respecter en tout temps le Code de la route ainsi que toutes les mesures et les consignes de sécurité particulières énoncées par la ville pour ce secteur.

IMPACT RÉSIDUEL

L'intensité de la perturbation sur la qualité de l'air est jugée faible et l'étendue ponctuelle. Compte tenu de la courte durée de l'impact, l'impact global des travaux sur la qualité de l'air est jugé faiblement négatif.

En ce qui a trait aux bruits et vibrations, l'intensité de la perturbation est jugée faible et l'étendue locale. Compte tenu de la courte durée de l'impact (activités bruyantes durant quelques jours), l'impact global des travaux sur la qualité de l'air est jugé faiblement négatif.

4.2.1.2 Eau

Toutes les activités de construction présentées à la figure 4.1 sont susceptibles de modifier localement la qualité de l'eau par l'apport additionnel de matières en suspension (MES) au plan d'eau, bien que déjà turbide.

Particulièrement lors de l'excavation de la clé d'ancrage, lors du démantèlement de la digue et de la tête de quai actuelles, les sédiments présents localement au droit des ouvrages existants (enrochement de la digue et caissons de la tête de quai) seront mis à nu et pourraient être lessivés par les marées, ce qui pourrait causer une augmentation des concentrations de MES dans la colonne d'eau. Cette augmentation pourrait être plus perceptible en période de faible débit, lorsque les eaux ne sont pas aussi turbides qu'en période de vives eaux.

Les pierres composant le nouvel enrochement pourraient contribuer à l'apport de MES si elles étaient recouvertes de particules fines.

Lors des travaux d'excavation du remblai supérieur de la tête de quai, ainsi que lors de la vidange de l'intérieur des pieux, des matériaux d'excavation ou de vidange pourraient accidentellement tomber dans l'eau.

Lors de la mise en place des pieux par vibrofonçage et du forage du roc, des sédiments et particules fines de roc seront émis dans le milieu aquatique.

Lors du bétonnage des pieux, il y a des risques de fuites et d'apport de particules de béton autour du quai dans le milieu aquatique.

Durant toutes les activités de construction, la présence et l'opération de la machinerie représentent un risque d'altération de la qualité de l'eau par des fuites accidentelles d'hydrocarbures ou de lubrifiants. En effet, des bris accidentels de machinerie et d'équipements peuvent survenir durant les travaux. Ces bris, ainsi que l'entretien de la machinerie, pourraient engendrer un impact sur la qualité de l'eau.

MESURES D'ATTÉNUATION

- Un rideau anti-turbidité (barrière à sédiments flottante) composé d'une membrane géotextile perméable sera déployé autour des zones d'excavation pour la clé d'ancrage afin de minimiser le panache de dispersion des sédiments en clôturant l'espace des travaux;
- Avant de débiter les travaux, s'assurer que le poids de la machinerie utilisée n'excède pas la capacité portante du chemin; le cas échéant, des mesures correctives appropriées ou d'atténuation devront être mises en oeuvre;
- La granulométrie grossière des principales couches de dépôts de surface sous le quai (gravier sableux et sable) permettra de minimiser la remise en suspension de matières fines;
- Ne rejeter aucun débris dans le milieu aquatique;
- Tous les débris introduits accidentellement dans le milieu aquatique devront être retirés dans les plus brefs délais;
- Les matériaux granulaires devront être entreposés à plus de 30 m de la rive et on veillera à ce qu'ils ne soient pas exposés aux intempéries. Des matériaux granulaires pourront être mis en disposition sur le site des travaux, mais ils devront être utilisés dans les 48 heures de leur livraison et recouverts en cas d'intempéries;
- Des conteneurs à déchets et des conteneurs destinés à la récupération seront disposés sur le site;
- Tous les matériaux utilisés lors des travaux de construction devront être exempts de contaminant;
- Des aires d'entreposage seront à la disposition de l'entrepreneur aux abords du site des travaux;

- La période de réalisation des travaux en milieu aquatique sera adaptée en fonction des marées pour limiter l'émission et la dispersion de particules fines dans le milieu aquatique;
- Tout dépendant de la durée et du degré d'exposition des parois de l'excavation ou des conditions climatiques qui prévaudront au moment des travaux, les parois des pentes d'excavation pourraient devoir être recouvertes de membranes de protection afin de prévenir l'érosion et le développement d'instabilités superficielles locales. La surveillance environnementale des travaux lors de la construction veillera entre autres à assurer le suivi en continu du comportement des pentes sujettes aux intempéries permettra de statuer sur le besoin réel du recouvrement des pentes aux fins de protection superficielle (tiré de l'étude géotechnique);
- Effectuer l'entretien et le nettoyage des véhicules et de l'équipement, les pleins de carburant et l'entreposage de produits pétroliers ou de toute autre matière dangereuse, à une distance minimale de 30 m de la rive ou dans une enceinte aménagée selon les règles de l'art;
- Enlever tout le matériel, les matériaux inutilisés, les déchets, les rebuts, les débris de toutes sortes et en disposer dans un site préalablement autorisé par le MDDELCC;
- Avoir sur place et savoir utiliser une trousse de mesures d'urgence en cas de déversement accidentel; advenant un déversement d'hydrocarbures ou de toute autre substance nocive, tous les moyens nécessaires pour arrêter la fuite et confiner le produit déversé devront être pris. Procéder à la récupération du produit et restaurer les lieux. Faire appel au réseau d'alerte d'Environnement Canada (1-866-283-2333) ou d'Environnement Québec (1-866-694-5454) sans délai;
- Placer les bidons ou récipients contenant des hydrocarbures et autres produits dangereux dans un bac ou entre des bermes ayant la capacité de recueillir 110 % des réserves entreposées;
- Élaborer un plan de mesures d'urgence dans lequel on retrouvera le nom des personnes et autorités à contacter, de même que les mesures à mettre en œuvre, en cas de déversement;
- Maintenir la machinerie, les équipements et les camions utilisés lors des travaux en parfait état et exempts de fuite d'huile, d'essence ou de tout autre liquide qui risque de polluer l'environnement. Réparer dans les plus brefs délais la machinerie et les véhicules défectueux;
- Délimiter au préalable les aires de chantier et de circulation de la machinerie et limiter la circulation de la machinerie aux aires prévues;
- La machinerie sera éloignée du milieu aquatique, dès qu'elle ne sera plus utilisée;
- Interdire l'entreposage, même temporaire, de matières dangereuses ou produits contaminants (huiles usées, solvants, etc.) à moins de 30 m de la rive;
- S'assurer que les matériaux requis pour les travaux soient propres (pierres exemptes de particules fines) et exempts de contaminants;
- Utiliser des méthodes et des appareillages spécialisés afin de minimiser les pertes de béton dans l'environnement, lors des coulées et lors du décoffrage des structures de béton;
- Utiliser du béton antilessivant;
- L'entrepreneur devra veiller à ce qu'aucun déchet ne soit jeté dans le fleuve Saint-Laurent;
- Le matériel vidé des pieux sera déposé pour décantation dans un bassin-réservoir portable. Une fois suffisamment asséché, il fera l'objet d'une caractérisation physico-chimique. S'il est exempt de contamination, il sera acheminé dans un lieu d'enfouissement technique (LET). Advenant qu'il soit contaminé, il sera disposé dans un site prévu à cet effet et autorisé par le MDDELCC.

IMPACT RÉSIDUEL

L'intensité de la perturbation est jugée faible et l'étendue ponctuelle. Compte tenu de la durée courte de l'impact, l'impact global des travaux sur la qualité de l'eau est jugé faiblement négatif.

4.2.1.3 Sols et sédiments

Selon la conception présentée dans le présent rapport de conception (annexe 3), l'aire d'empiètement permanent dans le littoral (milieux humides et hydriques) a été évaluée en comparant le pied de talus actuel versus le nouveau pied de talus proposé par l'enrochement de la digue d'approche auquel s'ajoute l'empiètement créé par l'augmentation de la surface du quai. Selon notre évaluation préliminaire, cette aire est évaluée à environ 1 970 m², dont 1030 m² en milieu humide et 940 m² sur le littoral.

L'excavation pour la clé d'ancrage constituera un empiètement temporaire sur le littoral et la végétation aquatique. Une fois les travaux réalisés, le milieu hydrique se remettra naturellement, par sédimentation, dans l'état où il était avant que ne débutent les travaux ou dans un état s'en rapprochant.

Lors de l'excavation de la clé d'ancrage pour la digue, les sédiments excavés seront transportés hors du site. S'ils sont exempts de contamination, ils seront acheminés dans un lieu d'enfouissement technique (LET). Advenant qu'ils soient contaminés, ils seront disposés dans un site prévu à cet effet et préalablement autorisé par le MDDELCC.

Durant toutes les activités de construction, la présence et l'opération de la machinerie ont le potentiel d'altérer la qualité des sédiments par des fuites accidentelles d'hydrocarbures.

MESURES D'ATTÉNUATION

Les mêmes mesures d'atténuation que celles citées pour la qualité de l'eau s'appliquent également aux sédiments. S'ajoute toutefois la mesure suivante :

- Les sols et sédiments excavés devront être gérés et disposés hors site en fonction de leur classification environnementale, telle qu'établie à partir des critères génériques du 'Guide d'intervention – Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés'.

IMPACT RÉSIDUEL

L'intensité de la perturbation est jugée faible et l'étendue ponctuelle. Compte tenu de la durée courte des effets, l'impact global des travaux sur la qualité des sols et des sédiments est jugé faiblement négatif.

4.2.1.4 Végétation aquatique et riveraine

Considérant le patron de distribution de la végétation aquatique d'après Canards Illimités Canada (figure 2.10), les superficies d'empiètements permanents qui seront causés par l'enrochement de la digue sur les divers types milieux humides sont les suivantes

- Marais : 845 m²;
- Marécage : 42 m²;
- Prairie humide : 143 m².

Pour un total d'empiètement permanent en milieux humides de 1 030 m², alors qu'il y aura en empiètement de 940 m² en milieu hydrique (littoral).

L'excavation pour la clé d'ancrage constituera un empiètement temporaire sur le littoral et la végétation aquatique. Toutefois, le milieu hydrique se remettra naturellement, après quelques années par sédimentation et implantation de végétation aquatique, dans l'état où il était avant que ne débutent les travaux ou dans un état s'en rapprochant, de sorte que cet empiètement temporaire n'est pas comptabilisé à titre de perte de milieux humides ou hydriques.

Pour la tête de quai, sa situation en eau profonde fait en sorte que son élargissement ne causera pas de perte de végétation aquatique sur le littoral.

Aucune végétation riveraine n'est visée par les travaux, outre celle qui s'est implantée de façon spontanée sur la digue actuelle du côté est et principalement composée d'herbacées.

MESURES D'ATTÉNUATION

- La séquence 'Éviter, Minimiser et Compenser' a été appliquée lors de la conception du projet afin de prévenir le plus possible les pertes d'habitats naturels; un projet de compensation pour la perte des milieux humides et hydriques et d'habitat du poisson sera élaboré dans le cadre de la demande de CA (article 22 de la LQE) et de l'avis au MPO;
- Limiter les pertes de végétation indigène au minimum;
- Délimiter au préalable les aires visées par le déboisement et les activités de préparation des sites avec du ruban;
- S'assurer du respect des limites des aires de travaux.

IMPACT RÉSIDUEL

L'intensité de la perturbation est jugée faible et l'étendue ponctuelle. Compte tenu de la durée courte des effets, l'impact global des travaux sur la végétation aquatique est jugé faiblement négatif.

4.2.1.5 Amphibiens et reptiles

Aucun impact significatif n'est appréhendé sur ces composantes étant donné la faible étendue d'habitat propice.

4.2.1.6 Poissons

Les principaux impacts du projet sur les poissons et leur habitat sont les suivants :

- Modification temporaire de la qualité de l'habitat du poisson par le démantèlement des structures et enrochements qui ont pu être colonisés par les organismes benthiques ainsi que par une augmentation des matières en suspension lors des travaux;
- Empiètement permanent de 1 970 m² dans l'habitat du poisson par la présence du nouveau quai;
- Dérangement des poissons (bruits et vibrations) lors des activités de forage, de vibrofonçage et de battage de pieux et de palplanches.

MODIFICATION DE LA QUALITÉ DE L'HABITAT

Le démantèlement de portions du quai existant et de certains enrochements potentiellement colonisés par les organismes benthiques est susceptible d'entraîner une modification temporaire de la qualité de l'habitat du poisson. Cette modification sera temporaire, le temps que le benthos recolonise la nouvelle structure du quai.

Durant toutes les activités de construction, la qualité de l'eau pourrait aussi être altérée suite à l'émission et la remise en suspension ponctuelle des sédiments lors de la mise en place des pieux et palplanches et lors de la vidange des pieux.

La présence et l'opération des équipements et de la machinerie sont également susceptibles de représenter un risque de fuites accidentelles d'hydrocarbures. Ces modifications possibles de la qualité de l'eau pourraient altérer temporairement la qualité de l'habitat du poisson du secteur du quai. L'augmentation des concentrations de matières en suspension dans un environnement déjà turbide a le potentiel d'affecter les espèces de poissons les plus sensibles, dans la mesure où l'augmentation est attribuable aux travaux, qu'elle est marquée et qu'elle se produit en présence de ces espèces qui sont

plus susceptibles à la turbidité (préciser lesquelles dans les espèces présentes). Ces effets sont typiquement des effets comportementaux (ex. diminution du succès de prédation, évitement des zones turbides, modification de l'abondance et de la diversité des proies, etc.) et sur l'habitat des poissons (ex. : déposition des particules en suspension sur le substrat, augmentation de la température de l'eau, etc.) (Bash *et al.* 2001). Cependant, les quantités de MES dans les eaux du secteur sont déjà naturellement élevées dans ce secteur et varient de façon importante (plusieurs ordres de grandeur). Par conséquent, les espèces de poissons présentes dans le secteur sont régulièrement soumises à ces variations naturelles de MES.

La circulation et l'utilisation de la machinerie sur le chantier représentent des risques potentiels de déversements ou de fuites accidentels de produits pétroliers. Il s'agit là d'impacts potentiels sur la qualité de l'habitat du poisson, seulement si ces hydrocarbures ne sont gérés ou confinés adéquatement sur le chantier. La présence de ces produits pétroliers dans le réseau hydrique a le potentiel d'occasionner des effets néfastes sur la faune ichthyenne si les concentrations dépassent les critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique (concentration pouvant produire des effets chroniques = 0,01 mg/l et des effets aigus = 0,11 mg/l).

Pertes permanentes d'habitat du poisson

La construction du nouveau quai occasionnera des pertes d'habitat du poisson permanentes évaluées à environ 1 970 m². Ces pertes sont essentiellement localisées en zone subtidale en marge du quai existant.

Dérangement des poissons

Les activités de forage, de vibrofonçage et de battage de pieux et de palplanches sont susceptibles des niveaux de bruit et des vibrations sous-marins pouvant avoir les effets suivants sur les poissons :

- comportement d'évitement;
- stress pouvant entraîner une réponse physiologique;
- altération ou perte de l'audition par destruction ou traumatisme des tissus auditifs;
- autres dommages physiques pouvant entraîner la mort pour certains (éclatement de la vessie natatoire, rupture de vaisseaux sanguins).

Le seuil de blessure physique pour le poisson est évalué à un niveau de bruit de pointe de 206 - 208 dB et à un niveau de bruit d'exposition de 187 -189 dB (CIMA+, 2014). Le dérangement est généralement observé à 150 dB. Les sons émis lors d'activités de forage sont des bruits de sources continues de plus bas niveau et de plus basse fréquence que les activités de battage (SNC-Lavalin, 2006 dans CIMA+, 2014). CIMA+ (2014) indique aussi que le bruit généré lors de forages effectués à partir d'une plate-forme est relativement faible (< 120 dB re : μ Pa). Les bruits générés lors de la réalisation des travaux, et particulièrement ceux de fonçage des pieux et des palplanches, sont d'une intensité et d'une nature à se propager sur plusieurs dizaines de kilomètres du site de construction (MPO, 2011). Les bruits non pulsés (forage) présentent moins de risques d'engendrer des dommages physiques aux animaux exposés. Leurs impacts se traduisent plutôt par des effets physiologiques et comportementaux, comme le stress, le déplacement de l'habitat pour des durées variables, l'exclusion de sources de nourriture pouvant rendre les bilans énergétiques négatifs et affecter la survie, le masquage des communications et de la perception auditive de l'environnement.

Cependant, de façon générale, les poissons ont tendance à éviter les bruits de niveau supérieur à 120 dB.

MESURES D'ATTÉNUATION

Afin de minimiser ces impacts, les périodes de faible risque pour le poisson et son habitat en eau douce, pour la réalisation de travaux en milieu aquatique seront respectées (Source Gouvernement du Québec, cité par Pêches et Océans Canada : <http://www.dfo-mpo.gc.ca/pnw-ppe/timing-periodes/freshwater-eaudouce-gc-fra.html>) (tableau 4.2). Considérant la présence potentielle d'utilisation du marais adjacent au quai par plusieurs espèces d'intérêt, la période recommandée pour les travaux est du 15 juillet au 15 avril.

Tableau 4.2 Périodes de faible risque pour la réalisation de travaux en eau douce pour la région de la Capitale-Nationale

| Espèce | Période recommandée |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Saumon Atlantique et Ouananiche | 1er juillet au 15 septembre |
| Autres salmonidés ¹ | 15 juin au 15 septembre |
| Autres espèces d'intérêt (grand brochet, perchaude, etc.) | 15 juillet au 15 avril |

Pour l'atténuation des sources d'impact, l'emploi du vibrofonçage pour l'enfouissement des palplanches et des pieux sera privilégié par rapport au battage pour minimiser l'impact du bruit de construction.

D'autres mesures visant à protéger l'habitat du poisson lors des travaux de construction du quai seront appliquées :

- La granulométrie des principales couches de dépôts sous le quai est plutôt grossière (gravier et sable), ce qui permettra de minimiser la remise en suspension de matières fines;
- Ne rejeter aucun débris dans le milieu aquatique;
- Tous les débris introduits accidentellement dans le milieu aquatique devront être retirés dans les plus brefs délais;
- Tous les matériaux utilisés lors des travaux de construction devront être exempts de contaminant et de particules fines;
- Un projet de compensation sera élaboré de façon à compenser la perte d'habitat du poisson.

IMPACT RÉSIDUEL

Étant donné que :

- l'émission et la dispersion de MES lors des travaux de construction sera minimisée à la source et dans la mesure du possible, dans l'intervalle des variations naturelles de concentrations de MES du fleuve;
- les travaux de forage et de battage (si requis) ne sont pas réalisés en continu;
- l'empiètement dans l'habitat du poisson a été minimisé dans le cadre de l'optimisation du projet et que ces pertes seront compensées.

L'intensité de la perturbation est jugée faible et l'étendue spatiale locale. La durée sera courte pour les impacts liés à la phase de construction (dérangement des poissons et modification de la qualité de l'habitat). En effet, malgré les 15 jours requis pour les travaux de battage et de forage, ces activités ne seront réalisées que durant 12 % du temps de construction. Par conséquent, l'impact résiduel des travaux sur la faune ichtyenne est considéré comme étant faiblement négatif.

4.2.1.7 Oiseaux

La zone d'étude est fréquentée par la faune avienne et elle fait partie d'un habitat faunique reconnu (ACOA).

Les activités de vibrofonçage des pieux et de la palplanche sont susceptibles de déranger la faune avienne par le bruit et les vibrations dans l'air et dans l'eau.

La présence et l'opération de la machinerie durant les travaux de construction généreront du bruit et des vibrations qui sont susceptibles d'occasionner l'évitement du secteur par l'avifaune.

Les oiseaux qui seront dérangés par les travaux trouveront toutefois des habitats d'alimentation et de repos situés à proximité, c'est-à-dire sur les rives du fleuve Saint-Laurent, en amont et en aval des travaux. Ils pourront revenir sur le site à la fin des travaux.

Mesures d'atténuation

- Dans le but de réduire le risque d'effets néfastes sur les oiseaux migrateurs, leurs nids ou leurs œufs, il est recommandé d'effectuer les travaux hors de la période régionale de nidification pour la zone C4, soit avant ou après la période de la mi-avril à la mi-août (Environnement Canada : https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/prevention-effets-nefastes-oiseaux-migrateurs/periodes-generales-nidification.html#_03);
- Les aires des travaux et de circulation de la machinerie seront préalablement délimitées et la circulation sera confinée à ces aires;
- Maintenir la machinerie, les équipements et les camions utilisés lors des travaux en parfait état afin de limiter les sources de bruit;
- Réparer dans les plus brefs délais la machinerie et les véhicules défectueux;
- Si la présence d'une espèce en péril est confirmée au cours des travaux, le promoteur devra le notifier à Environnement Canada sans tarder (exigence de la Loi sur les espèces en péril (LEP)).

Impact résiduel

L'intensité de la perturbation est jugée faible et l'étendue locale. En effet, malgré les 15 jours requis pour les travaux de battage et de forage, ces activités ne seront réalisées que durant 12 % du temps de construction. Compte tenu de la durée courte, l'impact global des travaux sur la faune avienne est jugé faiblement négatif.

4.2.1.8 Mammifères

Aucun impact n'est appréhendé sur cette composante étant donné la faible étendue d'habitat propice.

4.2.1.9 Espèces à statut précaire

ESPÈCES FLORISTIQUES

Un total de 1 970 m² de milieux humides et hydriques du secteur de Sainte-Anne de Beaupré subira un empiètement permanent par le nouvel enrochement de la digue d'approche. Trois espèces floristiques à statut précaire présentent le potentiel d'être présentes dans cette zone.

MESURES D'ATTÉNUATION

- Avant les travaux, réaliser un inventaire des espèces floristiques à statut précaire en périodes appropriées en fonction de la phénologie des espèces présentant un potentiel et selon le guide *Identification et délimitation des milieux humides du Québec méridional* (Bazoge et al., 2014). De plus, le guide du MDDELCC (Bazoge et al., 2014) indique qu'une caractérisation écologique complète peut exiger plusieurs visites de terrain, surtout si les inventaires de végétation sont réalisés trop tôt ou trop tard en saison;

- En fonction des résultats du ou des inventaires floristique(s), s'il s'avère qu'une ou plusieurs espèces végétales à statut se trouvent visées par les travaux, elles seront déplacées vers un habitat similaire situé à proximité.

IMPACT RÉSIDUEL

L'intensité de la perturbation potentielle est jugée faible et l'étendue ponctuelle. Compte tenu de sa durée courte, l'impact global des travaux sur les espèces floristiques à statut précaire est jugé faiblement négatif.

ESPÈCES FAUNIQUES

Les activités de construction sont susceptibles d'émettre et de remettre en suspension des MES dans l'eau et d'occasionner du bruit et des vibrations (installation du gabarit de plantage, battage des pieux et forage au roc). Ces impacts sont susceptibles d'entraîner une modification temporaire de la qualité de l'habitat ainsi qu'un évitement de la zone par la faune ichthyenne pendant les travaux. Selon la période de l'année, les travaux sont susceptibles d'affecter certaines espèces plus que d'autres en raison de leur habitat préférentiel et de leur degré de sensibilité au dérangement et à une augmentation des MES dans l'eau.

Certaines espèces à statut fréquentant le secteur sont susceptibles d'être affectées, soit :

- L'alose savoureuse, l'anguille, les esturgeons noir et jaune, le bar rayé et l'éperlan arc-en-ciel.

MESURES D'ATTÉNUATION

Les mêmes mesures d'atténuation que celles citées pour les poissons s'appliquent.

IMPACT RÉSIDUEL

L'intensité de la perturbation est jugée faible et l'étendue locale. Compte tenu de la durée courte, l'impact global des travaux sur les espèces fauniques à statut précaire est jugé faiblement négatif.

4.2.1.10 Qualité de vie (bruit)

Le bruit généré par l'utilisation de machinerie diverse lors des activités de réhabilitation du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré, notamment lors du vibrofonçage des pieux requis pour la tête du quai, et le battage (si requis) augmentera de façon ponctuelle, le niveau sonore et les vibrations du secteur à certaines périodes.

Les résidences les plus proches du quai se trouvent le long de l'avenue Royale, à au moins 1 km de distance de celui-ci. Le bruit et les vibrations pourraient affecter la qualité de vie des résidents et usagers du secteur; on peut penser plus particulièrement aux groupes suivants :

- Les clients de l'établissement hôtelier situé à un peu plus de 250 m à l'ouest de l'axe du quai et approximativement à 500 m de la tête du quai;
- Les utilisateurs (pèlerins et visiteurs de la Basilique) qui séjournent temporairement sur le terrain des pères Rédemptoristes localisé à l'est du quai (distance approximative variant entre 125 m pour le point le plus près et 325 m pour la tête du quai).

Dans ces deux cas, il faut prendre en considération qu'il existe déjà un niveau de bruit ambiant qui peut atteindre des pointes significatives, notamment lors des périodes de fort trafic sur la route 138.

Enfin, bien que les travaux de réhabilitation du quai soient effectués de l'autre côté du chenal de l'Île-d'Orléans, les résidents du chemin Royal de part et d'autre des limites entre les villages de Sainte-Famille et Saint-François pourraient eux aussi voir leur environnement sonore modifié dans certaines conditions (intensité et conditions de vents défavorables).

MESURES D'ATTÉNUATION

Afin de limiter autant que possible les désagréments liés au bruit des travaux, l'initiateur du projet s'engage à faire respecter, par le ou les entrepreneurs retenus, les recommandations contenues dans les Lignes directrices relativement aux niveaux sonores provenant d'un chantier de construction industriel (MDDELCC, 2015). Ces lignes directrices se lisent comme suit :

- pour la période du jour comprise entre 7 heures et 19 heures, le MDDELCC a pour politique que toutes les mesures raisonnables et faisables doivent être prises par l'initiateur d'un projet afin que le niveau acoustique d'élévation (LAR, 12 heures) provenant d'un chantier de construction soit égal ou inférieur au plus élevé des niveaux sonores suivants, soit 55 dB (A) ou le niveau de bruit initial s'il est supérieur à 55 dB (A) en tout point de réception dont l'occupation est résidentielle ou l'équivalent (hôpital, institution, école).

Le MDDELCC convient cependant qu'il existe des situations où les contraintes sont telles que l'initiateur ne peut exécuter les travaux tout en respectant ces limites. Le cas échéant, celui-ci est requis de :

- 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 afin de 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 prendre les mesures correctrices nécessaires.

Pour les périodes de soirée (19 h à 22 h) et de nuit (22 h à 7 h), tout niveau acoustique d'évaluation sur une heure (LAR, 1 h) provenant d'un chantier de construction doit être égal ou inférieur au plus élevé des niveaux sonores suivants, soit 45 dB ou le niveau de bruit initial s'il est supérieur à 45 dB. Cette limite s'applique en tout point de réception dont l'occupation est résidentielle ou l'équivalent (hôpital, institution, école).

La nuit (22 h à 7 h), afin de protéger le sommeil, aucune dérogation à ces limites ne peut être jugée acceptable (sauf en cas d'urgence ou de nécessité absolue). Pour les trois heures en soirée toutefois (19 h à 22 h), lorsque la situation le justifie, le niveau acoustique d'évaluation LAR, 3 h peut atteindre 55 dB peu importe le niveau initial à la condition de justifier ces dépassements conformément aux exigences « a » à « f » telles qu'elles sont décrites à la section 1.

Par ailleurs, l'article 4 du Règlement de nuisances numéro 272-V de la municipalité de Sainte-Anne-de-Beaupré indique pour sa part que :

« Constitue une nuisance et est prohibé le fait d'exécuter à l'extérieur, entre 22 h et 8 h, des travaux de construction, de démolition ou de réparation, y compris des travaux de mécanique, de réparation de véhicules, sauf s'il s'agit de travaux d'urgence visant à sauvegarder la sécurité des lieux ou des personnes. »

Afin de se conformer aux limites et lignes directrices en lien avec les niveaux sonores provenant d'un chantier de construction, diverses mesures doivent être envisagées. La plus importante d'entre elles a trait au respect des règles existantes et en particulier d'un calendrier et d'un horaire de travail établis, soit

les jours de semaine, entre 7 h à 19 h seulement. L'initiateur du projet entend identifier une période pour réaliser les travaux qui ne nuit pas aux plus grandes périodes d'affluence touristique dans le secteur (Neuvaine, Fête de Sainte-Anne, du 17 au 26 juillet 2018).

Parmi les autres mesures qui doivent permettre d'atténuer le bruit, on note les suivantes :

- Maintenir la machinerie, les équipements et les camions utilisés lors des travaux en parfait état. S'assurer que la machinerie sera munie de silencieux en bon état. Réparer dans les plus brefs délais la machinerie et les véhicules défectueux;
- Interdire le cognement des panneaux arrière des camions;
- S'assurer que tous les camions de transports pour les matériaux granulaires et les pierres qui seront utilisés pour les travaux seront munis d'une alarme à bruit blanc permettant de neutraliser les bruits à caractère tonal.

Enfin, le promoteur entend élaborer et mettre en œuvre un plan de communication (travaux prévus, calendrier, nuisances potentielles, répercussions appréhendées, etc.) s'adressant aux entreprises, organismes et populations riveraines de la zone des travaux afin de les informer à l'avance du calendrier des travaux et, plus particulièrement, des périodes de réalisation et de la durée des travaux les plus bruyants.

IMPACT RÉSIDUEL

L'intensité de la perturbation est jugée forte et l'étendue locale. Compte tenu de la durée courte de l'impact, l'impact global des travaux sur la qualité de vie (bruit) est jugé moyennement négatif.

4.2.1.11 Transport et circulation terrestres

Durant la phase de construction, on estime que plus de 2 700 voyages de camions seront requis pour :

- Transporter les déblais hors du site (8 970 m³, 897 voyages);
- Acheminer les pierres et le béton au chantier (18 230 m³, 1 823 voyages).

Évidemment, l'ajout d'autant de camions sur une période plus intensive d'environ 15 semaines est susceptible d'entraîner des répercussions sur la circulation routière, en particulier dans le secteur route 138-rue du Sanctuaire. En fait, la circulation associée au chantier va se répercuter à des degrés divers le long des différents accès utilisés pour le transport des matériaux, des produits divers et également de la main-d'œuvre.

En plus de déranger les résidents et de constituer un risque accru pour les usagers de la route 138, le transport des matériaux et de la machinerie pour la construction de la route pourrait occasionner le souillage des voies de circulation existantes, l'émission de poussières ainsi que des bris au pavage ou à la structure de la route.

MESURES D'ATTÉNUATION

Parmi les mesures à mettre en place afin de limiter les répercussions des travaux sur la fluidité de la circulation et la sécurité des usagers de la route, les mesures suivantes ont été retenues :

- Élaborer et mettre en œuvre une campagne d'information (travaux prévus, calendrier, nuisances potentielles sur la circulation, répercussions appréhendées, etc.) s'adressant aux entreprises, organismes et populations riveraines de la zone des travaux, à la population de Sainte-Anne-de-Beaupré et aux utilisateurs du réseau routier local et régional (route 138);
- Sensibiliser les conducteurs de camions au respect du Code de la route;
- Mettre en place une signalisation adéquate à l'approche de la zone des travaux;
- Aménager des voies d'accès au chantier sécuritaires;

- Remettre les infrastructures souillées ou endommagées dans leur état initial à la fin des travaux, en portant une attention particulière à l'intersection route 138-rue du Sanctuaire;
- Au besoin, en période sèche, assurer le nettoyage des sections de la route 138 utilisées pour le transport des matériaux afin de limiter les émissions de poussières.

IMPACT RÉSIDUEL

L'intensité de la perturbation est jugée moyenne et l'étendue locale. Compte tenu de la durée courte de l'impact, l'impact global des travaux sur la fluidité et la sécurité des divers axes de transport et circulation terrestres est jugé moyennement négatif.

4.2.1.12 Paysage

La présence de l'aire prévue pour l'équipement et la machinerie de l'entrepreneur, des installations de chantier, de la machinerie requise pour les travaux et la réalisation des travaux altéreront temporairement les caractéristiques intrinsèques du paysage du site.

Les impacts prévus sur le paysage en phase de construction sont liés :

- À la présence du chantier;
- À la présence des véhicules et équipements lourds;
- Aux activités de construction.

Toutefois, en raison de la localisation du quai, les observateurs susceptibles de percevoir ces changements sont peu nombreux (clients d'un établissement d'hébergement du boulevard Sainte-Anne, utilisateurs du terrain des Pères Rédemptoristes, observateurs navigant sur le chenal de l'Île-d'Orléans).

MESURES D'ATTÉNUATION

Aucune mesure particulière n'est prévue à cet effet.

IMPACT RÉSIDUEL

Le degré de perturbation est jugé d'intensité faible et d'étendue locale. Étant donné la courte durée de l'impact négatif, son importance est jugée faible.

4.2.1.13 Activités récréatives

Les utilisateurs les plus assidus du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré sont actuellement des pêcheurs récréatifs; bien que leur nombre réel soit inconnu, ils seraient nombreux à fréquenter la tête du quai en quête de l'une ou l'autre des espèces de poissons présentes dans le chenal de l'Île-d'Orléans.

Pour des raisons de sécurité, le chantier de réhabilitation du quai va évidemment demeurer inaccessible durant la totalité de la phase de construction. Ainsi, en raison des travaux, les pêcheurs ne pourront accéder au quai pour se livrer à leur activité préférée.

MESURES D'ATTÉNUATION

Afin de les informer à l'avance des travaux et trouver un site de pêche alternatif, les pêcheurs récréatifs seront spécifiquement ciblés par le programme d'information et de communication qui sera mis en place par l'initiateur du projet.

IMPACT RÉSIDUEL

Le degré de perturbation est jugé d'intensité faible et d'étendue locale. Étant donné la courte durée de l'impact négatif, son importance est jugée faible.

4.2.1.14 Économie et emploi

Au coût de construction de 7,5 millions de dollars, la réalisation du projet de réhabilitation du quai est de nature à entraîner des retombées économiques et d'emploi, de par l'acquisition de biens et services. Les retombées sont susceptibles de se faire sentir tant sur l'économie que sur le marché de l'emploi à Sainte-Anne-de-Beaupré, sur la Côte-de-Beaupré et la région de Québec.

Ainsi, à l'échelle locale-régionale, les entreprises et les travailleurs devraient bénéficier des dépenses encourues dans le cadre de ce projet. L'ampleur de ces retombées sera directement tributaire de celle des contrats obtenus par les entreprises concernées. Quant aux emplois, la nature du projet fait en sorte que dans le cas spécifique de ce projet, il est davantage question dans ce cas de consolidation et de maintien d'emplois dans les entreprises plutôt que de création de nouveaux emplois.

Enfin, il est probable que la présence des travailleurs générera des retombées économiques locales, en particulier dans les restaurants, station-service et dépanneurs du secteur.

MESURES D'ATTÉNUATION ET DE BONIFICATION

Pour le moment, aucune mesure particulière (ex. : fractionnement de contrat, clause préférentielle locale, etc.) n'est prévue pour maximiser les retombées du projet à l'échelle de la ville de Sainte-Anne-de-Beaupré ou encore celle de la MRC de la Côte-de-Beaupré.

IMPACT RÉSIDUEL

L'impact est jugé positif, d'intensité faible et d'étendue locale. Étant donné la courte durée de l'impact négatif, son importance est jugée faiblement positive.

4.2.2 Présence, exploitation et entretien du quai

4.2.2.1 Qualité de l'air

La présence et l'exploitation et l'entretien du nouveau quai ne causeront aucun impact significatif sur cette composante.

4.2.2.2 Qualité de l'eau

Le seul impact dû à la présence et l'exploitation et l'entretien du nouveau quai sur la qualité de l'eau pourrait provenir de déversements accidentels d'hydrocarbures par les bateaux de croisières et à l'apport de déchets par les usagers. En effet, si l'achalandage du quai s'accroît par les pêcheurs et visiteurs, il se peut qu'à long terme, il y ait accumulation de matières résiduelles aux abords du quai si ces matières ne sont pas gérées régulièrement et la surface du quai nettoyée au besoin.

MESURES D'ATTÉNUATION

- Des poubelles et contenants pour matières recyclables seront installées sur le quai afin de subvenir aux besoins des utilisateurs locaux et de prévenir la dispersion de matières résiduelles dans le fleuve;
- Collecte régulière des matières résiduelles et du recyclage sur le quai;

- Aucun ravitaillement en essence des navires ou évacuation d'eaux usées en provenance des navires ne seront effectués au quai.

IMPACT RÉSIDUEL

Le degré de perturbation est jugé d'intensité faible et d'étendue ponctuelle. Étant donné la longue durée de l'impact négatif, son importance est jugée faiblement négative.

4.2.2.3 Qualité des sédiments

Aucune modification locale des conditions hydrodynamiques à l'amont (érosion) et l'aval immédiat du quai (déposition) n'est appréhendée par la reconstruction du quai.

Le seul impact dû à la présence et l'exploitation et l'entretien du nouveau quai sur la qualité des sédiments pourrait provenir de fuites ou de déversements accidentels d'hydrocarbures par les bateaux de croisières.

MESURES D'ATTÉNUATION

Les mêmes mesures que celles pour la protection de la qualité de l'eau s'appliquent.

IMPACT RÉSIDUEL

Le degré de perturbation est jugé d'intensité faible et d'étendue ponctuelle. Étant donné la longue durée de l'impact négatif, son importance est jugée faiblement négative.

4.2.2.4 Végétation aquatique et riveraine

La présence, l'exploitation et l'entretien du nouveau quai ne causeront aucun impact sur ces composantes puisque la zone de végétation la plus rapprochée est située à plus de 150 m de la tête de quai, de sorte que l'action hydraulique des hélices des navires n'occasionnera pas d'érosion de zone de marais.

4.2.2.5 Poissons

Bien que l'exploitation du quai réhabilité se fera seulement durant la période récréotouristique, la présence et l'exploitation du nouveau quai, avec le va-et-vient des bateaux, est susceptible d'effrayer la faune ichthyenne (poissons) par le bruit des moteurs.

MESURES D'ATTÉNUATION

- Interdire l'accès aux bateaux en mauvais état;
- Opérer des équipements et véhicules (préciser quels équipements et véhicules) en bon état, bien entretenus et respectant les normes de bruit;
- Appliquer des limites de vitesse aux approches du quai;
- Prévoir des installations de collecte de déchets sur le quai pour prévenir la dispersion de matières résiduelles dans le fleuve (par exemple, les contenants de vers des pêcheurs, les sacs et les emballages de nourriture);
- Nettoyer la surface du quai à période régulière pour prévenir l'émission de contaminants dans le fleuve.

Le phénomène d'évitement des poissons lors de l'arrivée et du départ des navires sera de courte durée et les poissons reviendront au site du quai, dès les navires partis. Le milieu environnant abrite des habitats similaires vers où les poissons pourront se déplacer temporairement.

IMPACT RÉSIDUEL

Le degré de perturbation est jugé d'intensité faible et d'étendue ponctuelle. Étant donné la longue durée de l'impact négatif, son importance est jugée faiblement négative.

4.2.2.6 Oiseaux

Bien que l'exploitation du quai se fera seulement durant la période récréotouristique, la présence et l'exploitation du nouveau quai, avec le va-et-vient des bateaux, est susceptible d'effrayer les oiseaux en particulier pendant les périodes de migration de la sauvagine à l'automne.

Le phénomène d'évitement des oiseaux lors de l'arrivée et du départ des navires sera de courte durée et les oiseaux reviendront au site du quai, dès les navires partis. Le milieu environnant abrite des habitats similaires vers où les oiseaux pourront se déplacer temporairement.

MESURES D'ATTÉNUATION

- Interdire l'accès aux bateaux en mauvais état;
- Opérer des équipements et véhicules en bon état, bien entretenus et respectant les normes de bruit;
- Prévoir des installations de collecte de déchets sur le quai pour prévenir la dispersion de matières résiduelles dans le fleuve (par exemple, les contenants de vers des pêcheurs, les sacs et les emballages de nourriture);
- Nettoyer la surface du quai à période régulière pour prévenir l'émission de contaminants dans le fleuve.

IMPACT RÉSIDUEL

Le degré de perturbation est jugé d'intensité faible et d'étendue ponctuelle. Étant donné la longue durée de l'impact négatif, son importance est jugée faiblement négative.

4.2.2.7 Espèces à statut précaire

L'exploitation du quai est susceptible de déranger certaines espèces de poissons à statut précaire et potentiellement certaines espèces d'oiseaux durant leurs périodes de nidification.

Ils pourront toutefois trouver des habitats similaires disponibles à proximité.

IMPACT RÉSIDUEL

Le degré de perturbation est jugé d'intensité faible et d'étendue ponctuelle. Étant donné la longue durée de l'impact négatif, son importance est jugée faiblement négative.

4.2.2.8 Qualité de vie (bruit)

Les niveaux sonores liés à l'exploitation et à l'entretien du nouveau quai seront du même ordre de grandeur ceux qui peuvent être perçus actuellement. Cet impact est jugé non significatif.

4.2.2.9 Activités récréatives et touristiques

La réhabilitation du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré va notamment permettre l'accueil de navires offrant des excursions touristiques et, ce faisant, la réalisation des objectifs poursuivis par la MRC et la Corporation en matière de tourisme fluvial.

MESURES D'ATTÉNUATION OU DE MAXIMISATION

Aucune mesure d'atténuation ou de maximisation n'est prévue à cet effet. Toutefois, la réalisation des projets connexes envisagés par la Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré devrait permettre de tirer pleinement profit des atouts du secteur du quai et ainsi bonifier de manière significative l'expérience récréotouristique dans la ville et sur la Côte-de-Beaupré.

IMPACT RÉSIDUEL

L'intensité de la perturbation est jugée faible et l'étendue locale à régionale. Compte tenu de la longue durée de l'impact, l'impact global sur le paysage est jugé moyennement positif.

4.2.2.10 Paysage

En dépit des travaux de réhabilitation, le gabarit du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré demeurera pratiquement inchangé. Ainsi, son empreinte au sein des paysages et unités visuelles tant fluviale que littorale restera donc la même.

Aucun impact sur le paysage ne découlera de la présence et de l'exploitation du nouveau quai.

4.2.2.11 Économie

L'exploitation du nouveau quai et surtout la possibilité d'y développer diverses activités économiques impliquera des effets positifs sur l'économie en favorisant les chiffres d'affaires de la région et des commerces adjacents (restaurants, épiceries, etc.). Elle permettra d'entraîner des retombées au niveau économique et de consolider la vocation touristique de Sainte-Anne-de-Beaupré et de la MRC.

IMPACT RÉSIDUEL

L'intensité de la perturbation est jugée moyenne et l'étendue locale à régionale. Compte tenu de la longue durée de l'impact, l'impact global du projet sur l'économie régionale est jugé fortement positif.

4.3 Synthèse du projet

Durant la phase de construction, les principaux impacts négatifs résulteront des émissions de matières en suspension dans l'eau, des bruits et vibrations et des émissions de poussières dans le milieu qui pourraient affecter les poissons, les oiseaux, la population avoisinant et les visiteurs.

En exploitation, aucun impact négatif significatif n'est anticipé. Ainsi, des impacts positifs sont prévus sur les activités récréatives (tourisme fluvial) et l'économie.

5 GESTION DES RISQUES D'ACCIDENT

Le présent projet ne comporte que très peu de risques d'accidents technologiques tant en raison de sa nature, de la nature des équipements et de la machinerie utilisée ainsi que de sa faible superficie.

5.1 Risques d'accidents technologiques

En période de construction, les seuls risques potentiels inhérents sont associés à la présence sur place de la machinerie mécanisée, puisqu'aucun produit toxique ne sera manipulé. Afin de prévenir tout incident provenant de l'utilisation de produits d'hydrocarbures tels le diesel et l'huile hydraulique, les précautions suivantes devront être observées :

- S'assurer que la machinerie utilisée est en bon état de fonctionnement;
- Ne pas entreposer de produits pétroliers à moins de 30 m de la rive;
- Effectuer l'entretien des véhicules et le plein de carburant à une distance minimale de 30 m de la rive;
- Advenant un déversement d'hydrocarbures, le rapporter au réseau d'alerte d'Environnement Québec et récupérer les hydrocarbures et les sols contaminés et en disposer conformément à la réglementation en vigueur;
- Avoir tout au long de la phase de construction, du matériel absorbant sur le site et de l'équipement de confinement et de récupération de produits pétroliers et le disposer, le cas échéant, conformément à la réglementation en vigueur. Des mesures de récupération de matériaux polluants seront incluses au devis pour la période des travaux.

5.2 Mesures de sécurité

Différentes mesures seront prises pour assurer la sécurité durant les travaux, en conformité avec la *Loi sur la sécurité du travail*. L'entrepreneur devra observer toutes les exigences les plus strictes en vigueur au niveau de la sécurité. Il devra en outre effectuer les travaux de manière à ne pas nuire aux opérations normales des usagers du quai et de la route 138.

Comme pour tout chantier de construction, il sera exigé de l'entrepreneur qu'il prépare un programme de prévention des risques décrivant les mesures à respecter en fonction des risques particuliers associés aux diverses activités de construction. Ce programme de prévention contiendra également toutes les coordonnées des services d'urgence (police, pompiers, ambulance, hôpital, etc.). Enfin, comme il s'agit d'un chantier qui sera érigé sur et à proximité de l'eau, les exigences usuelles en matière de sécurité seront mises en vigueur: port de vestes de flottaison, disponibilité d'une embarcation munie d'un moteur pour intervention rapide en cas d'urgence, etc.

Les feux et le brûlage des déchets sur le chantier seront interdits.

L'accès au chantier sera limité à l'aide de clôtures prévues à cette fin. Des panneaux de signalisation seront mis en place afin de permettre l'exécution des travaux en toute sécurité et d'assurer la protection du public.

Concernant les mesures de sécurité à la navigation, les mesures imposées par Transports Canada pour la navigation en général seront appliquées.

Mesures environnementales particulières :

- Aucune circulation de machinerie n'est autorisée dans le milieu aquatique (outre les équipements spécifiques requis pour les travaux) ou de l'aire préalablement délimitée pour les travaux;
- L'entrepreneur doit disposer en permanence d'une embarcation et des équipements nécessaires pour récupérer tout matériel ou produit échappé accidentellement en milieu marin; d'une trousse d'urgence de récupération de produits pétroliers comprenant les boudins de confinement, rouleaux absorbants ainsi que les contenants et les équipements connexes (gants, etc.) essentiels pour parer aux déversements de petite envergure. Ce type de trousse est disponible auprès de fournisseurs spécialisés et elle doit être approuvée par le surveillant de chantier. De plus, le personnel de chantier doit être sensibilisé aux méthodes de récupération et une séance d'information est prévue au début des travaux;
- Aucun matériel contaminant, tels produits pétroliers ne peut être entreposé sur le quai pendant la période des travaux pour éviter tout déversement accidentel.

5.3 Plan préliminaire des mesures d'urgence

Si, malencontreusement, un travailleur venait à tomber à l'eau, des bouées de sauvetage, omniprésentes sur le site, pourront être utilisées, de même qu'une chaloupe motorisée en parfait état de fonctionnement et munie de rames.

Une trousse de secours comprenant les éléments essentiels de premiers soins et pour réchauffer une victime potentielle d'une chute à l'eau sera disponible sur le site des travaux.

Le numéro de téléphone du responsable de la sécurité sur le chantier et des services d'urgence à proximité seront connus de tous et disponibles en tout temps.

En cas d'urgence environnementale, le surveillant de chantier doit aviser immédiatement les responsables du projet (STQ) afin que les mesures nécessaires soient adoptées pour minimiser les impacts et que le MDDELCC en soit informé (Urgence environnement).

6 SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE

Le programme de surveillance environnementale consiste documenter et s'assurer de l'application des exigences réglementaires et des mesures d'atténuation prévues. La surveillance environnementale vise également à s'assurer de surveiller l'évolution des activités susceptibles d'occasionner des effets environnementaux et de vérifier si les mesures d'atténuation prévues sont mises en place et efficaces compte tenu des conditions observées dans le milieu.

7 SUIVI ENVIRONNEMENTAL

Le suivi environnemental constitue une démarche permettant d'effectuer une mesure et un suivi à fréquence déterminée de l'évolution de certaines composantes valorisées du milieu affectées par le projet et de vérifier la justesse des prévisions des impacts anticipés. Il permet également de vérifier l'efficacité des mesures d'atténuation à court, moyen et long termes, prévues dans l'évaluation environnementale et pour lesquelles persisteraient des incertitudes.

Toutefois, compte tenu du caractère limité et temporaire des impacts environnementaux du projet et de l'efficacité éprouvée des mesures d'atténuation proposées, il n'est pas jugé pertinent de réaliser des activités de suivi environnemental dans le cadre du présent projet.

8 RÉFÉRENCES ET DOCUMENTS CONSULTÉS

- Beaulieu, G. 1962. Résultats d'étiquetage du Bar d'Amérique dans le fleuve Saint-Laurent de 1945 à 1960 (*Roccus saxatilis* (Walbaum)). Ministère de la chasse et des pêcheries, Centre biologique de Québec, p. 217 à 236.
- Bhiry, Najat, Danielle Cloutier, Line Couillard, Audrée Gervais, Philippe Lamarre, Mathieu Normandeau, Abdoul Ousmane Dia 2013. Évolution des hauts marais de l'estuaire d'eau douce du Saint-Laurent et stratégies de protection des espèces en situation précaire dans une perspective de changements climatiques. Université Laval, Faculté de foresterie, de géographie et de géomatique et Faculté de sciences et génie, Département de géographie et Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs. Plan d'action Saint-Laurent 2011-2016, Écosystèmes & biodiversité. Rapport final remis à Consortium Ouranos du Québec. 121 pages +2 annexes. (https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/2016/03/RapportBhiry2013_FR.pdf).
- BPR (1983) Étude d'impact sur l'environnement, Port de refuge, Saint-Laurent Île-d'Orléans. Document micro-fiché.
- Centre Saint-Laurent 1996. Rapport-synthèse sur l'état du Saint-Laurent. Volume 1 : L'écosystème du Saint-Laurent. Environnement Canada – région du Québec. Conservation de l'environnement – et Éditions MultiMondes, Montréal. Coll. <BILAN Saint-Laurent>.
- Centre Saint-Laurent (1993) Qualité des sédiments et bilan des dragages sur le Saint-Laurent. Document rédigé par Lucie Olivier et Jacques Bérubé. Direction du développement technologique, No. de catalogue En 153-12/1993F.
- Communauté métropolitaine de Québec (CMQ), 2015. Milieux naturels d'intérêt pour la biodiversité sur le territoire de la CMQ. En collaboration avec Conservation de la nature. 31 p. + 6 annexes.
- Communauté métropolitaine de Québec (CMQ), 2013a. Bâtir 2031 - Plan métropolitain d'aménagement et de développement du territoire (PMAD) <http://www.cmquebec.qc.ca/media/document/1142/pm-pmad-en-vigueur.pdf>
- Communauté métropolitaine de Québec (CMQ), 2013b. Mise en valeur des paysages d'intérêt métropolitain de la Communauté métropolitaine de Québec. Réalisation de 4 plans directeurs de paysages : Diagnostic + Vision. Secteur C - Battures et terrasses de Sainte-Anne-de-Beaupré. <https://www.cmquebec.qc.ca/media/document/2812/secteur-reduit-2013-05-03.pdf>
- Communauté métropolitaine de Québec (CMQ). 2008. Atlas des unités de paysage de la CMQ. Étude préparée par Daniel Arbour & Associés (DAA) inc. <https://www.cmquebec.qc.ca/amenagement-territoire/paysages/atlas-unites-paysages-cmq>
- Conseil de la Nation huronne-wendat (NHW), 2016. Étude complémentaire de la Nation huronne-wendat. Projet d'aménagement d'un quai multifonctionnel en eau profonde au port de Québec – Beauport 2020. Déposée à L'Administration portuaire de Québec (APQ). Préparée par le Bureau du Nionwentsio - Nation huronne-wendat. Juin 2016. 51 pages.
- COSEPAC. 2004. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la gentiane de Victorin (*Gentianopsis procera macounii* var. *victorinii*) au Canada – Mise à jour. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. vii + 27 p. (www.registrelep.gc.ca/Status/Status_f.cfm).

- Dionne, Jean-Claude 2000. Érosion récente du schorre supérieur à Sainte-Anne-de-Beaupré, Québec. Géographie physique et Quaternaire, 54 (1) : 208-218. (<https://www.erudit.org/fr/revues/gpq/2000-v54-n1-gpq149/004792ar.pdf>).
- Environnement Canada (1993) Capsules-éclair sur l'état du Saint-Laurent, publiées par le Centre Saint-Laurent. Conservation et protection, région du Québec.
- Fondation de la Faune du Québec (FFQ). 1996. Habitat du poisson : le doré jaune. Guide d'aménagement d'habitats. Québec. 20 p.
- Fondation québécoise pour la protection du patrimoine naturel (FQPPN). (2012) Milieux naturels d'intérêt de l'estuaire d'eau douce à saumâtre du Saint-Laurent. 34 pages + 2 annexes.
- Gagnon, M., Y. Ménard et J.-F. La Rue. 1993. Caractérisation et évaluation des habitats du poisson dans la zone de transition saline du Saint-Laurent. Ministère des Pêches et des océans, Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 1920, 82 pages et annexes.
- Gauthier, B. 2000. L'estuaire du Saint-Laurent : synthèse phytogéographique, Gouvernement du Québec, ministère de l'Environnement, Direction du patrimoine écologique et du développement durable. Québec, 33 p.
- Gerardin, Vincent et Daniel McKenney 2001. Une classification climatique du Québec à partir de modèles de distribution spatiale de données climatiques mensuelles : vers une définition des bioclimats du Québec. Direction du patrimoine écologique et du développement durable, ministère de l'Environnement, Québec. (<http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/changements/classification/>).
- Giroux, I., Hébert, S. et Berryman, D. 2016. Qualité de l'eau du Saint-Laurent de 2000 à 2014 : paramètres classiques, pesticides et contaminants émergents. Le Naturaliste canadien, 140(2), 26-34. Doi :10.7202/1036500ar.
- Hébert, S. et J. Belley. 2005. Le Saint-Laurent – La qualité des eaux du fleuve 1990-2003, Québec, ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Envirodoq no. ENV/2005/0095, collection no QE/156, 25 p. et 3 annexes.
- Labrecque, J. et G. Lavoie. 2002. Les plantes vasculaires menacées ou vulnérables du Québec. Gouvernement du Québec, ministère de l'Environnement, Direction du patrimoine écologique et du développement durable, Québec. 200 p.
- Magnin et Beaulieu, 1967. Le bar, *Roccus saxatilis* (Walbaum), du fleuve Saint-Laurent. Naturaliste can. 94 : 539-555.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (19 juillet 2017) Rapport d'analyse environnementale pour le projet de construction d'un duc d'Albe au quai garage de Tadoussac sur le territoire de la municipalité de village de Tadoussac par la Société des traversiers du Québec. Direction générale de l'évaluation environnementale et stratégique. Direction de l'évaluation environnementale des projets hydriques et industriels. Dossier 3211-04-060. 16 p. + 6 annexes. <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/evaluations/decret/2018/1148-2017-rae.pdf>.
- MDDELCC (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques), 2015. Guide d'interprétation, Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, Direction des politiques de l'eau, 148 p.

- Mousseau, P. et A. Armellin 1995. Synthèse des connaissances sur les communautés biologiques du secteur d'étude Québec-Lévis. Environnement Canada – région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent. Rapport technique. Zone d'intervention prioritaire 14 220 pages.
- Nation huronne-wendat, 2016. Étude complémentaire de la Nation huronne-wendat. Projet d'aménagement d'un quai multifonctionnel en eau profonde au port de Québec – Beauport 2020. Déposée à : L'Administration portuaire de Québec (APQ). Préparée par le Bureau du Nionwentsio - Nation huronne-wendat. 51 p. <http://www.ceaa.gc.ca/050/documents/p80107/116789F.pdf>
- Norda Stelo, 2017. Réhabilitation du quai de Sainte-Anne-de-Beauport – Rapport de conception – Version préliminaire. Décembre 2017. No. réf. : 115642.001. 15 pages + 4 annexes.
- OBV Charlevoix-Montmorency 2015. Plan directeur de l'eau de la zone hydrique Charlevoix-Montmorency. Présenté au ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. Août 2014, 903 pages. <https://charlevoixmontmorency.ca/public/documents/ftp/PDE-OBV-CM.pdf>.
- Pêches et Océans Canada 2011. MPO. 2011. Ajout d'un brise-lame au quai des pilotes de Les Escoumins, Québec – Effets potentiels sur les mammifères marins. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Rép. des Sci. 2011/007.
- Robitaille, A. et J.-P. Saucier, 1998. Paysages régionaux du Québec méridional. Les publications du Québec. 213 p. + 1 carte.
- Ropars, Yann, ing., M. Sc. 2016. Projet de mise en valeur du quai – Sainte-Anne-de-Beauport, Québec. Étude des conditions hydrodynamiques. Dossier SAB-QU15. Projet : 632976 / BC-25764. Rapport technique final. Avril 2016. Pour SNC-Lavalin. 42 pages +
- SNC-Lavalin (juillet 2016) Avis de projet pour la réhabilitation du quai de Sainte-Anne-de-Beauport. Pour la Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beauport. Présenté à la Direction des évaluations Environnementales du Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. 12 pages + 2 annexes.
- SNC-Lavalin (juin 2016) Inspection et expertise sur l'état des infrastructures maritimes du quai de Sainte-Anne-de-Beauport. Pour la Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beauport. Dossier 632976-0000-40ER-0001. Révision 00, juin 2016. 36 pages et 8 annexes : annexe A : Rapport technique des Consultants Ropars inc., annexe B : Relevé topographique, annexe C : Rapport d'inspection sous-marine, annexe D : Localisation des pieux et bollards, annexe E : Bibliographie, annexe F : Rapports de forage, annexe G : Croquis de concepts de réhabilitation, annexe H : Bathymétrie.
- Tardif, B., B. Tremblay, G. Jolicoeur et J. Labrecque (2016) Les plantes vasculaires en situation précaire au Québec. Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ). Gouvernement du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), Direction de l'expertise en biodiversité, Québec, 420 p. <http://www.cdpnq.gouv.qc.ca/pdf/plantesVasculairesWeb.pdf>.
- Valiquette, E., M. Legault et V. Harvey. 2016. État référence de la faune aquatique et de ses habitats dans le secteur du pont de l'île d'Orléans : rapport final. Première partie – Description physique et inventaires biologiques, Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, Direction de l'expertise sur la faune aquatique, Québec, xxviii + 199 p. (mffp.gouv.qc.ca/publications/faune/etat-referance-aquatique-ile-orleans.pdf)



Annexe 1

Directive du MDDELCC spécifique au projet (septembre 2016)

**DIRECTION GÉNÉRALE DE L'ÉVALUATION
ENVIRONNEMENTALE ET STRATÉGIQUE**

**DIRECTION DE L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE
DES PROJETS HYDRIQUES ET INDUSTRIELS**

**Directive pour le projet de réhabilitation
du quai de Sainte-Anne-de-Baupré
par la Corporation de développement
du quai de Sainte-Anne-de-Baupré**

Dossier 3211-02-306

Septembre 2016

***Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques***

Québec 

AVANT-PROPOS

Ce document constitue la directive du ministre du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques prévue à l'article 31.2 de la Loi sur la qualité de l'environnement (chapitre Q-2) pour les projets en milieu hydrique assujettis à la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement. Il s'adresse aux entreprises, organismes ou personnes ayant déposé un avis concernant un projet visé au paragraphe b) (dragage ou remblayage), de l'article 2 du Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement (chapitre Q-2 r. 23).

La directive du ministre indique à l'initiateur du projet la nature, la portée et l'étendue de l'étude d'impact sur l'environnement qu'il doit réaliser. Elle présente une démarche visant à fournir l'information nécessaire à l'évaluation environnementale du projet proposé et au processus d'autorisation par le gouvernement.

Cette directive présente en introduction les caractéristiques de l'étude d'impact ainsi que les exigences et les objectifs qu'elle devrait viser. Elle comprend par la suite deux parties maîtresses, soit le contenu de l'étude d'impact et sa présentation.

Pour toute information supplémentaire en ce qui a trait à la réalisation d'une étude d'impact sur l'environnement, l'initiateur de projet est invité à consulter la page « Formulaire, guides, directives sectorielles et autres documents » de la section « Évaluations environnementales » du site Web du ministre du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, où sont répertoriés des documents pouvant servir de référence lors de l'analyse des projets assujettis à la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement.

Le Ministère prévoit réviser périodiquement la directive afin d'en actualiser le contenu. À cet égard, les commentaires et suggestions des usagers sont très appréciés et seront pris en considération lors des mises à jour ultérieures. Pour tout commentaire ou demande de renseignements, veuillez communiquer avec nous à l'adresse suivante :

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

Direction générale de l'évaluation environnementale et stratégique

Édifice Marie-Guyart, 6^e étage, boîte 83

675, boulevard René-Lévesque Est

Québec (Québec) G1R 5V7

Téléphone : 418 521-3933

Télécopieur : 418 644-8222

Site Web : www.mddelcc.gouv.qc.ca

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| INTRODUCTION | 1 |
| 1. ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE | 1 |
| 2. ÉTUDE D'IMPACT | 2 |
| 3. INTÉGRATION DES OBJECTIFS DU DÉVELOPPEMENT DURABLE | 2 |
| 4. INCITATION À ADOPTER UNE DÉMARCHE DE DÉVELOPPEMENT DURABLE | 2 |
| 5. INCITATION À INTÉGRER LA PRISE EN COMPTE DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES LORS DE L'ÉLABORATION DU PROJET ET DE LA RÉALISATION DE L'ÉTUDE D'IMPACT | 3 |
| 6. INCITATION À CONSULTER LE PUBLIC ET LES COMMUNAUTÉS AUTOCHTONES AU DÉBUT DE LA PROCÉDURE | 3 |
| PARTIE I – CONTENU DE L'ÉTUDE D'IMPACT | 5 |
| 1. MISE EN CONTEXTE DU PROJET | 6 |
| 1.1 PRÉSENTATION DE L'INITIATEUR | 6 |
| 1.2 CONSULTATIONS | 6 |
| 1.3 CONTEXTE ET RAISON D'ÊTRE DU PROJET | 6 |
| 1.4 ANALYSE DES SOLUTIONS DE RECHANGE AU PROJET | 7 |
| 1.5 AMÉNAGEMENTS ET PROJETS CONNEXES | 7 |
| 2. DESCRIPTION DU MILIEU RÉCEPTEUR | 8 |
| 2.1 DÉLIMITATION DE LA ZONE D'ÉTUDE | 8 |
| 2.2 DESCRIPTION DES MILIEUX BIOPHYSIQUE ET HUMAIN | 8 |
| 3. DESCRIPTION DU PROJET ET DES VARIANTES DE RÉALISATION | 12 |
| 3.1 DÉTERMINATION DES VARIANTES | 12 |
| 3.2 SÉLECTION DE LA VARIANTE OU DES VARIANTES PERTINENTES AU PROJET | 12 |
| 3.3 DESCRIPTION DE LA VARIANTE OU DES VARIANTES SÉLECTIONNÉES | 13 |
| 4. ANALYSE DES IMPACTS DU PROJET | 15 |
| 4.1 DÉTERMINATION ET ÉVALUATION DES IMPACTS | 15 |
| 4.2 ATTÉNUATION DES IMPACTS | 18 |
| 4.3 CHOIX DE LA VARIANTE | 19 |
| 4.4 COMPENSATION DES IMPACTS RÉSIDUELS | 20 |
| 4.5 SYNTHÈSE DU PROJET | 20 |
| 5. SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE | 20 |
| 6. SUIVI ENVIRONNEMENTAL | 21 |

PARTIE II – PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE D'IMPACT.....23

1. CONSIDÉRATIONS D'ORDRE MÉTHODOLOGIQUE.....23

2. EXIGENCES RELATIVES À LA PRODUCTION DU RAPPORT.....23

3. AUTRES EXIGENCES DU MINISTÈRE.....24

FIGURE ET LISTES

FIGURE 1 : DÉMARCHE D'ÉLABORATION DE L'ÉTUDE D'IMPACT.....5

LISTE 1 : INFORMATION UTILE POUR L'EXPOSÉ DU CONTEXTE ET DE LA RAISON D'ÊTRE DU PROJET .7

LISTE 2 : PRINCIPALES COMPOSANTES DU MILIEU9

LISTE 3 : PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DU PROJET.....14

LISTE 4 : PRINCIPAUX IMPACTS DU PROJET16

INTRODUCTION

Cette introduction précise les caractéristiques fondamentales de l'évaluation environnementale et de l'étude d'impact sur l'environnement ainsi que les exigences ministérielles et gouvernementales auxquelles l'étude doit répondre, notamment l'intégration des objectifs du développement durable à la conception du projet visé. Par ailleurs, l'initiateur de projet est invité à consulter le public et les communautés autochtones concernées¹, tôt dans son processus d'élaboration de l'étude d'impact et à adopter une démarche de développement durable.

1. ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE

L'évaluation environnementale est un instrument privilégié dans la planification du développement et de l'utilisation des ressources et du territoire. Elle vise la considération des préoccupations environnementales à toutes les phases de la réalisation d'un projet, incluant sa conception, son exploitation et sa fermeture, le cas échéant. Elle aide l'initiateur à concevoir un projet plus soucieux du milieu récepteur, sans remettre en jeu sa faisabilité technique et économique.

L'évaluation environnementale prend en compte l'ensemble des composantes des milieux biophysique et humain susceptibles d'être affectées par le projet. Elle permet d'analyser et d'interpréter les relations et interactions entre les facteurs qui exercent une influence sur les écosystèmes, les ressources et la qualité de vie des individus et des collectivités. La comparaison et la sélection de variantes de réalisation du projet sont intrinsèques à la démarche d'évaluation environnementale. L'étude d'impact fait donc ressortir clairement les objectifs et les critères de sélection de la variante privilégiée par l'initiateur.

L'évaluation environnementale prend en considération les opinions, les réactions et les principales préoccupations des individus, des groupes et des collectivités. À cet égard, elle rend compte de la façon dont les diverses parties concernées ont été associées dans le processus de planification du projet et tient compte des résultats des consultations et des négociations effectuées.

L'évaluation environnementale vise à faire ressortir les enjeux associés au projet et détermine les composantes environnementales qui subiront un impact important. L'importance relative d'un impact contribue à déterminer les enjeux sur lesquels s'appuieront les choix et la prise de décision.

L'analyse environnementale effectuée par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques et le rapport du Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE), le cas échéant, contribuent aussi à éclairer la décision du gouvernement.

¹ Afin d'identifier les communautés autochtones pouvant être affectées par un projet, l'initiateur est invité à communiquer avec la Direction générale de l'évaluation environnementale et stratégique du Ministère ou avec le Secrétariat aux affaires autochtones.

2. ÉTUDE D'IMPACT

L'étude d'impact est le document qui fait état de la démarche d'évaluation environnementale de l'initiateur de projet. Elle doit faire appel aux méthodes scientifiques et satisfaire aux exigences du ministre et du gouvernement concernant l'analyse du projet, la consultation du public et des communautés autochtones concernées et la prise de décision. Elle permet de comprendre globalement le processus d'élaboration du projet. Plus précisément, elle :

- présente les caractéristiques du projet et en explique la raison d'être, compte tenu du contexte de réalisation;
- trace le portrait le plus juste possible du milieu dans lequel le projet sera réalisé et de l'évolution de ce milieu pendant et après l'implantation du projet;
- démontre l'intégration des objectifs du développement durable à la conception du projet;
- démontre comment le projet s'intègre dans le milieu en présentant l'analyse comparée des impacts des diverses variantes de réalisation;
- définit les mesures destinées à minimiser ou à éliminer les impacts négatifs sur l'environnement et à maximiser ceux qui sont susceptibles de l'améliorer, et, lorsque les impacts ne peuvent être suffisamment atténués, propose des mesures de compensation;
- propose des programmes de surveillance et de suivi pour assurer le respect des exigences gouvernementales et des engagements de l'initiateur, pour suivre l'évolution de certaines composantes du milieu affectées par la réalisation du projet et pour vérifier l'efficacité des mesures d'atténuation prévues.

3. INTÉGRATION DES OBJECTIFS DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Le développement durable vise à répondre aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs. Ses trois objectifs sont le maintien de l'intégrité de l'environnement, l'amélioration de l'équité sociale et l'amélioration de l'efficacité économique. Un projet conçu dans une telle perspective doit viser une intégration et un équilibre entre ces trois objectifs dans le processus de planification et de décision et inclure la participation des citoyens. Le projet de même que ses variantes doivent tenir compte des relations et des interactions entre les différentes composantes des écosystèmes et de la satisfaction des besoins des populations sans nuire à ceux des générations futures. De plus, l'initiateur est invité à prendre connaissance de la Loi sur le développement durable (chapitre D-8.1.1) et des seize principes énoncés dans cette loi.

4. INCITATION À ADOPTER UNE DÉMARCHE DE DÉVELOPPEMENT DURABLE

Le Ministère mise sur la responsabilisation de l'initiateur de projet pour qu'il prenne en compte les objectifs du développement durable lors de l'élaboration de son projet. Il l'encourage fortement à mettre en place des programmes de gestion responsable comprenant des objectifs concrets et mesurables en matière de protection de l'environnement, d'efficacité économique et d'équité sociale. Dans les cas où l'initiateur n'est pas visé par la Loi sur le développement durable, il est encouragé à adopter sa propre politique de développement durable. L'étude d'impact doit résumer la démarche de développement durable de l'initiateur et expliquer comment la conception du projet en tient compte.

5. INCITATION À INTÉGRER LA PRISE EN COMPTE DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES LORS DE L'ÉLABORATION DU PROJET ET DE LA RÉALISATION DE L'ÉTUDE D'IMPACT

La lutte contre les changements climatiques constitue, pour le gouvernement du Québec, un enjeu aussi prioritaire que fondamental pour l'avenir. Autant sur le plan de la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) que de l'adaptation aux changements climatiques, le ministère souhaite que l'initiateur prenne en compte les changements climatiques dès l'élaboration de son projet et lors de la réalisation de l'étude d'impact. L'analyse des solutions de rechange et des différentes variantes de réalisation, de même que l'analyse des impacts du projet devront donc être effectuées en considérant le contexte des changements climatiques. L'initiateur doit notamment évaluer la contribution du projet au bilan d'émission de GES du Québec. Il doit également évaluer les effets possibles des changements climatiques sur son projet et sur le milieu d'implantation, notamment si ces derniers sont susceptibles de moduler la nature et l'importance des impacts du projet sur l'environnement.

6. INCITATION À CONSULTER LE PUBLIC ET LES COMMUNAUTÉS AUTOCHTONES AU DÉBUT DE LA PROCÉDURE

Le Ministère encourage l'initiateur de projet à mettre à profit la capacité des citoyens et des communautés à faire valoir leurs points de vue et leurs préoccupations par rapport aux projets qui les concernent. À cet effet, le Ministère recommande à l'initiateur de projet de mettre en place un processus de consultation publique. Dans la mesure où des communautés autochtones pourraient être affectées par un projet, le Ministère recommande la mise en place d'un processus distinct permettant à ces dernières de faire valoir les préoccupations particulières qu'elles pourraient avoir en lien avec le projet.

Plus concrètement, le Ministère incite fortement l'initiateur de projet à adopter des plans de communication en ce qui a trait à son projet, à débiter le processus de consultation publique ainsi que le processus de consultation autochtone, le cas échéant, avant ou dès le dépôt de l'avis de projet et à y associer toutes les parties concernées, tant les individus, les groupes et les communautés que les ministères et autres organismes publics et parapublics. Il est utile d'amorcer la consultation le plus tôt possible dans le processus de planification des projets pour que les opinions des parties intéressées puissent exercer une réelle influence sur les questions à étudier, les enjeux à documenter, les choix et les prises de décision. Plus la consultation intervient tôt dans le processus qui mène à une décision, plus grande est l'influence des citoyens et des communautés autochtones sur l'ensemble du projet et nécessairement, plus le projet risque d'être acceptable socialement.

Rappelons que l'obligation de consulter et, s'il y a lieu, d'accommoder les communautés autochtones incombe au gouvernement du Québec, bien que certains aspects procéduraux de la consultation puissent être délégués à des tiers. Dans ce contexte, les démarches entreprises par l'initiateur auprès des communautés autochtones ne sauraient dégager le gouvernement du Québec de ses obligations en matière de consultation. L'objectif premier de l'initiateur consiste à bien compléter son étude d'impact en documentant les usages que font les Autochtones du territoire et de ses ressources et en décrivant les impacts potentiels du projet sur ces usages.

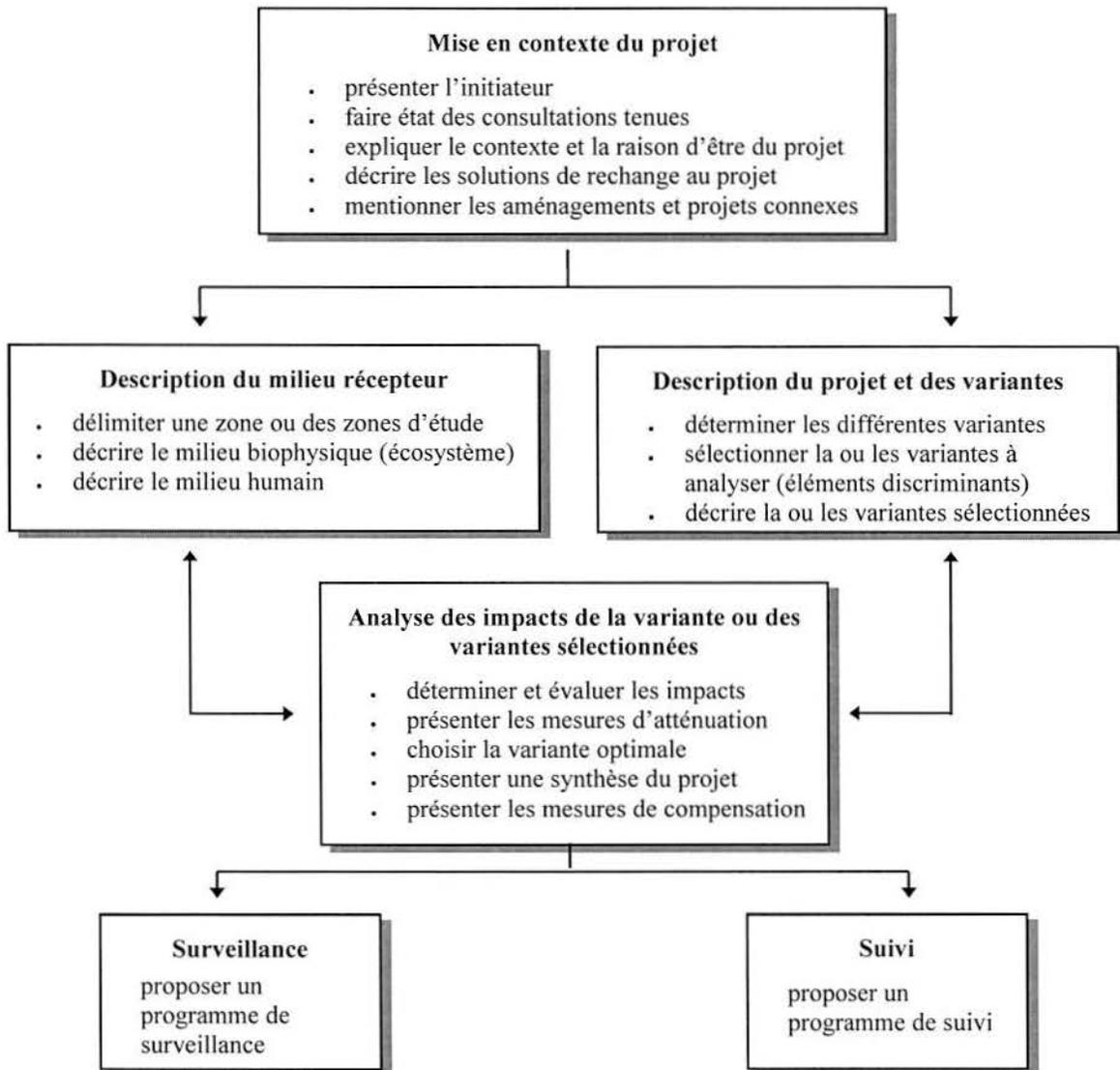
Le gouvernement du Québec peut offrir un soutien à l'initiateur de projet concernant les démarches qu'il entreprend auprès des communautés autochtones. Pour ce faire, il lui suffit de communiquer avec la Direction générale de l'évaluation environnementale et stratégique du Ministère. Des renseignements sur les Autochtones peuvent également être obtenus auprès du Secrétariat aux affaires autochtones.

PARTIE I – CONTENU DE L'ÉTUDE D'IMPACT

Le contenu de l'étude d'impact se divise en plusieurs grandes étapes : la mise en contexte du projet, la description du milieu récepteur, la description du projet et de ses variantes de réalisation, l'analyse des impacts des variantes sélectionnées et le choix de la variante optimale, puis la présentation des programmes de surveillance et de suivi.

Les flèches doubles au centre de la figure 1 montrent comment la description du milieu, celle du projet et l'analyse des impacts sont intimement liées et suggèrent une démarche itérative pour la réalisation de l'étude d'impact. L'envergure de l'étude d'impact est relative à la complexité du projet et des impacts appréhendés.

FIGURE 1 : DÉMARCHE D'ÉLABORATION DE L'ÉTUDE D'IMPACT



1. MISE EN CONTEXTE DU PROJET

Cette section de l'étude vise à connaître les éléments qui sont à l'origine du projet. Elle comprend une courte présentation de l'initiateur et de son projet, la raison d'être du projet, un exposé de son contexte d'insertion ainsi que les résultats des consultations effectuées. Elle présente les solutions de rechange envisagées et l'analyse effectuée en vue de la sélection de la solution. Elle fait aussi mention des aménagements et des projets connexes.

1.1 Présentation de l'initiateur

L'étude présente l'initiateur du projet et, s'il y a lieu, ses consultants en spécifiant leurs coordonnées. Cette présentation inclut des renseignements généraux sur l'initiateur et, le cas échéant, les grands principes de ses politiques en matière d'environnement et de développement durable.

1.2 Consultations

Si l'initiateur a tenu des consultations publiques, l'étude d'impact doit décrire le processus des consultations effectuées pour comprendre les besoins, les points de vue et les préoccupations de la population. Outre les séances publiques d'information et de consultation, l'initiateur est incité à recueillir, de la façon la plus exhaustive possible, l'ensemble des préoccupations et des points de vue des individus, des groupes et des communautés concernés par un projet au moyen de méthodes telles que des enquêtes par questionnaire, des entrevues individuelles ou de groupe, des examens de la documentation, etc.

L'étude présente donc les détails de la démarche de consultation (méthodes de consultation, mécanismes d'invitation, responsables de la consultation, règles de procédure, etc.) et les résultats obtenus. Elle doit faire état des préoccupations soulevées ou des impacts potentiels identifiés lors de ces consultations et, le cas échéant, décrire les ajustements apportés au projet au cours des phases de planification ou les mesures d'atténuation prévues au regard de ces préoccupations ou impacts. L'étude doit aussi faire ressortir les principales résistances ou contraintes économiques, sociales et environnementales dont l'initiateur a dû tenir compte dans la planification du projet. Enfin, l'étude d'impact indique, s'il y a lieu, les éléments de préoccupations des individus, groupes ou communautés consultés auxquels l'initiateur n'a pu répondre.

Si l'initiateur a tenu des consultations auprès de communautés autochtones, l'étude d'impact doit de plus documenter la fréquentation et l'utilisation du territoire à l'étude par ces dernières, sur la base des informations disponibles ou de celles recueillies lors des consultations. Il est à noter qu'aucun renseignement obtenu d'une communauté sous réserve de la confidentialité ne doit figurer à l'étude d'impact.

1.3 Contexte et raison d'être du projet

L'étude présente les coordonnées géographiques du projet et ses principales caractéristiques techniques, telles qu'elles apparaissent au stade initial de sa planification. Elle expose son contexte d'insertion et sa raison d'être. À cet égard, elle décrit la situation actuelle dans le secteur d'activité, énonce les objectifs liés au projet, explique les problèmes ou besoins motivant le projet et présente les contraintes ou exigences liées à sa réalisation.

L'exposé du contexte d'insertion et de la raison d'être du projet doit permettre d'en dégager les enjeux environnementaux, sociaux et économiques, en tenant compte des contraintes techniques, à l'échelle locale et régionale, de même que nationale et internationale, s'il y a lieu. La liste 1 énumère les principaux aspects à considérer dans cet exposé.

LISTE 1 : INFORMATION UTILE POUR L'EXPOSÉ DU CONTEXTE ET DE LA RAISON D'ÊTRE DU PROJET

- L'état de situation : historique du projet, besoins à combler, problèmes à résoudre dont en cas de dragage, les causes de l'accumulation des sédiments et en cas d'érosion, les causes de cette érosion;
- les objectifs liés au projet;
- l'identification et la localisation des infrastructures existantes;
- les aspects favorables ou défavorables du projet par rapport aux problèmes ou besoins identifiés et aux objectifs poursuivis (avantages et inconvénients);
- les intérêts et les principales préoccupations des diverses parties concernées;
- les contraintes environnementales, sociales et économiques majeures;
- les exigences techniques et économiques concernant l'implantation et l'exploitation du projet, notamment en termes d'importance et de calendrier de réalisation;
- la liste des permis, droits et autorisations nécessaires à la réalisation du projet, en se référant aux lois et règlements du Québec et du Canada;
- les politiques et les grandes orientations gouvernementales en matière d'environnement, de gestion des ressources, d'énergie, de tourisme, de sécurité publique, etc.;
- les ententes avec les communautés autochtones, s'il y a lieu;
- les principaux enjeux perçus par l'initiateur.

1.4 Analyse des solutions de rechange au projet

L'étude d'impact présente sommairement les solutions de rechange au projet y compris l'éventualité de sa non-réalisation ou de son report et, le cas échéant, toute solution proposée lors des consultations effectuées par l'initiateur. Le choix de la solution retenue doit être effectué en fonction des objectifs poursuivis et des enjeux environnementaux, sociaux et économiques, tout en tenant compte des contraintes techniques. Pour ce faire, l'étude présente le raisonnement et les critères utilisés pour en arriver à ce choix. Ces critères doivent notamment permettre de vérifier la réponse aux besoins identifiés et l'attention portée aux objectifs du développement durable.

1.5 Aménagements et projets connexes

L'étude d'impact fait mention de tout aménagement existant ou de tout autre projet, en cours de planification ou d'exécution, susceptible d'influencer la conception ou les impacts du projet proposé. Les renseignements sur ces aménagements et projets doivent permettre de déterminer les interactions potentielles avec le projet proposé.

2. DESCRIPTION DU MILIEU RÉCEPTEUR

Cette section de l'étude d'impact comprend la délimitation d'une ou de plusieurs zones d'étude ainsi que la description des composantes des milieux biophysique et humain pertinentes au projet.

2.1 Délimitation de la zone d'étude

L'étude d'impact détermine une zone d'étude et en justifie les limites. La portion du territoire englobée par cette zone doit être suffisante pour couvrir l'ensemble des activités projetées incluant, si possible, les autres éléments nécessaires à la réalisation du projet et pour circonscrire l'ensemble des effets directs et indirects du projet sur les milieux biophysique et humain. De plus, la zone d'étude doit englober les lieux de dépôt aquatique ou terrestre des sédiments dragués, ainsi que les secteurs influencés par la dispersion des sédiments dans l'eau lors du dragage, du remblayage ainsi que du transport et du rejet des sédiments. Elle englobe les secteurs utilisés comme banc d'emprunt dans le cas de remblayages. Si nécessaire, la zone d'étude peut être composée de différentes aires délimitées selon les impacts étudiés.

2.2 Description des milieux biophysique et humain

Cette section comprend la description des composantes des milieux biophysique et humain des différentes zones d'étude présentées selon une approche écosystémique.

La description des grands écosystèmes peut s'inspirer du Cadre écologique de référence du Québec, qu'on peut consulter sur le site Web du Ministère. La description comprend les facteurs géologique, topographique, hydrologique et climatique qui conditionnent l'écosystème ainsi que les principales espèces constituant l'écosystème en fonction de leur cycle vital (migration, alimentation, reproduction et protection). Cette description comprend également une analyse de l'importance de chaque écosystème répertorié en fonction notamment de sa valeur sur les plans écologique et social et de son degré de vulnérabilité et d'unicité.

La description des écosystèmes est basée sur une revue de la littérature scientifique et de l'information disponible chez les organismes gouvernementaux, municipaux, autochtones ou autres. Si cette information n'est pas disponible ou si elle n'est plus représentative du milieu, l'initiateur réalise des inventaires en utilisant des méthodes scientifiques éprouvées qui prennent en compte notamment, le cycle de vie et les habitudes des espèces susceptibles d'être rencontrées. La description des inventaires doit inclure les renseignements nécessaires à leur compréhension et à leur interprétation (dates d'inventaire, auteur(s), méthodes utilisées, références scientifiques, plans d'échantillonnage, etc.). Dans le cas des espèces menacées ou vulnérables, cette information et les résultats détaillés, incluant les données brutes, doivent être présentés dans un document séparé et confidentiel.

Pour les projets nécessitant du dragage, l'initiateur doit faire approuver par le Ministère son programme de caractérisation des sédiments, comprenant le choix des paramètres, des méthodes d'échantillonnage et des méthodes d'analyse, avant sa réalisation. Ce programme doit être

conforme au guide d'échantillonnage des sédiments du Saint-Laurent pour les projets de dragage et de génie maritime².

L'étude d'impact doit comprendre une cartographie de la zone d'étude présentant, notamment, les composantes des écosystèmes identifiés, les habitats fauniques définis selon le Règlement sur les habitats fauniques (chapitre C-61.1, r. 18) ainsi que toute aire protégée en vertu de ses caractéristiques.

La description du milieu humain présente les principales caractéristiques sociales et culturelles des communautés locales concernées par le projet, dont les communautés autochtones, les relations entre ces communautés et le milieu naturel, l'usage qu'elles font des différents éléments du milieu, en tenant compte des valeurs sociales, culturelles et économiques qu'elles y attribuent, leurs perceptions à l'égard du projet, ainsi que les renseignements pertinents relatifs à l'état de santé de la population locale.

La liste 2 énumère, à titre indicatif, les principales composantes susceptibles d'être décrites dans l'étude d'impact. Cette description doit être axée sur les composantes pertinentes en ce qui concerne les enjeux majeurs appréhendés et les impacts significatifs du projet et ne doit contenir que les données nécessaires à l'analyse des impacts. Ces composantes doivent être présentées en fonction des liens qui les unissent pour former l'écosystème. La sélection des composantes à étudier et la portée de leur description doivent également correspondre à leur importance ou à leur valeur dans le milieu. L'étude précise les raisons et les critères justifiant le choix des composantes à prendre en considération.

LISTE 2 : PRINCIPALES COMPOSANTES DU MILIEU

Milieu biophysique

- Le relief, le drainage, la nature des sols et des dépôts de surface, la lithologie de même que les zones sensibles à l'érosion et aux mouvements de terrain;
- le réseau hydrographique du bassin versant des cours d'eau et plans d'eau concernés ainsi que le profil en long et les niveaux de l'eau (en crue, en étiage et en condition moyenne) pour les secteurs des cours d'eau directement touchés par le projet;
- le régime hydrologique, incluant le débit module des cours d'eau, les débits moyens journaliers et mensuels, les débits d'étiage et de crue et le cas échéant, les caractéristiques de la marée;
- la bathymétrie et les conditions hydrauliques (courants en surface et au fond);
- le régime sédimentologique dont les zones d'apport (érosion), le transport des sédiments et les zones d'accumulation, tout particulièrement dans les secteurs des travaux de dragage et de remblayage et des lieux potentiels de dépôt de sédiments en milieu aquatique;
- le régime des glaces incluant le frasil, la formation du couvert de glace et des embâcles et la débâcle;

² Environnement Canada (2002), *Guide d'échantillonnage des sédiments du Saint-Laurent pour les projets de dragage et de génie maritime, volumes 1 et 2.*

- les caractéristiques physicochimiques de l'eau des cours d'eau touchés sur une base annuelle;
- le littoral, les rives, les milieux humides (marais, marécages, tourbières, etc.) et les zones inondables actuelles et futures;
- la caractérisation physicochimique des sédiments à draguer et leur toxicité, si nécessaire, par le moyen d'essais de toxicité;
- la caractérisation des sols dans le secteur des travaux d'excavation en milieux terrestre et riverain, avec une description de leurs usages passés;
- la topographie, le drainage, la géologie et l'hydrogéologie dans le secteur des sites potentiels de dépôt de sédiments ou de sols en milieu terrestre à l'exception des sites déjà autorisés par le Ministère;
- la végétation, en indiquant la présence de peuplements fragiles ou exceptionnels;
- les espèces fauniques et floristiques et leurs habitats (cycles annuels et habitudes migratoires), en accordant une attention particulière aux espèces menacées ou vulnérables ou susceptibles d'être ainsi désignées, aux espèces exotiques envahissantes, de même qu'aux espèces revêtant une importance spécifique sur le plan social, économique, culturel ou scientifique;
- s'il y a lieu, les connaissances identifiées par les communautés locales ou autochtones, contribuant à mieux caractériser le milieu biophysique, sous réserve des ententes de confidentialité conclues avec ces dernières.

Milieu humain

- Les principales caractéristiques sociales et culturelles de la population concernée :
 - le profil démographique : la proportion d'hommes et de femmes, les catégories d'âge, la présence de communautés autochtones, les perspectives démographiques de la population concernée et les comparaisons avec d'autres communautés ou régions, la présence de groupes vulnérables ou potentiellement vulnérables (notamment au plan de la santé physique et mentale et/ou des caractéristiques socioéconomiques),
 - le contexte culturel : la culture réfère à un ensemble de valeurs, d'intérêts et de comportements qui sont partagés par les membres d'un groupe, d'une communauté ou d'une société et qui les distinguent par rapport à d'autres groupes (ex. : mode de vie, activités traditionnelles, solidarité, etc.),
 - la situation économique et les perspectives de développement : les taux d'activité, d'inactivité et de chômage, ainsi que les principaux secteurs d'activités (agriculture, forêt, industries, commerces, services, tourisme, chasse et pêche, etc.) et l'information particulière pertinente du milieu relative à la formation et à l'emploi. Ces données pourront être comparées à d'autres communautés ou régions. Les perspectives de la formation et de l'emploi doivent également être prises en compte,
 - la cohésion sociale (stabilité et force des liens sociaux à l'intérieur d'un groupe donné ou d'une communauté, elle peut aussi être illustrée par le sentiment d'appartenance à sa communauté);
- les préoccupations, opinions et réactions des individus, des groupes et des communautés et, plus particulièrement, ceux et celles directement mises en cause, et les consultations effectuées par l'initiateur;

- l'utilisation actuelle et prévue du territoire et de ses ressources en se référant aux lois, règlements, politiques, orientations, schémas et plans provinciaux, régionaux et municipaux de développement et d'aménagement, de même qu'aux traités et ententes de nature publique conclues entre les gouvernements et les communautés autochtones :
 - les périmètres d'urbanisation, les concentrations d'habitations, les zones urbaines, les projets de construction domiciliaire et de lotissement,
 - les zones commerciales, industrielles et autres, ainsi que les projets de développement,
 - les zones et les activités agricoles (bâtiments, ouvrages, cultures, élevages, etc.), le captage de l'eau aux fins de production, le drainage aux fins de contrôle de la nappe phréatique et la structure cadastrale,
 - les zones de pêche commerciale,
 - le milieu forestier, les aires sylvicoles et acéricoles,
 - les zones de villégiature, les activités récréatives et les équipements récréatifs existants et projetés (zones d'exploitation contrôlée, pourvoiries de chasse et pêche, terrains de golf, terrains de camping, pistes cyclables, parcs publics, sentiers de motoneige et de moto quad, etc.),
 - les aires protégées (exemples : parc national et réserve écologique) vouées à la protection et à la conservation,
 - les aires présentant un intérêt en raison de leurs aspects récréatifs, esthétiques, historiques, éducatifs et culturels,
 - les infrastructures de transport et de services publics (routes, systèmes de transport terrestre guidés, chemins de fer, aéroports, lignes électriques, aqueducs, égouts, gazoducs, oléoducs, sites d'enfouissement, etc.),
 - les infrastructures communautaires et institutionnelles (hôpitaux, écoles, garderies, etc.),
 - les sources d'alimentation en eau potable en identifiant les ouvrages de captage d'eau de surface, les puits privés, les puits alimentant plus de vingt personnes, les puits municipaux et autres, ainsi que les aires d'alimentation et de protection autour de ces ouvrages,
 - la navigation dans la zone d'étude (type, densité, déplacements, etc.),
 - les terres des réserves indiennes, les établissements indiens, les réserves à castor et les camps autochtones,
 - les territoires traditionnels autochtones tel qu'identifiés aux traités ou aux ententes publiques conclues entre les gouvernements et les communautés autochtones, ou encore ceux faisant l'objet de négociations territoriales globales entre les gouvernements du Canada et du Québec et des communautés autochtones,
 - l'usage des terres et des ressources par les communautés autochtones à des fins alimentaires, domestiques, rituelles ou sociales (chasse, pêche, piégeage, collecte de plantes médicinales, utilisation de sites sacrés, etc.);
- le patrimoine archéologique terrestre et submergé : les sites (y compris les sépultures et les sites paléontologiques), les secteurs et les zones à potentiel archéologique. Ces éléments doivent être déterminés dans le cadre d'une étude de potentiel; celle-ci pourra être suivie d'un inventaire et d'une fouille sur le terrain, si nécessaire;
- le patrimoine culturel, bâti et paysager : les immeubles et les secteurs patrimoniaux, les monuments et sites historiques, les arrondissements historiques et naturels, etc. Ces éléments

doivent être déterminés notamment par une documentation photographique qui permet d'évaluer l'impact visuel du projet;

- les paysages, incluant les éléments et ensembles visuels d'intérêt local ou touristique, et les points de repère permettant de représenter le milieu.

3. DESCRIPTION DU PROJET ET DES VARIANTES DE RÉALISATION

Cette section de l'étude comprend la détermination des variantes de réalisation, la sélection, à l'aide de paramètres discriminants, de la variante ou des variantes sur lesquelles portera l'analyse détaillée des impacts et enfin, la description de la ou des variantes sélectionnées.

3.1 Détermination des variantes

L'étude d'impact présente les différentes variantes de la solution choisie pour répondre aux problèmes ou aux besoins à l'origine d'un projet, en considérant, le cas échéant, celles qui ont été proposées lors des consultations effectuées par l'initiateur. Les variantes proposées doivent refléter les enjeux majeurs associés à la réalisation du projet et aux préoccupations exprimées par la population. Elles doivent prendre en compte les besoins à combler, la préservation de la qualité de l'environnement ainsi que l'amélioration de l'efficacité économique et de l'équité sociale. De plus, elles doivent être analysées en prenant en compte le potentiel d'émission de gaz à effet de serre, l'impact que pourrait avoir les changements climatiques ainsi qu'en fonction des stratégies d'adaptation aux changements climatiques réalisables. La proposition d'une variante peut être motivée, par exemple, par le souci d'éviter, de réduire ou de limiter :

- l'empreinte du projet sur le milieu aquatique ou sur le milieu terrestre qui pourrait limiter d'autres usages existants ou potentiels;
- la détérioration ou la perte d'habitat pouvant affecter la biodiversité du milieu;
- la perte de milieux exceptionnels;
- le recours au dynamitage;
- l'enrochement ou l'artificialisation des rives;
- les zones à risque de glissement de terrain et d'érosion des berges;
- la détérioration de la qualité de vie des communautés avoisinantes;
- les coûts de construction et d'exploitation du projet;
- la répartition inéquitable des impacts et des bénéfices du projet pour la population.

De plus, chaque variante sélectionnée doit répondre, au moins en bonne partie, aux problèmes ou besoins identifiés, être faisable sur les plans juridique et technique (tenure des terres, zonage, topographie, ouvrages d'art, disponibilité de la main-d'œuvre, etc.) et également être réalisable à des coûts ne compromettant pas la rentabilité économique du projet. Les variantes sélectionnées doivent viser à limiter l'ampleur des impacts négatifs sur les milieux biophysique et humain, en plus de maximiser les retombées positives.

3.2 Sélection de la variante ou des variantes pertinentes au projet

L'étude présente une comparaison des variantes présélectionnées en vue de retenir la ou les variantes qui se démarquent des autres. L'étude présente le raisonnement et les critères utilisés

pour arriver au choix des variantes retenues. Ces critères doivent notamment permettre de vérifier la réponse aux éléments identifiés dans la raison d'être du projet et l'attention portée aux objectifs du développement durable. De plus, la considération des changements climatiques peut s'avérer déterminante dans le processus de sélection de la ou des variantes, notamment pour répondre aux objectifs de réduction des GES et d'adaptation aux changements climatiques.

Pour la sélection des variantes, l'initiateur est notamment tenu de respecter les principes environnementaux suivants (outre les aspects réglementés) :

- la destruction d'habitats en milieux hydrique ou humide doit d'abord être évitée, sinon minimisée ou, en dernier recours, compensée;
- le dragage ou le remblayage en milieu aquatique ne peuvent être autorisés qu'en cas d'absolue nécessité et doivent être réduits, autant que possible, en termes de volume et de récurrence;
- le taux de sédimentation doit être minimisé afin de réduire la fréquence et l'importance des dragages d'entretien;
- les dynamitages en milieu aquatique doivent être limités au strict minimum;
- la gestion des sédiments contaminés doit respecter les Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec et le cadre d'application : prévention, dragage et restauration;
- lors de l'analyse des options de gestion des sédiments dragués, la valorisation des sédiments doit être privilégiée (aménagements fauniques, matières résiduelles fertilisantes, etc.);
- la gestion des sols et des sédiments en milieu terrestre doit respecter la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés;
- lorsque la situation le permet, l'utilisation des techniques de stabilisation les plus susceptibles de permettre l'implantation de végétation naturelle doit être favorisée;
- la perte de milieux d'intérêt pour les collectivités concernées doit être minimisée;
- le projet doit respecter les normes et mesures de sécurité de la navigation lors de la réalisation des travaux.

3.3 Description de la variante ou des variantes sélectionnées

L'étude décrit l'ensemble des caractéristiques connues et prévisibles associées à la variante sélectionnée ou, le cas échéant, à chacune des variantes retenues pour l'analyse détaillée des impacts. Cette description comprend les activités, les aménagements, les travaux et les équipements prévus, pendant les différentes phases de réalisation du projet, de même que les installations et les infrastructures temporaires, permanentes et connexes. Elle présente aussi une estimation des coûts de chaque variante et fournit le calendrier de réalisation.

La liste 3 énumère les principales caractéristiques qui peuvent être décrites. Cette liste n'est pas nécessairement exhaustive et l'initiateur est tenu d'y ajouter tout autre élément pertinent. Le choix des éléments à considérer dépend largement de la dimension et de la nature du projet ainsi que du contexte d'insertion de chaque variante dans son milieu récepteur.

LISTE 3 : PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DU PROJET

- Le plan d’ensemble des composantes du projet à une échelle appropriée qui montre les ouvrages déjà en place;
- les coordonnées géographiques précises des principales composantes;
- le zonage, le plan d’affectation des terres publiques, la localisation cadastrale en vigueur des terrains touchés (lots, rangs, cantons, cadastre de paroisse, etc. et lots du cadastre du Québec en territoire rénové) et les municipalités touchées. Dans le cas des terres publiques, la localisation doit être effectuée au cadastre en vigueur (lots, rangs, cantons, cadastre de paroisse, etc. et lots du cadastre du Québec en territoire rénové) et, en son absence, à l’arpentage primitif, et le droit de propriété confirmé selon l’inscription au Registre du domaine de l’État;
- le statut de propriété des terrains (terrains municipaux, parcs provinciaux ou fédéraux, réserves, propriétés privées, etc.), les droits de propriété et d’usage accordés (ou les démarches requises ou entreprises afin de les acquérir), les droits de passage et les servitudes;
- une représentation de l’ensemble des aménagements et ouvrages prévus (plan en perspective, simulation visuelle, etc.), en incluant, si possible, une photographie aérienne récente du secteur;
- les activités en milieux aquatique, terrestre et riverain, y compris :
 - le dragage (superficie, volume, fréquence, méthodes),
 - le remblayage (superficie, volumes, caractéristiques, provenance et acheminement des matériaux utilisés, entreposage temporaire),
 - le dynamitage,
 - la gestion du panache de dispersion anticipé par la mise en suspension des sédiments aux lieux de dragage et de rejet en eau libre, le cas échéant, comprenant notamment les mesures d’atténuation de cette mise en suspension,
 - l’assèchement de parties de cours ou de plan d’eau,
 - le déboisement et le défrichage en berge;
- le transport, l’assèchement et la valorisation des sédiments dragués, notamment :
 - la gestion des sédiments dragués (transport, dépôt en milieu aquatique ou terrestre, confinement, consolidation de berge, aménagement d’habitat, etc.) et les méthodes prévues pour le traitement des ces sédiments, le cas échéant (décontamination, assèchement, etc.),
 - les sites pour l’assèchement des sédiments en milieu terrestre, s’il y a lieu,
 - les lieux de dépôt définitif des sédiments en milieu aquatique ou terrestre;
- la gestion des eaux de ruissellement et les eaux de drainage (collecte, contrôle, dérivation, confinement);
- le déplacement ou le démantèlement de bâtiments et d’autres structures ou infrastructures (prise d’eau, conduite et émissaire d’eaux usées);
- la démolition et l’enlèvement du béton, de la ferraille ou autre, incluant la gestion sécuritaire des matériaux de démolition contaminés;

- la mise en place et l'exploitation des installations et infrastructures nécessaires à la construction des ouvrages :
 - les aires de travail,
 - les systèmes de traitement des eaux de pompage,
 - les ouvrages de dérivation des eaux (digues, batardeaux, etc.),
 - les routes d'accès,
 - les parcs pour la machinerie et les équipements,
 - les aires de réception, de manutention et d'entreposage des matériaux;
- les activités et les modes d'exploitation si applicables, incluant :
 - l'entretien des ouvrages, des aménagements et des installations,
 - les dragages d'entretien (volume et fréquence),
 - l'élimination des sédiments;
- le calendrier de réalisation (dates de début et de fin et séquence généralement suivie);
- la main-d'œuvre requise et les horaires quotidiens de travail, selon les phases du projet;
- l'entretien des ouvrages, des aménagements et des installations, y compris, les dragages d'entretien (superficie, volume, fréquence basée sur le bilan sédimentaire du plan d'eau, méthodes et gestion des sédiments dragués);
- les installations et infrastructures connexes (installations portuaires ou aéroportuaires, garages, réservoirs de produits pétroliers, stationnements, bureaux, installations sanitaires, etc.);
- les coûts estimatifs du projet et de ses variantes, incluant les coûts d'entretien des ouvrages.

4. ANALYSE DES IMPACTS DU PROJET

Cette section porte sur la détermination et l'évaluation des impacts des variantes sélectionnées ou, le cas échéant, de la variante retenue, au cours des différentes phases de réalisation; elle porte également sur la proposition de mesures destinées à atténuer ou à éliminer les impacts négatifs ou à compenser les impacts résiduels inévitables. De plus, cette section comporte, pour les cas où l'analyse des impacts porte sur plus d'une variante, une comparaison des variantes sélectionnées en vue du choix de la variante optimale.

4.1 Détermination et évaluation des impacts

L'initiateur détermine les impacts de la variante ou des variantes sélectionnées, pendant les phases de préparation, de construction et d'exploitation, et en évalue l'importance en utilisant une méthode et des critères appropriés. Il considère les impacts positifs et négatifs, directs et indirects sur l'environnement et, le cas échéant, les impacts cumulatifs, synergiques, différés et irréversibles liés à la réalisation du projet.

L'évaluation de l'importance d'un impact dépend d'abord du changement subi par les composantes environnementales affectées. Ainsi, plus un impact est étendu, fréquent, durable ou intense, plus il sera important. L'impact doit être localisé à l'échelle de la zone d'étude, de la région ou de la province (par exemple, une perte de biodiversité).

En ce qui concerne les impacts sur le milieu humain, ceux-ci peuvent varier d'intensité en fonction des communautés ou des groupes concernés par le projet. Ces différences peuvent s'expliquer par l'influence de plusieurs facteurs individuels ou collectifs, notamment les déterminants de la santé, l'acceptabilité sociale et la perception des risques, lesquels peuvent être pris en considération lors de l'évaluation des impacts sociaux du projet.³

L'évaluation de l'importance d'un impact dépend aussi de la composante affectée, c'est-à-dire de sa valeur intrinsèque pour l'écosystème (sensibilité, unicité, rareté, réversibilité), de même que des valeurs sociales, culturelles, économiques et esthétiques attribuées à ces composantes par la population. Ainsi, plus une composante de l'écosystème est valorisée par la population, plus l'impact sur cette composante risque d'être important. Les préoccupations fondamentales de la population, notamment lorsque des éléments du projet constituent un danger pour la santé ou la sécurité ou présentent une menace pour le patrimoine culturel et archéologique terrestre et submergé, influencent aussi cette évaluation. De plus, l'étude mentionne, le cas échéant, la reconnaissance formelle de la composante par un statut particulier qui lui a été attribué.

Alors que la détermination des impacts se base sur des faits appréhendés, leur évaluation renferme un jugement de valeur. Cette évaluation peut non seulement aider à établir des seuils ou des niveaux d'acceptabilité, mais également permettre de déterminer les critères d'atténuation des impacts ou les besoins en matière de surveillance et de suivi.

L'étude décrit la méthode retenue, de même que les incertitudes ou les biais qui s'y rattachent. Les méthodes et techniques utilisées doivent être objectives, concrètes et reproductibles. Le lecteur doit pouvoir suivre facilement le raisonnement de l'initiateur pour déterminer et évaluer les impacts. À tout le moins, l'étude présente un outil de contrôle pour mettre en relation les activités du projet et la présence des ouvrages avec les composantes du milieu. Il peut s'agir de tableaux synoptiques, de listes de vérification ou de fiches d'impact. La mise en œuvre de mécanismes de participation citoyenne et la consultation de la littérature existante spécifique au type de projet (dont les études d'impacts de projets similaires) sont également des moyens qui peuvent être utilisés pour identifier et évaluer les impacts potentiels en fonction des différentes étapes du projet.

La liste 4 propose une énumération sommaire des impacts et des éléments auxquels l'initiateur doit porter attention dans l'étude d'impact.

LISTE 4 : PRINCIPAUX IMPACTS DU PROJET

Milieu biophysique

- Les perturbations des milieux aquatique et humide causées par les activités de dragage, de creusement ou de remblayage et l'assèchement temporaire de parties de cours d'eau :
 - les superficies d'habitats naturels affectées directement par les travaux de dragage, de creusement ou de remblayage dans le milieu aquatique,
 - les effets de la remise en suspension de sédiments dans l'eau (habitat aquatique, prise d'eau potable, etc.),

³ Pour en savoir plus sur ces facteurs et sur l'évaluation des impacts sociaux (rôles, objectifs, définitions, procédure, méthodes, etc.), l'initiateur de projet est invité à consulter le document intitulé : *Guide de soutien destiné au réseau de la santé : l'évaluation des impacts sociaux en environnement*, disponible sur le site Web du Ministère.

- les effets sur la contamination du milieu par la remise en suspension de sédiments contaminés, le cas échéant;
- les effets du ruissellement ou du drainage sur la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines (particulièrement pour l'eau potable);
- l'érosion des rives et des berges;
- les effets de la modification des conditions hydrodynamiques (vitesse et distribution des courants), du régime des glaces et du régime thermique;
- les effets de la modification du régime sédimentologique;
- les effets sur la végétation, la faune et ses habitats, les espèces menacées ou vulnérables ou susceptibles d'être ainsi désignées, ou encore sur les espèces revêtant une importance spécifique sur le plan social, économique, culturel ou scientifique;
- les effets des programmes d'entretien et d'inspection sur le maintien des écosystèmes présents en amont et en aval ainsi que sur les différentes mesures d'atténuation et de compensation mises en place pendant la construction ou l'exploitation du projet;
- la perte de biodiversité du milieu;
- les effets du projet sur les grands enjeux de nature atmosphérique, notamment sur les changements climatiques et le bilan des GES.

Milieu humain

- Les impacts sociaux de l'ensemble du projet, notamment les changements potentiels du profil démographique, du profil culturel et de la situation économique de la population concernée. Ces changements peuvent affecter la réalisation des activités de la vie quotidienne (vie communautaire, emploi, utilisation du territoire, éducation, sports et loisirs, relations sociales, déplacements, habitation, etc.) ou la qualité de vie par la perte d'espaces naturels ou récréatifs;
- les impacts potentiels sur la santé publique en considérant notamment les concentrations ou charges de contaminants (dans l'eau, l'air et, le cas échéant, les sols) auxquelles la population pourrait être exposée. Ces impacts sont estimés en fonction de critères basés sur des considérations de santé publique en tenant compte du bruit de fond existant dans le milieu récepteur. En ce qui concerne les risques pour la santé publique, un niveau approprié d'analyse doit être utilisé. Si des préoccupations particulières sont exprimées, des études supplémentaires, telle une évaluation de risque complète, peuvent être demandées afin de caractériser le risque avec plus d'exactitude;
- les nuisances causées par le bruit ou les poussières pendant la période de construction et les inconvénients reliés à la circulation routière durant les travaux (déviation, congestion, etc.);
- les impacts sur l'accessibilité et l'utilisation actuelle et prévue du territoire et des ressources, notamment sur les activités culturelles, récréatives, touristiques et commerciales, les activités agricoles, les activités de chasse, de pêche ou de piégeage, et la villégiature;
- les impacts sur les usages de l'eau, notamment les prélèvements d'eau et la navigation;
- les impacts sur l'exploitation et la gestion des aménagements portuaires existants;
- les impacts sur les affectations du territoire inscrites au schéma d'aménagement, notamment les aires protégées;

- les impacts sur les infrastructures de services publics, communautaires et institutionnels, actuelles et projetées, telles que les routes, les lignes et les postes électriques, les prises d'eau, les hôpitaux, les parcs et les autres sites naturels, les pistes cyclables et les autres équipements récréatifs, les services de protection publique, etc.;
- les effets anticipés sur la vocation agricole et forestière du territoire adjacent au projet, les cultures, les animaux de ferme;
- les retombées économiques locales et régionales associées à la réalisation du projet ou du programme. Les impacts économiques peuvent comprendre les prix et salaires, les possibilités d'emploi ou de contrats au niveau local et régional, la répartition des revenus, le développement de services connexes, la valeur des terres et des propriétés, la base de taxation et les revenus des gouvernements locaux;
- les impacts sur les communautés autochtones, notamment sur la pratique des activités traditionnelles à des fins alimentaires, domestiques, rituelles ou sociales (chasse, pêche, piégeage, collecte de plantes médicinales, utilisation de sites sacrés, etc.);
- les impacts sur la cohésion sociale (tensions et conflits sociaux suscités par le projet ou, à l'inverse, renforcement des liens sociaux par la mobilisation communautaire) et les conséquences psychosociales associées à ce type d'impacts (sentiments de colère, de fierté, d'impuissance, d'insécurité, d'isolement, etc.);
- les impacts sur le patrimoine archéologique terrestre ou submergé : les sites (y compris les sépultures et les sites paléontologiques), les secteurs et les zones à potentiel archéologique;
- les impacts sur le patrimoine culturel, bâti et paysager : les sites, immeubles et monuments d'intérêt historique et culturel, les lieux sacrés et les sites d'utilisation communautaire;
- les effets sur l'environnement visuel (introduction de nouveaux éléments dans le champ visuel et changement de la qualité esthétique du paysage).

4.2 Atténuation des impacts

L'atténuation des impacts vise la meilleure intégration possible du projet aux milieux biophysique et humain. À cet égard, l'étude précise les mesures prévues aux différentes phases de réalisation pour éliminer les impacts négatifs associés au projet ou pour réduire leur intensité, de même que les mesures prévues pour favoriser ou maximiser les impacts positifs. L'étude présente une évaluation de l'efficacité des mesures d'atténuation proposées et fournit une estimation de leurs coûts.

Les mesures d'atténuation suivantes peuvent, par exemple, être considérées :

- le choix de la période des travaux (zones et périodes sensibles pour la faune terrestre et aquatique, pêche, récréation, etc.);
- les précautions prises pour limiter l'introduction et la propagation d'espèces exotiques envahissantes;

- les mesures d’adaptation prévues pour atténuer les impacts des changements climatiques⁴ sur le projet ou le milieu d’implantation;
- les mesures d’urgence en cas de déversement;
- l’atténuation du bruit des travaux pour les populations avoisinantes;
- le choix des itinéraires pour le transport et des horaires afin d’éviter les accidents et les nuisances (bruit, poussières, congestion aux heures de pointe, perturbation du sommeil et des périodes de repos, etc.);
- les mesures de sécurité pour les utilisateurs du plan ou du cours d’eau durant les travaux;
- l’intégration visuelle des ouvrages et infrastructures (la restauration du couvert végétal des lieux altérés et l’ajout d’aménagements ou d’équipements améliorant les aspects paysager et esthétique de la route et des zones adjacentes, en privilégiant le choix d’espèces indigènes);
- les mesures, ententes entre partenaires régionaux et clauses contractuelles visant à favoriser les retombées économiques locales ou régionales;
- la mise en place d’un système de réception et de traitement des plaintes et commentaires de la population (ex. : ligne téléphonique, site Web, registre, bureau d’information, etc.);
- la création d’un comité de suivi impliquant des citoyens; si possible fournir les renseignements suivants : nombre de membres et milieux représentés, modalités et règles de fonctionnement, mandat et rôles durant chacune des phases du projet, financement des activités, fréquence des rencontres et modes de diffusion de l’information sur les activités du comité;
- la mise en œuvre d’un programme d’information et de consultation durant les différentes phases de réalisation du projet (ex. : séances d’information, journées portes ouvertes, ateliers de discussion, communiqués de presse, site Web, etc.);
- les mesures retenues permettant d’atténuer les effets négatifs potentiels du projet sur l’utilisation du territoire et des ressources par les communautés autochtones, en précisant, s’il y a lieu, les préoccupations des communautés qui n’ont pu être résolues.

4.3 Choix de la variante

Lorsque l’analyse des impacts porte sur plus d’une variante, l’étude présente un bilan comparatif des variantes sélectionnées en vue de retenir la meilleure. L’étude présente alors les critères utilisés à l’appui du choix effectué. Tout en répondant aux besoins identifiés, la variante retenue devrait être celle qui est la plus acceptable relativement aux objectifs du développement durable, de réduction des émissions de GES et d’adaptation aux changements climatiques. Elle doit présenter des avantages par rapport aux autres variantes sur le plan de la préservation de la qualité de l’environnement et sur celui de l’amélioration de l’équité sociale et de l’efficacité économique.

⁴ Afin d’en connaître davantage sur les changements climatiques, leurs impacts appréhendés ainsi que les solutions d’adaptation à privilégier, l’initiateur de projet peut consulter les travaux d’Ouranos à l’adresse suivante : www.ouranos.ca

4.4 Compensation des impacts résiduels

À la suite du choix de la variante, l'initiateur détermine les mesures de compensation des impacts résiduels, c'est-à-dire les impacts qui subsistent après l'application des mesures d'atténuation, tant pour le milieu biophysique que pour les citoyens et les communautés touchés. La perte d'habitats en milieu aquatique ou humide pourrait notamment être compensée par la création ou l'amélioration d'habitats équivalents. Les possibilités de réutilisation des équipements ou des installations temporaires à des fins publiques ou communautaires pourraient être considérées comme mesures compensatoires, tout comme la mise en réserve pour utilisation future de certains résidus de construction tels que la végétation coupée, les matériaux de déblais ou tout autre résidu.

4.5 Synthèse du projet

L'initiateur présente une synthèse du projet en mettant l'accent sur les principaux enjeux liés à sa réalisation. Cette synthèse rappelle les modalités de réalisation du projet et le mode d'exploitation prévu. Elle présente les principaux impacts du projet et les mesures d'atténuation qui en découlent. Elle illustre de quelle manière sa réalisation répond aux besoins initialement identifiés et tient compte des objectifs du développement durable qui sont la préservation de la qualité de l'environnement, l'amélioration de l'équité sociale et l'amélioration de l'efficacité économique. Un tableau présentant l'ensemble des mesures d'atténuation et de compensation, de même que tout autre engagement, devrait également être inclus dans la synthèse.

5. SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE

La surveillance environnementale est réalisée par l'initiateur de projet et elle a pour but de s'assurer du respect :

- des mesures proposées dans l'étude d'impact, incluant les mesures d'atténuation ou de compensation;
- des conditions fixées dans le décret gouvernemental;
- des engagements de l'initiateur prévus aux autorisations ministérielles;
- des exigences relatives aux lois et aux règlements pertinents.

La surveillance environnementale concerne principalement la phase des travaux du projet. Le programme de surveillance peut permettre, si nécessaire, de réorienter les travaux et éventuellement d'améliorer le déroulement de la construction et de la mise en place des différents éléments du projet.

L'initiateur de projet doit proposer dans l'étude d'impact un programme préliminaire de surveillance environnementale. Ce programme préliminaire sera complété, le cas échéant, à la suite de l'autorisation du projet. Ce programme décrit les moyens et les mécanismes mis en place pour s'assurer du respect des exigences légales et environnementales. Il permet de vérifier le bon fonctionnement des travaux, des équipements et des installations et de surveiller toute perturbation de l'environnement causée par la réalisation et l'exploitation du projet.

Le programme de surveillance environnementale doit notamment comprendre :

- la liste des éléments nécessitant une surveillance environnementale;
- l'ensemble des mesures et des moyens envisagés pour protéger l'environnement;
- les caractéristiques du programme de surveillance, lorsque celles-ci sont prévisibles (exemples : localisation des interventions, protocoles prévus, liste des paramètres mesurés, méthodes d'analyse utilisées, échéancier de réalisation, ressources humaines et financières affectées au programme);
- un mécanisme d'intervention en cas de non-respect des exigences légales et environnementales ou des engagements de l'initiateur;
- les engagements de l'initiateur quant au dépôt des rapports de surveillance (nombre, fréquence et contenu);
- les engagements de l'initiateur de projet quant à la diffusion des résultats de la surveillance environnementale à la population concernée.

6. SUIVI ENVIRONNEMENTAL

Le suivi environnemental est effectué par l'initiateur de projet et il a pour but de vérifier, par l'expérience sur le terrain, la justesse de l'évaluation de certains impacts et l'efficacité de certaines mesures d'atténuation ou de compensation prévues à l'étude d'impact et pour lesquelles il subsiste une incertitude. Le suivi environnemental peut porter autant sur le milieu biophysique que sur le milieu humain, et notamment, sur certains indicateurs de développement durable permettant de suivre, après la réalisation du projet, l'évolution d'enjeux identifiés en cours d'analyse.

Les connaissances acquises lors des programmes de suivi environnemental antérieurs peuvent être utilisées non seulement pour améliorer les prévisions et les évaluations relatives aux impacts des nouveaux projets de même nature, mais aussi pour mettre au point des mesures d'atténuation et éventuellement réviser les normes, directives ou principes directeurs relatifs à la protection de l'environnement.

L'initiateur doit proposer dans l'étude d'impact un programme préliminaire de suivi environnemental. Ce programme préliminaire sera complété, le cas échéant, à la suite de l'autorisation du projet. Ce programme doit notamment contenir les éléments suivants :

- les raisons d'être du suivi, incluant une liste des éléments nécessitant un suivi environnemental;
- la durée minimale du programme de suivi, ses objectifs et les composantes visées par le programme (exemples : valider l'évaluation des impacts, apprécier l'efficacité des mesures d'atténuation pour les composantes biophysiques eau, air, sol, etc., ou les composantes du milieu humain, telles que l'utilisation du territoire, le paysage, les nuisances, etc.);
- le nombre d'études de suivi prévues ainsi que leurs caractéristiques principales (protocoles et méthodes scientifiques envisagés, liste des paramètres à mesurer et échéancier de réalisation projeté);
- les modalités concernant la production des rapports de suivi (nombre, fréquence et format);

- le mécanisme d'intervention mis en œuvre en cas d'observation de dégradation imprévue de l'environnement;
- les engagements de l'initiateur de projet quant à la diffusion des résultats du suivi environnemental à la population concernée.

L'initiateur de projet produit un ou des rapports de suivi conformément aux modalités du document intitulé : *Le suivi environnemental : Guide à l'intention de l'initiateur de projet* disponible sur le site Web du Ministère.

PARTIE II – PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE D'IMPACT

Cette deuxième partie de la directive présente certains éléments méthodologiques à considérer dans la préparation de l'étude d'impact ainsi que les exigences techniques relatives à la production du rapport. Elle comporte également un rappel de certaines exigences réglementaires qui pourraient s'appliquer.

1. CONSIDÉRATIONS D'ORDRE MÉTHODOLOGIQUE

L'étude d'impact doit être présentée de façon claire et concise et se limiter aux éléments pertinents à la bonne compréhension du projet et de ses impacts. Ce qui peut être schématisé ou cartographié doit l'être, et ce, à des échelles appropriées. Les méthodes et les critères utilisés doivent être présentés et expliqués en faisant mention, lorsque cela est possible, de leur fiabilité, de leur degré de précision et des limites de leur interprétation. Toute information facilitant la compréhension ou l'interprétation des données, telles les méthodes d'inventaire, devrait être fournie dans une section distincte de manière à ne pas alourdir le texte.

En ce qui concerne la description du milieu, on doit retrouver les éléments permettant d'en évaluer la qualité (localisation des stations d'inventaire et d'échantillonnage, dates d'inventaire, techniques utilisées et limitations). Les sources de renseignements doivent être données en référence. Le nom, la profession et la fonction des personnes qui ont contribué à la réalisation de l'étude d'impact doivent être indiqués. Cependant, outre pour nommer ces personnes, l'initiateur du projet est tenu de respecter les exigences de la Loi sur l'accès aux documents des organismes publics et sur la protection des renseignements personnels (chapitre A-2.1) et de la Loi sur la protection des renseignements personnels dans le secteur privé (chapitre P-39.1) et il doit éviter d'inclure de tels renseignements dans l'étude d'impact.

Autant que possible, l'information doit être synthétisée et présentée sous forme de tableau et les données (tant quantitatives que qualitatives) soumises dans l'étude d'impact doivent être analysées à la lumière de la documentation appropriée.

2. EXIGENCES RELATIVES À LA PRODUCTION DU RAPPORT

Lors du dépôt de l'étude d'impact au ministre, l'initiateur doit fournir des copies du dossier complet (article 5 du RÉEIE) en format papier et sur support informatique en format PDF (Portable Document Format), selon les indications de la lettre accompagnant la directive. Les addenda produits à la suite des questions et commentaires du Ministère doivent également être fournis en copies papier et sur support informatique. Afin de faciliter le repérage de l'information et l'analyse de l'étude d'impact, l'information comprise dans les copies sur support électronique doit être présentée comme il est décrit dans le document intitulé : *Dépôt des documents électroniques de l'initiateur de projet*, produit par le BAPE.

Puisque l'étude d'impact doit être mise à la disposition du public pour information, l'initiateur doit aussi fournir, dans un document séparé de l'étude d'impact, un résumé vulgarisé des éléments essentiels et des conclusions de cette étude (article 4 du RÉEIE), ainsi que tout autre document

nécessaire pour compléter le dossier. Ce résumé inclut un plan général du projet et un tableau ou un schéma synthétisant les impacts, les mesures d'atténuation et les impacts résiduels. L'initiateur doit fournir des copies papier du résumé tel qu'indiqué dans la lettre accompagnant la directive ainsi que des copies sur support informatique en format PDF avant que l'étude d'impact ne soit rendue publique par le ministre du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. Il tient compte également des modifications apportées à l'étude à la suite des questions et commentaires du Ministère sur la recevabilité de l'étude d'impact.

Puisque les copies électroniques de l'étude d'impact et du résumé pourront être rendues publiques sur le site Web du BAPE, l'initiateur doit également fournir une lettre attestant la concordance entre la copie papier et la copie sur support informatique de l'étude d'impact et du résumé.

Pour faciliter le repérage des documents soumis et leur codification dans les banques informatisées, la page titre de l'étude d'impact doit contenir les renseignements suivants :

- le nom du projet avec le lieu de réalisation;
- le titre du dossier incluant les termes « Étude d'impact sur l'environnement déposée au ministre du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques »;
- le sous-titre du document (par exemple : résumé, rapport principal, annexe, addenda);
- le numéro que la Direction générale de l'évaluation environnementale et stratégique a attribué au projet au moment de l'émission de la directive;
- le nom de l'initiateur;
- le nom du consultant, s'il y a lieu;
- la date.

3. AUTRES EXIGENCES DU MINISTÈRE

Lors de la demande de certificat d'autorisation selon l'article 22 de la Loi sur la qualité de l'environnement à la suite de l'autorisation du gouvernement en vertu de l'article 31.5 de la loi, l'initiateur doit également fournir les renseignements et documents énumérés aux articles 7 et 8 du Règlement relatif à l'application de la Loi sur la qualité de l'environnement (chapitre Q-2, r. 3). Si son projet est situé dans le littoral, en rive ou en zone inondable, il doit porter une attention particulière à la réglementation municipale découlant de l'application de la Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables.

Avant la réalisation du projet, le cas échéant, l'initiateur doit soumettre à la Direction de la sécurité des barrages du Ministère les plans et devis définitifs des ouvrages de retenue (barrages, digues ou autres), pour autorisation en vertu de la Loi sur la sécurité des barrages (chapitre S-3.1.01) par le ministre et pour approbation par le gouvernement en vertu de la Loi sur le régime des eaux (chapitre R-13).



Annexe 2
Rapport d'inspection et d'expertise de SNC-Lavalin (2016)



SNC • LAVALIN

Bâtisseurs d'avenir



Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré

Inspection et expertise sur l'état des infrastructures
maritimes du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré

RAPPORT

Dossier 632976-0000-40ER-0001

Révision 00

Juin 2016





SNC • LAVALIN

Bâtisseurs d'avenir

Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré

Inspection et expertise sur l'état des infrastructures
maritimes du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré

RAPPORT

Dossier 632976-0000-40ER-0001

Révision 00

Juin 2016

Préparé par :

Vérfié par :

Carol Roy, ing., M. Sc.

Michel D. Rousseau, ing., M. Sc.



Liste des modifications

| Révision | | | | Pages révisées | Remarques |
|----------|-----|------|---------|-------------------|-------------------------------|
| N° | Par | App. | Date | | |
| PA | CR | MDR | 2015-11 | Révision générale | Émis pour révision interne |
| PB | CR | MDR | 2016-05 | Révision générale | Émis pour commentaires client |
| 00 | CR | MDR | 2016-06 | Aucune | Émission finale |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Table des matières

| | | |
|------------|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1.0 | MISE EN SITUATION ET ENJEUX DU PROJET | 1 |
| 2.0 | PORTÉE DU MANDAT | 1 |
| 3.0 | MÉTHODOLOGIE | 2 |
| 4.0 | HISTORIQUE DU QUAÏ ET DESCRIPTION DU SITE | 3 |
| 4.1 | Historique du quai | 3 |
| 4.2 | Description du site | 4 |
| 4.2.1 | Digue | 5 |
| 4.2.2 | Quai | 7 |
| 5.0 | INSPECTIONS ET RELEVÉS | 8 |
| 5.1 | Digue d'approche | 8 |
| 5.1.1 | Activités effectuées | 8 |
| 5.1.2 | Inspections | 8 |
| 5.2 | Quai | 16 |
| 5.2.1 | Activités effectuées | 16 |
| 5.2.2 | Inspections | 17 |
| 5.2.3 | Inspections sous-marines | 26 |
| 6.0 | RÉSEAU ÉLECTRIQUE SUR LA DIGUE D'APPROCHE ET LE QUAÏ | 27 |
| 6.1 | Alimentation électrique | 27 |
| 6.2 | Panneau électrique | 27 |
| 6.3 | Lampadaires | 29 |
| 7.0 | RÉSUMÉ DES DONNÉES MARITIMES | 30 |
| 7.1 | Niveau d'eau | 30 |
| 7.1.1 | Niveaux d'eau haut | 30 |
| 7.1.2 | Niveaux d'eau bas | 30 |
| 7.2 | Vagues | 30 |
| 8.0 | ÉVALUATION DES NIVEAU DE SERVICES | 31 |
| 9.0 | ÉTUDE DE CAPACITÉ ET RÉHABILITATION DE LA DIGUE | 32 |
| 9.1 | Généralités | 32 |
| 9.2 | Réhabilitation avec enrochement | 33 |

| | | |
|-------------|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| 9.3 | Réhabilitation à l'aide de palplanches..... | 33 |
| 9.4 | Réhabilitation à l'aide de ponts..... | 33 |
| 9.5 | Réhabilitation à l'aide de caissons de béton..... | 33 |
| 10.0 | ÉTUDE DE CAPACITÉ ET RÉHABILITATION DE LA TÊTE DE QUAI..... | 34 |
| 10.1 | Généralités..... | 34 |
| 10.2 | Étude de solutions..... | 34 |
| 11.0 | RECOMMANDATIONS..... | 35 |
| 12.0 | CONCLUSION..... | 36 |

Liste des figures

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1 – Vue aérienne du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré (source : Google Maps)..... | 4 |
| Figure 2 – Vue générale du quai..... | 5 |
| Figure 3 – Muret de pierres..... | 6 |
| Figure 4 – Pierres de protection..... | 6 |
| Figure 5 – Façade du quai..... | 7 |
| Figure 6 – Passerelle d'embarquement..... | 8 |
| Figure 7 – Muret de pierres du côté nord de la digue (près du quai)..... | 9 |
| Figure 8 – Muret de pierres du côté nord de la digue (près du feu de navigation)..... | 10 |
| Figure 9 – Muret installé en milieu résidentiel..... | 10 |
| Figure 10 – Disparition du béton maigre au pied du muret..... | 11 |
| Figure 11 – Enrochement..... | 11 |
| Figure 12 – Bordures de béton..... | 12 |
| Figure 13 – Dégradation du béton et armature inadéquate..... | 13 |
| Figure 14 – Arbres au bord de la voie carrossable..... | 13 |
| Figure 15 – Arbres en haut de talus..... | 14 |
| Figure 16 – Puits d'exploration de la digue..... | 14 |
| Figure 17 – État de la surface de roulement..... | 15 |
| Figure 18 – Affaissement du côté nord de la digue..... | 15 |
| Figure 19 – Pièces de bois manquantes, côté est..... | 17 |
| Figure 20 – Deux grandes ouvertures, côté ouest..... | 17 |
| Figure 21 – Nombreux désordres observables, côté sud..... | 18 |
| Figure 22 – Plaques d'acier pliées, coté ouest..... | 18 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 23 – Pieux du côté sud du quai | 19 |
| Figure 24 – Tirants des pieux | 20 |
| Figure 25 – Pieu 20, côté ouest..... | 20 |
| Figure 26 – Tirant servant à rattacher le pieu 20..... | 21 |
| Figure 27 – Tirant du côté intérieur du quai au pieu 19 | 22 |
| Figure 28 – Déformation aux membrures de support sous la section fixe de la passerelle | 23 |
| Figure 29 – Vue générale de la rampe | 24 |
| Figure 30 – Membrane supérieure de la rampe brisée et absence de la main-courante en grande partie..... | 24 |
| Figure 31 – Treuil non conforme..... | 25 |
| Figure 32 – Bollard | 25 |
| Figure 33 – Défense sur le pieu 14..... | 26 |
| Figure 34 – Emplacement des transformateurs d'alimentation | 27 |
| Figure 35 – Boîtes de jonction et sectionneur désaffectées..... | 28 |
| Figure 36 – Feux d'aide à la navigation..... | 28 |
| Figure 37 – Lampadaires, vue générale | 29 |
| Figure 38 – Absence des câbles d'alimentation dans un fût de lampadaire..... | 29 |

Liste des tableaux

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau 8-1– Accessibilité au quai en fonction de la profondeur d'eau minimale visée pour une position de la face du quai à 3 m au large de façade actuelle (élévation du fond = -1,6 m ZC) (source : rapport des Consultants Ropars inc.) | 31 |
| Tableau 8-2 – Résumé des analyses d'accessibilité du quai en fonction de la vitesse de vent (source : rapport des Consultants Ropars inc.) | 31 |
| Tableau 8-3 – Dépassement d'une hauteur significative de vague au quai de Sainte-Anne-de-Beaupré durant la saison d'opération (source : rapport des Consultants Ropars inc.) | 32 |

Liste des annexes

| |
|----------------------------------------------------------|
| Annexe A – Rapport technique des Consultants Ropars inc. |
| Annexe B – Relevé topographique |
| Annexe C – Rapport d'inspection sous-marine |
| Annexe D – Localisation des pieux et bollards |
| Annexe E – Bibliographie |
| Annexe F – Rapports de forages |
| Annexe G – Croquis de concepts de réhabilitation |
| Annexe H – Bathymétrie |

1.0 MISE EN SITUATION ET ENJEUX DU PROJET

À la suite de l'appel d'offres du 11 septembre 2015, la Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré (CDQSAB) a mandaté SNC-Lavalin inc. (SNCL) pour produire une expertise sur l'état du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré.

En raison des enjeux importants du site du quai, la CDQSAB a été créée à l'automne 2012. Elle est constituée de représentants de la ville de Sainte-Anne-de-Beaupré et du centre local de développement de la Côte-de-Beaupré (CLD), ainsi que de certaines personnes du milieu entrepreneurial.

La CDQSAB a manifesté la volonté de transformer le quai pour en faire un lieu à la fois animé et accessible et ainsi permettre l'accès au fleuve au moyen de services spécialisés, dont des croisières. Dans ce contexte, il devenait requis de faire une mise à niveau du quai et de prendre les mesures pour en assurer la longévité.

Les principaux enjeux de ce projet sont les suivants :

- › Sécurité et fonctionnalité des infrastructures existantes.
- › Mise à niveau des infrastructures existantes.
- › Établissement de concepts menant à la préparation de documents pour exécuter les travaux en mettant l'accent sur l'aspect économique du projet.
- › Prévision de mesures appropriées pour conserver l'intégrité du quai, incluant un programme d'entretien et de suivi.
- › Respect de l'échéancier de réalisation de l'étude.
- › Respect des exigences en matière de santé et sécurité.

2.0 PORTÉE DU MANDAT

La portée du mandat consiste à identifier et qualifier par différentes inspections les bris physiques, les défauts locaux et l'état de dégradation des composantes structurales dans le but de déterminer les travaux de réparations à effectuer pour assurer la pérennité du quai selon les utilisations et aménagements futurs.

Les inspections du type au doigt sur la pièce seront réalisées et incluront différentes inspections, telles que :

- › Inspections des composantes sous-marines avec l'aide d'une entreprise spécialisée dans le domaine.
- › Inspections du quai par voie marine à l'aide d'une embarcation.
- › Inspections par voie terrestre du quai incluant la passerelle d'embarquement et la digue.

Le mandat comprend également un relevé terrain, des réunions de travail multidisciplinaire, des réunions de coordination avec les membres du CDQSAB et la remise d'un rapport d'expertise incluant, mais non limitativement :

- › Description de l'état de la digue d'approche et du quai.
- › Vidéo en continu des composantes sous-marines.
- › Relevés photographiques.
- › Liste des travaux à prévoir à court, moyen et long terme.
- › Estimation du coût des travaux.
- › Échéancier des travaux recommandés.

3.0 MÉTHODOLOGIE

Dans le but de mener à terme le présent mandat, les activités suivantes sont proposées :

- › Établissement des procédures du plan qualité et du plan de mesures de sécurité dès l'octroi du mandat.
- › Prise de connaissance de l'ensemble de la documentation disponible fournie par la CDQSAB.
- › Réunion de démarrage pour réviser les attentes de la CDQSAB et la planification des relevés.
- › Relevés topographiques.
- › Inspection terrestre de la digue d'accès et du quai à marée basse incluant les relevés, et mesures au besoin, pour :
 - les ouvrages civils dont la chaussée et les enrochements;
 - les équipements électriques;
 - la passerelle d'embarquement;
 - les équipements de quai (bollards, défenses, chasse-roues, etc.);
 - les parties visibles et accessibles de la structure du quai;
 - la mise à découvert de deux tirants afin d'en déterminer l'état.
- › Inspection des éléments des bordures de béton de la digue.
- › Inspection marine du quai avec un bateau relative notamment :
 - aux pieux du quai;
 - au parement du bois du quai;
 - à toute irrégularité structurale ou point d'intérêt structural pertinent.
- › Inspection sous-marine, incluant une vidéo en continu et montrant :
 - l'état des pieux et du parement sur les trois faces du quai (est, nord et sud);
 - la verticalité de tous les pieux (mesure à tous les 3 m) et les irrégularités et non-linéarité s'il en est;
 - la mesure de l'épaisseur résiduelle d'acier à tous les 2 m (0,5 m de l'élévation marégraphique -1 à +1) pour cinq pieux de la face avant (est) et pour deux pieux pour chaque face latérale (nord et sud);
 - les mesures de l'épaisseur résiduelle d'acier représentatives pour les autres pieux;
 - la vérification de la présence ou non de corrosion des pieux sous le fond marin, indicatif d'une corrosion bactériologique;
 - la mesure du fond marin à la verticale des trois faces du quai et à 1 m de cette verticale (comme demandé aux termes de référence). Ceci couvre la possibilité d'affouillement et la vérification du fond marin.
- › Rencontre avec le coordonnateur de la CDQSAB pour faire le point sur les résultats des relevés terrain.
- › Génie côtier pour le quai et la digue incluant:
 - la variation des niveaux d'eau à considérer pour le dimensionnement des infrastructures en fonction de la période de retour d'événement considérée et incluant l'influence des changements climatiques;
 - l'établissement des forces de glace à considérer (possiblement responsables du bris du parement à la partie inférieure est de la face sud);
 - l'établissement des courants et vents;

- l'établissement du régime des vagues à partir des données de vent et des fetch; ce régime de vagues est requis pour définir les paramètres de conception des enrochements et évaluer les problématiques de franchissement du quai et de la digue par les vagues.
- › Établissement des travaux requis pour la mise à niveau incluant l'étude probable de plusieurs scénarios (dépendant des résultats des relevés) et leur étalement dans le temps (urgent, court terme, moyen terme et long terme).
- › Estimation des coûts de classe C pour les travaux précités.
- › Rencontre avec le coordonnateur de la CDQSAB pour la révision des scénarios.
- › Évaluation de la vie résiduelle du quai, incluant un programme d'entretien et de suivi selon l'hypothèse retenue.
- › Préparation d'un rapport complet comprenant l'ensemble des biens livrables (photos, vidéos, croquis et verticalités, fiches d'inspection, estimations, relevé topographique)

4.0 HISTORIQUE DU QUAÏ ET DESCRIPTION DU SITE

4.1 HISTORIQUE DU QUAÏ

Le premier quai a été construit en 1870 et sa principale vocation était touristique. À cette époque, entre 12 000 à 17 000 personnes visitaient le sanctuaire annuellement. En 1875, le quai a été modifié pour accommoder un plus grand achalandage avec l'inauguration de la nouvelle basilique (1876). Avec l'apparition du train vers les années 1890, la vocation touristique du quai a été remplacée pour le transport de marchandises. Durant les années 1950 à 1980, le quai accueillait quotidiennement les passagers du Duc d'Orléans. De 1984 à 1986 le quai a subi une réfection majeure. Par la suite, il a été utilisé par la famille Dufour qui offrait une croisière entre la ville de Québec et Sainte-Anne-de-Beaupré avec la goélette Marie-Clarisse. Ce service ne dura que quelques années.

Aujourd'hui, le quai n'est utilisé que par la population locale (malgré une interdiction de véhicule à l'entrée) et l'activité touristique au quai a été abandonnée.

4.2 DESCRIPTION DU SITE

Une photo provenant de Google Maps (voir Figure 1) nous permet de distinguer les deux parties du quai, soit la digue d'approche d'environ 320 m (entre le boulevard Sainte-Anne et la tête du quai) et la tête du quai pour une longueur de 10,5 m (perpendiculairement au chenal).



Figure 1 – Vue aérienne du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré (source : Google Maps)

4.2.1 Digue

La digue a une longueur approximative de 320 m et une largeur de 5 m entre les bordures de béton dans sa partie la plus étroite. La surface carrossable est recouverte d'un gravier de type 0-3/4" et ses côtés se composent de différents matériaux tels que des pierres déversées, muret de pierres et, à certains endroits, une couche de béton maigre. Nous retrouvons également des lampadaires de type urbain et une bordure de béton sur une partie de la digue.



Figure 2 – Vue générale du quai



Figure 3 – Muret de pierres



Figure 4 – Pierres de protection

4.2.2 Quai

Le quai mesure environ 10,5 m (perpendiculairement au chenal) sur 23 m (parallèlement au chenal). Le quai est composé de 23 pieux tubulaires d'acier remplis de béton. Le parement est réalisé de pièces de bois traité. De plus, nous retrouvons une passerelle d'embarquement incluant un mécanisme de levage du côté sud du quai.



Figure 5 – Façade du quai



Figure 6 – Passerelle d'embarquement

5.0 INSPECTIONS ET RELEVÉS

5.1 DIGUE D'APPROCHE

5.1.1 Activités effectuées

Des inspections visuelles ont été réalisées les 8, 10, 15, 27, 28 et 29 octobre 2015 par SNCL; notons que la visite du 27 octobre 2015 a été effectuée conjointement avec Les Consultants Ropars inc. Le rapport des Consultants Ropars peut être consulté à l'Annexe A. Avec l'aide d'une rétrocaveuse de la municipalité de Sainte-Anne-de-Beaupré, un puits d'exploration a été effectué le 12 novembre 2015 sous la supervision de SNCL.

Un relevé topographique a été fait le 15 octobre 2015 par SNCL. Ce relevé topographique peut être consulté à l'Annexe B.

5.1.2 Inspections

Les inspections de la digue d'approche ont permis d'observer plusieurs déficiences.

5.1.2.1 Côtés de la digue

La déficience la plus importante est l'instabilité des côtés de la digue. Les côtés de la digue sont constitués d'un muret de pierres (probablement de calcaire) (voir Figure 7). Ce type de muret est largement utilisé pour constituer des aménagements extérieurs de petite envergure de type résidentielle (voir Figure 9), mais n'offre pas une bonne résistance aux efforts des vagues et des glaces. Cette dernière remarque est encore plus pertinente lorsqu'il s'agit d'un mur situé sur le rivage du fleuve Saint-Laurent. Le pied du mur n'est pas protégé contre l'érosion et, avec la perte de matériel sous le pied de ce dernier, le mur en entier devient instable et s'écroule. Le muret du côté nord est dans un état pire que celui du côté sud. Cette dernière remarque s'explique par la prédominance de la provenance des vagues nord-est (voir la section 5.0 du rapport des Consultants Ropars à l'Annexe A).



Figure 7 – Muret de pierres du côté nord de la digue (près du quai)



Figure 8 – Muret de pierres du côté nord de la digue (près du feu de navigation)

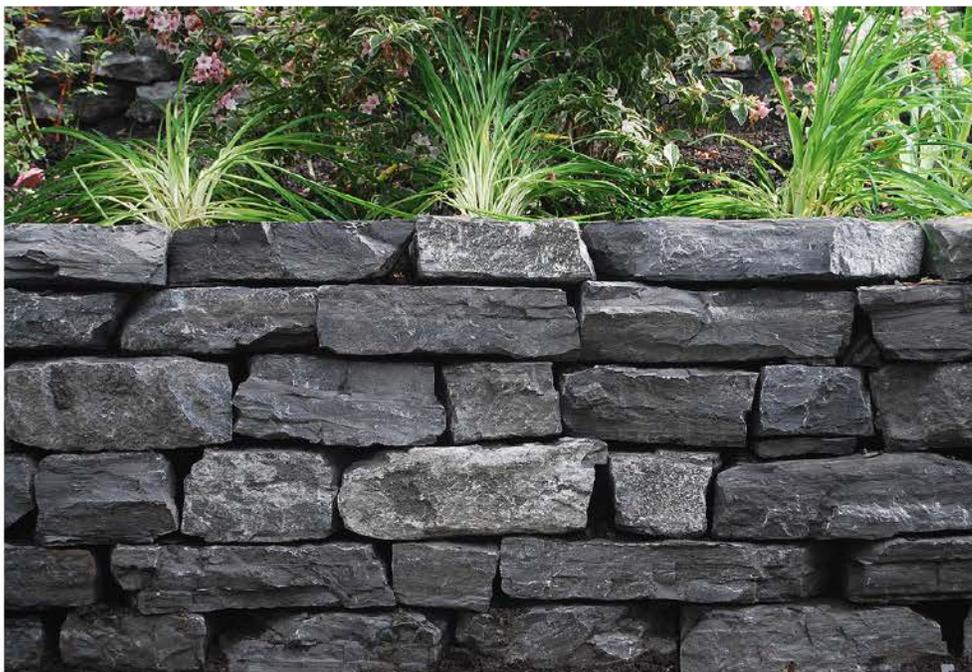


Figure 9 – Muret installé en milieu résidentiel

Pour une grande partie, un béton maigre a été placé par-dessus le muret de pierre offrant une résistance mitigée aux efforts présents.



Figure 10 – Disparition du béton maigre au pied du muret

Près du quai, un enrochement a été utilisé. Le type d'enrochement ne rencontre pas les normes de conception pour un tel ouvrage. La section 5.9 du rapport des Consultants Ropars à l'Annexe A apporte de plus ample renseignements et détails à ce sujet.



Figure 11 – Enrochement

5.1.2.2 Bordures de béton

Sur la digue, les bordures de béton agissent comme chasse-roues. Elles sont en très mauvais état, parfois même détruites. Bien qu'aucun prélèvement n'ait été réalisé pour déterminer la qualité du béton, une simple observation permet de constater que le béton présente fort probablement des réactions alcalis-granulats. Le béton ne possède pas les caractéristiques pour résister aux cycles de gel-dégel. De plus, le type d'armature (de type lisse) et sa quantité ne rencontrent pas les normes d'aujourd'hui.



Figure 12 – Bordures de béton



Figure 13 – Dégradation du béton et armature inadéquate

5.1.2.3 Présence de végétation

À certains endroits, des arbres ont poussé au bord de la voie carrossable (Figure 14) ou en haut du talus (Figure 15). La présence d'arbres sur un tel ouvrage n'est pas désirée. Les racines des arbres augmentent les désordres observés.



Figure 14 – Arbres au bord de la voie carrossable



Figure 15 – Arbres en haut de talus

5.1.2.4 Matériel composant la digue

Lors du puits d'exploration du 12 novembre dernier, certaines constatations ont été effectuées (voir Figure 16) :

- › Aucun caisson de bois n'a été rencontré jusqu'à 2,4 m sous la surface de roulement.
- › Quelques pièces de bois sont décomposées.
- › Le remblayage est hétéroclite.



Figure 16 – Puits d'exploration de la digue

5.1.2.5 Surface de roulement

La surface de roulement est dans un état médiocre. De nombreuses dépressions sont présentes, comme le démontre bien la Figure 17. Près de la tête du quai, il y a un important affaissement du côté nord de la digue (Figure 18).



Figure 17 – État de la surface de roulement



Figure 18 – Affaissement du côté nord de la digue

5.2 QUAI

5.2.1 Activités effectuées

Des inspections visuelles ont été réalisées les 8, 10, 15, 27, 28 et 29 octobre 2015 par SNCL; notons que la visite du 27 octobre 2015 a été effectuée conjointement avec Les Consultants Ropars inc. Le rapport des Consultants Ropars peut être consulté à l'Annexe A.

Des opérations d'excavation (réalisées par le service des travaux publics de la ville de Sainte-Anne-de-Beaupré) sous la responsabilité de SNCL ont été menées le 29 octobre 2015 dans le but d'identifier et mesurer les tirants retenant les pieux d'acier.

Un relevé topographique a été fait le 15 octobre 2015 par SNCL. Le relevé topographique peut être consulté à l'Annexe B.

L'inspection par voie marine a été réalisée par SNCL le 28 octobre 2015 avec une embarcation de la firme Expertech Marine inc.

Enfin, l'inspection sous-marine a été effectuée les 28 octobre et 2 novembre 2015 par Expertech Marine en incluant le relevé bathymétrique près du quai. Le rapport d'Expertech Marine peut être consulté à l'Annexe C.

5.2.2 Inspections

5.2.2.1 Composantes principales du quai (pieux et parement)

Parement de bois

Le parement est réalisé avec des pièces de 150 x 150 mm (6" x 6") en bois traité. Des plaques d'acier fixées sur les pieux retiennent le parement de bois. Une faible partie du parement de bois semble être en bon état, plusieurs pièces de bois sont manquantes. Les pièces de bois sont probablement disparues par l'effet des glaces.



Figure 19 – Pièces de bois manquantes, côté est



Figure 20 – Deux grandes ouvertures, côté ouest



Figure 21 – Nombreux désordres observables, côté sud

Aux endroits où le parement de bois est manquant, les plaques d'acier soudées aux pieux présentent des déformations importantes. L'épaisseur de la plaque d'acier n'est pas suffisante pour reprendre les efforts produits par les glaces.



Figure 22 – Plaques d'acier pliées, coté ouest

Note : L'ancien caisson de bois est visible derrière le parement de bois

Pieux

Le quai est constitué d'un total de 23 pieux circulaires d'acier de 410 mm de diamètre remplis de béton. L'épaisseur nominale de la paroi est de 9,5 mm (3/8"). L'espacement des pieux varie de 1,7 m à 2,9 m. Des tirants sont apparents à certains endroits. L'inspection des tirants est traitée dans la section suivante.



Figure 23 – Pieux du côté sud du quai

Des mesures de verticalité ont été prises à 20 endroits différents (façade est : 5 pieux; Façade sud : 10 pieux; Façade ouest : 5 pieux) . Les mesures de verticalité des pieux montrent que les pieux sont inclinés dans un sens ou dans l'autre et que certains sont presque droits. Les valeurs de l'inclinaison varient entre 0 à 100 mm dans un sens ou l'autre. En considérant un pieu de longueur moyenne, soit 8 500 mm, cela correspond à une inclinaison de 0,7 degré, ce qui est tout à fait acceptable. Les inclinaisons des pieux ne montrent pas de comportement global de déplacement, mais plutôt des inclinaisons aléatoires. Ces inclinaisons aléatoires pourraient être présentes depuis la construction du quai.

Des mesures d'épaisseur de la paroi résiduelle ont permis de déterminer une épaisseur résiduelle de 7,25 mm dans la zone de marnage, ce qui correspond à une perte de matériel d'environ 2,25 mm. En considérant l'épaisseur de paroi des pieux à l'état neuf, la perte de matériel par corrosion est assez importante. De plus, cela laisse présager que le concepteur n'a pas considéré l'effet de la corrosion, ou alors que la durée de vie utile était prévue pour une courte période.

Tirants des pieux

Les tirants sont visibles par l'extérieur du quai. Les tirants se trouvent à élévation 4 m (marégraphique), soit environ 3 m plus bas que le dessus du quai.

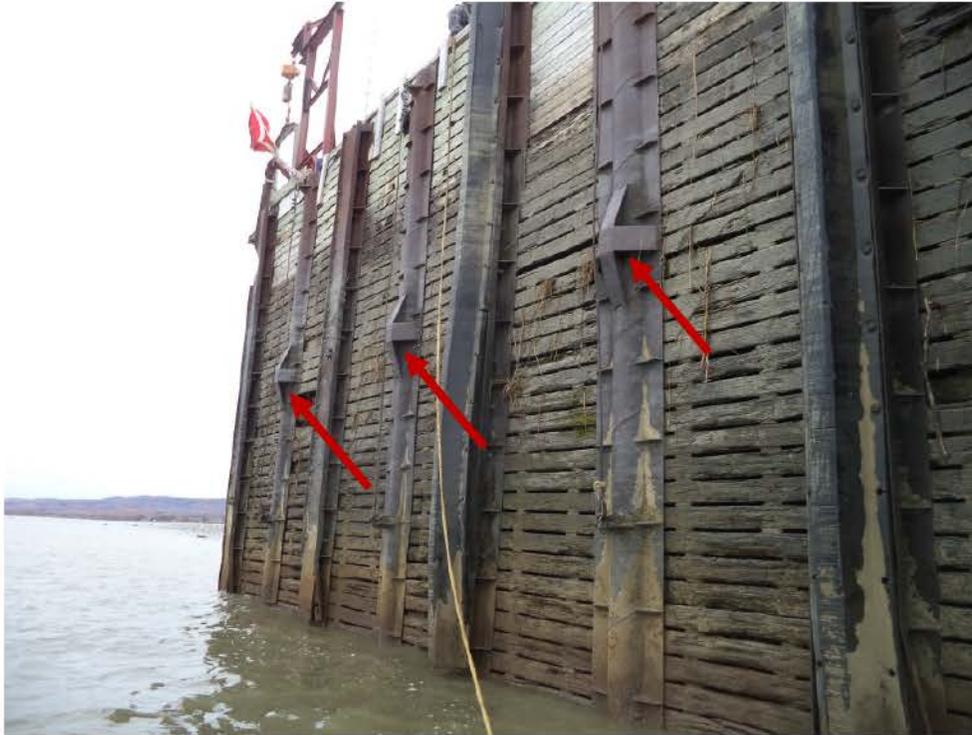


Figure 24 – Tirants des pieux



Figure 25 – Pieu 20, côté ouest

Des travaux d'excavation ont été effectués (29 octobre 2015) afin de confirmer leur présence et d'en mesurer le diamètre résiduel. Une première tranchée a été réalisée pour trouver les tirants entre les pieux 4 et 20 et entre les pieux 3 et 21 (voir croquis à l'Annexe D pour la localisation des pieux.)

Tirant entre les pieux 4 et 20

Un tirant a été localisé à environ 1 300 mm sous la surface du quai, mais ce dernier n'est pas continu. Le tirant est ancré dans un bloc de béton, ce qui n'est pas habituel comme méthode de construction. En général, le tirant devrait être continu entre les pieux 4 et 20. La figure 26 prise du côté ouest montre un tirant du côté intérieur du quai.



Figure 26 – Tirant servant à rattacher le pieu 20

Tirant entre les pieux 3 et 21

Aucun tirant n'a été trouvé

Tirant aux pieux 12, 13, 14 et 15

Aucun tirant n'a été trouvé aux pieux 12, 13 et 15. Au pieu 14, le tirant qui a été déterré n'est pas au même niveau que le tirant apparent du côté extérieur.

Bien que des tirants soient apparents du côté extérieur du quai, ils ne semblent pas être présents à l'intérieur du quai. Une des explications possibles est que les tirants pourraient être ancrés dans l'ancien caisson de bois.



Figure 27 – Tirant du côté intérieur du quai au pieu 19

5.2.2.2 Passerelle d'embarquement

La passerelle d'embarquement est composée d'une section fixe en acier et d'une rampe mobile en aluminium. La rampe mobile possède un point de pivot et un treuil pour modifier la hauteur de la passerelle à son extrémité près du navire.

Section fixe

La section fixe est composée de membrures légères et d'un platelage en plaque d'acier striée. La section fixe présente plusieurs problématiques.

- › La section fixe ne possède pas la capacité pour reprendre les charges prescrites par les normes.
- › Les éléments de support sont en interférence avec les glaces lors des marées hautes. Cette dernière remarque explique les déformations observées aux membrures de support sous la section fixe. Le niveau du platelage est à environ l'élévation 5,1 (élévation géodésique) et le niveau de l'eau en marée haute est à l'élévation 4,36 (niveau pleine mer de grande marée et se produirait en moyenne trois heures par an).
- › La plaque d'acier striée n'est pas appropriée pour une utilisation extérieure près du fleuve. En effet, la surface devient glissante avec la présence d'eau (pluie ou éclaboussure des vagues). De plus, il peut avoir la formation de glace à l'automne et au printemps lorsque les températures avoisinent le point de congélation.



Figure 28 – Déformation aux membrures de support sous la section fixe de la passerelle

Rampe mobile

La rampe en aluminium est composée de profilé creux et d'un platelage en plaque striée d'aluminium. Un treuil est positionné à l'extrémité de la passerelle afin de modifier sa hauteur.

La rampe d'aluminium présente plusieurs problématiques.

- › La membrure supérieure gauche de la rampe est brisée.
- › La main-courante est presque absente en totalité.
- › Le garde-corps n'est pas conforme aux normes et ce qui a trait au passage d'un objet sphérique de 100 mm et moins.
- › Le treuil n'est pas adapté au levage de personne. En effet, le treuil n'a aucun frein d'urgence en cas de bris d'une composante du treuil.



Figure 29 – Vue générale de la rampe



Figure 30 – Membrane supérieure de la rampe brisée et absence de la main-courante en grande partie



Figure 31 – Treuil non conforme

5.2.2.3 Équipements de quai

Bollards

Les bollards sont constitués de tube d'acier circulaire et sont ancrés dans les pieux. Les bollards sont présents aux pieux 7, 10, 14 et 17 (voir Annexe D pour leur localisation). Les bollards ne semblent pas présenter de bris apparents. Bien que ce type de bollard soit fréquemment utilisé, il ne nous est pas possible de déterminer facilement sa capacité et notons qu'aucune capacité des bollards n'est indiquée au site.



Figure 32 – Bollard

Défenses

Des défenses de type « V standard » sont encore présentes sur la face des pieux 10, 12 et 14. Les défenses sont très endommagées, à un tel point qu'il faudrait les remplacer en totalité. La Figure 33 montre la défense sur le pieu 14. En considérant les plaques d'acier en façade des pieux 6, 8, 16 et 18, on peut présager que les défenses sur ces pieux ont été arrachées.



Figure 33 – Défense sur le pieu 14

5.2.3 Inspections sous-marines

5.2.3.1 Verticalité

Les résultats des verticalités ont été présentés à la section 5.2.2.1.2. Les croquis montrant les verticalités peuvent être consultés à l'Annexe C.

5.2.3.2 Corrosion au fond marin

Lors des inspections sous-marines du fond marin, les plongeurs ont creusé près des pieux. La corrosion observée est du même type que celle observée en haut du fond marin, ce qui indique qu'il n'y avait pas de corrosion bactériologique.

5.2.3.3 Fond marin

L'inspection visuelle du fond marin des trois faces du quai n'a pas indiqué d'affouillement. Les élévations à un mètre de la face du quai sont très semblables à celle à la face du quai. Le fond marin est constitué d'un gravier et sable de 2 mm et moins.

6.0 RÉSEAU ÉLECTRIQUE SUR LA DIGUE D'APPROCHE ET LE QUAI

En général, le réseau électrique sur le quai est vétuste et non opérationnel.

Voici un résumé des composantes du réseau électrique :

6.1 ALIMENTATION ÉLECTRIQUE

Le quai est alimenté par deux branchements différents. Un branchement est relié à un ensemble de trois transformateurs, et un autre branchement est relié à un transformateur. Tous les transformateurs se trouvent du côté nord du boulevard Sainte-Anne.



Figure 34 – Emplacement des transformateurs d'alimentation

6.2 PANNEAU ÉLECTRIQUE

Un des deux branchements alimente un panneau électrique, mais il a été impossible d'ouvrir le panneau compte tenu qu'il y a un scellé d'Hydro-Québec. En considérant la présence du scellé, le panneau électrique est probablement un site de mesurage (compteur). Pour ce qui est du deuxième branchement, celui-ci alimente deux panneaux de 100 A de trois disjoncteurs chacun.

Enfin, deux panneaux (boîtes de jonction et sectionneurs) se trouvent sur le quai, mais ils sont complètement désaffectés. Bien qu'il ait été impossible de le confirmer, le panneau avec le scellé sert

probablement à alimenter les feux d'aide à la navigation, et les deux autres panneaux avec disjoncteurs à alimenter les lampadaires et le treuil à l'extrémité du quai.



Figure 35 – Boîtes de jonction et sectionneur désaffectées



Figure 36 – Feux d'aide à la navigation

6.3 LAMPADAIRES

Les lampadaires (8 au total) sont du type urbain, couramment installés dans les quartiers résidentiels. Les câbles électriques à l'intérieur du fût sont absents ainsi que dans les câbles servant à alimenter les lampadaires. Les lampadaires sont relativement en bon état, mais leur apparence esthétique ne cadre pas dans un projet de revitalisation du site.



Figure 37 – Lampadaires, vue générale



Figure 38 – Absence des câbles d'alimentation dans un fût de lampadaire

Le réseau électrique sur la digue et le quai doit être refait complètement en considérant que le panneau avec le scellé qui sert à alimenter les feux d'aide à la navigation n'appartient pas à la CDQSAB.

7.0 RÉSUMÉ DES DONNÉES MARITIMES

7.1 NIVEAU D'EAU

7.1.1 Niveaux d'eau haut

L'étude des niveaux d'eau haut a traité dans le rapport des Consultants Ropars et il peut être consulté à l'Annexe A.

Les niveaux d'eau haut pour Sainte-Anne-de-Beaupré sont:

- › 1/50 ans : 7,77 m (marégraphique) et 5,38 m (géodésique)
- › 1/25 ans : 7,54 m (marégraphique) et 5,17 m (géodésique)
- › 1/10 ans : 7,36 m (marégraphique) et 4,97 m (géodésique)
- › 1 heure par année : 6,93 m (marégraphique) et 4,54 m (géodésique)
- › Douze heures par année : 6,49 m (marégraphique) et 4,10 m (géodésique)

Il est bon de mentionner que le niveau moyen du quai (surface de gravier) se situe à 7,08 m (marégraphique) et 4,70 m (géodésique)

7.1.2 Niveaux d'eau bas

L'étude des niveaux d'eau bas a traité dans le rapport des Consultants Ropars et il peut être consulté à l'Annexe A.

Les niveaux d'eau bas pour Sainte-Anne-de-Beaupré sont:

- › 1/50 ans : -0,45 m (marégraphique) et -2,84 m (géodésique)
- › 1/25 ans : -0,38 m (marégraphique) et -2,77 m (géodésique)
- › 1/10 ans : -0,28 m (marégraphique) et -2,67 m (géodésique)
- › 1 heure par année : -0,03 m (marégraphique) et -2,42 m (géodésique)

7.2 VAGUES

L'étude des vagues est traitée dans le rapport des Consultants Ropars et peut être consulté à l'Annexe A.

Les vagues ont été modélisées avec le logiciel « GENER » et les vents de la station météorologique de l'île aux Grues ont été utilisés.

Les vagues les plus fréquentes et les plus hautes proviennent du secteur sud-ouest, puis du secteur est-nord-est.

La hauteur des vagues selon l'étude des Consultants Ropars est :

- › 1,35 m pour une période de retour de 50 ans
- › 1,25 m pour une période de retour de 10 ans
- › 1,05 m pour une période de retour de 1 an

8.0 ÉVALUATION DES NIVEAU DE SERVICES

L'étude initiale des niveaux d'eau, vagues et vents jumelés aux relevés topographiques révélait que la tête du quai devait être rehaussée. Du point de vue de l'ingénierie, il est recommandé de placer l'élévation de la crête de l'enrochement à l'élévation 6,3 géodésique à la tête du quai (voir l'article 5.8 du rapport des Consultants Ropars à l'Annexe A).

D'autre part, afin de valider le modèle économique du projet, il est nécessaire de connaître le niveau de services associé aux infrastructures. Le niveau de services est affecté par les niveaux d'eau tant haut (submersion du quai) que bas (tirant d'eau insuffisant), par le vent et par les vagues. Pour une étude de haut niveau, le vent et les vagues ont été considérés séparément. Afin d'établir l'influence du niveau bas de l'eau, une bathymétrie complète était nécessaire; elle fut réalisée en cours de mandat, et elle se trouve à l'Annexe H.

Le rapport des Consultants Ropars a traité des facteurs cités ci-haut et les principaux résultats sont les suivants :

- › Accessibilité du quai en fonction de la profondeur d'eau visée à 3 m au large de la façade actuelle de quai

| Profondeur d'eau visée | | Élévation minimale du niveau d'eau | | Fréquence de dépassement | Nombre d'heures par saison | Nombre moyen d'heures par marée |
|------------------------|-----|------------------------------------|-------|--------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| pieds | m | m ZC | m NMM | % | heures | heures |
| 20 | 6,1 | 4,5 | 2,1 | 19,41 | 713 | 2,4 |
| 13 | 4 | 2,4 | 0 | 56,3 | 2 067 | 7 |
| 9 | 2,7 | 1,1 | -1,3 | 83,23 | 3 056 | 10,3 |
| 5 | 1,5 | -0,1 | -2,5 | 100 | 3 672 | 12,4 |

Tableau 8-1– Accessibilité au quai en fonction de la profondeur d'eau minimale visée pour une position de la face du quai à 3 m au large de façade actuelle (élévation du fond = -1,6 m ZC)
(source : rapport des Consultants Ropars inc.)

- › Accessibilité du quai relative aux vitesses de vent

| Vitesse du vent | | Toutes directions | | Secteur Nord-Est | | Secteur Sud-Ouest | |
|-----------------|------|-------------------|----------|------------------|----------|-------------------|----------|
| Nœuds | km/h | % du temps | h/saison | % du temps | h/saison | % du temps | h/saison |
| 25 | 46 | 0,55 | 20 | 0,42 | 15 | 0,14 | 5 |
| 20 | 37 | 2,75 | 101 | 1,67 | 61 | 1,06 | 40 |
| 15 | 28 | 12,53 | 460 | 4,99 | 1.85 | 7,37 | 275 |

Tableau 8-2 – Résumé des analyses d'accessibilité du quai en fonction de la vitesse de vent
(source : rapport des Consultants Ropars inc.)

- › Dépassement d'une hauteur significative de vague au quai de Sainte-Anne-de-Beaupré durant la saison d'opération

| Hauteur significative de vague (m) | Fréquence de dépassement | Nombre moyen d'heures de dépassement |
|------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| 1,2 | 0,00 % | 1 heure/6 ans |
| 0,9 | 0,03 % | 1,1 heures/saison |
| 0,8 | 0,10 % | 3,7 heures/saison |
| 0,7 | 0,31 % | 11,4 heures/saison |
| 0,6 | 0,89 % | 33 heures/saison |
| 0,5 | 2,83 % | 104 heures/saison |

Tableau 8-3 – Dépassement d'une hauteur significative de vague au quai de Sainte-Anne-de-Beaupré durant la saison d'opération (source : rapport des Consultants Ropars inc.)

En ce qui a trait au niveau haut, l'élévation recommandée à la tête du quai (6,3 m géodésique) n'est pas de nature à causer d'interruption de service appréciable, mais le rabaissement de cette élévation augmenterait le risque de franchissement du quai et les dommages qui y sont associés.

9.0 ÉTUDE DE CAPACITÉ ET RÉHABILITATION DE LA DIGUE

9.1 GÉNÉRALITÉS

Comme il a été mentionné à l'article 5.1.2.1, les côtés de la digue sont instables et les matériaux qui composent ces côtés ne sont pas adéquats. Compte tenu de la composition requise de la digue (voir les articles 5.9 et 8.3 du rapport des Consultants Ropars pour les enrochements de protection), la digue doit être refaite presque au complet, soit de la tête du quai jusqu'à un peu avant la tour des feux d'aide à la navigation, et ce, totalisant environ 295 m (nous considérons que le début de la digue serait réutilisable pour une longueur d'environ 25 m). Les enrochements près de la tête du quai ne sont pas adéquats non plus.

Afin d'orienter l'étude des alternatives pour la réhabilitation, il fallait obtenir des renseignements minimaux concernant la profondeur du roc et les types de sols rencontrés; deux forages ont été entrepris et ont permis d'obtenir ces données qui ne doivent être considérées que comme un indicatif des conditions du sous-sol et non comme une étude suffisante pour préparer des plans et devis. Les rapports de forages se retrouvent à l'annexe F du présent rapport.

À ce stade de l'étude, l'élévation de la digue a été fixée comme variant de 6,3 m géodésique à la tête du quai jusqu'à 5,5 m au début de la zone de réfection de la digue.

Pour fins de comparaison entre les options de réhabilitation, la largeur entre les bordures a été assumée à 5 m pour toute la largeur de la digue, bien que pour l'établissement des coûts (section 11), un élargissement ait été prévu près de la tête du quai. Sauf pour la solution avec pont, les surfaces de roulement (pavés, asphalte, etc.) sont exclues des coûts comparatifs. Les coûts pour l'alimentation électrique et pour les lampadaires ne sont pas inclus aux coûts comparatifs de la présente section.

Les estimations des coûts incluent une provision de 10 % pour contingences, et nous évaluons leur précision à ± 20 %.

9.2 RÉHABILITATION AVEC ENROCHEMENT

Le concept d'enrochement est présenté à l'Annexe G, au croquis 632976-0000-41DK-04. Afin de limiter la hauteur, des murets de béton sont incorporés à l'ouvrage. Cette approche est la plus simple et elle ne nécessite pratiquement pas d'entretien.

L'avantage de ce concept est son coût estimé à 2 500 000 \$ à ± 20 % précision. Son désavantage est l'empiètement substantiel sur le milieu marin.

9.3 RÉHABILITATION À L'AIDE DE PALPLANCHES

Ce concept est illustré au croquis 632976-0000-41DK 05 présenté à l'Annexe G. Toutefois, en raison du niveau de roc qui est très près du fond marin, tout au moins pour une bonne partie de la digue au début, il n'est pas envisageable d'utiliser ce concept, car les palplanches ne peuvent être enfoncées dans le roc et il faudrait les stabiliser au fur et à mesure de leur mise en place en procédant au remblayage partiel à l'intérieur et à l'enrochement à l'extérieur, ce qui n'est pas réaliste.

Pour la première partie de la digue, ce concept ne peut être retenu. Pour la partie plus près de la tête du quai, ce concept pourrait être utilisé si la diminution de l'empiètement sur le milieu marin s'avérait un élément incontournable. Pour une longueur d'environ 90 m, le coût de ce concept s'avérerait tout de même 60 % plus dispendieux que celui de l'enrochement (différence d'environ 620 000 \$ à ± 20 % de précision).

9.4 RÉHABILITATION À L'AIDE DE PONTS

Ce concept, illustré au croquis 632976-0000-41DK-06 présenté à l'Annexe G, consiste à construire des ponts composés d'une dalle de béton armé intégrant des poutres de rive supportées par des chevêtres reposant sur des pieux d'acier avec une emboîture dans le roc. Un enrochement sous ces ponts permet de contrôler les efforts des glaces.

Ce concept incorpore la surface de roulement, mais le coût estimé est de 5 500 000 \$ à ± 20 % de précision.

9.5 RÉHABILITATION À L'AIDE DE CAISSONS DE BÉTON

Ce concept, illustré au croquis 632976-0000-41DK-07 présenté à l'Annexe G, incorpore un caisson et permet un enrochement de protection plus modeste, diminuant l'empiètement sur le milieu marin. Cependant, l'étude de constructibilité que nous avons faite de ce concept révèle qu'il est irréalisable; nous n'en avons donc pas évalué le coût.

10.0 ÉTUDE DE CAPACITÉ ET RÉHABILITATION DE LA TÊTE DE QUAI

10.1 GÉNÉRALITÉS

Comme il a été mentionné à l'article 5.2.2.1, la majorité des pièces de parement de bois sont soit endommagées, soit disparues. Les pieux sont corrodés dans la zone de marnage et le système de tirant ne peut être établi, car certains tirants sont manquants, et d'autres ne sont pas ancrés adéquatement. Dans les circonstances, le quai doit être reconstruit.

Le quai devra également être rehaussé afin de limiter les épisodes de franchissement par l'eau. Nous avons adopté la même élévation que pour les enrochements près de la tête du quai soit 6,3 m.

À ce stade du projet, certains éléments demeurent à définir, notamment la largeur supplémentaire de la digue près de la tête du quai et la longueur de cet élargissement. Nous avons assumé une largeur de 12 au lieu de 5 m pour le reste de la digue, et ce, pour une longueur de 37 m.

De plus, le type de bateaux qui desserviront ce quai n'est pas connu et ceci influencera les niveaux bas et haut de la passerelle, qui à leur tour influenceront l'angle de la passerelle. Nous avons assumé des pentes de 1 vertical pour 8 horizontal afin de limiter les longueurs. Ces pentes seraient acceptables dans la mesure où les opérateurs de navires fourniront de l'aide aux passagers à mobilité réduite.

L'aménagement de la passerelle se fera sur le côté du quai, comme c'est le cas actuellement, mais avec la partie fixe et pivotante appuyée sur une dalle de béton ancrée à l'intérieur des infrastructures du quai pour éviter l'endommagement par les glaces. Il est prévu que la passerelle soit remise sur le quai à chaque automne et remise en place au printemps de manière à éviter qu'elle ne soit endommagée par les glaces.

Ces éléments (espaces supplémentaire requis et aménagement de la passerelle) sont à préciser avant de procéder aux plans détaillés. Pour ce faire, il faudra faire préciser les bateaux à desservir et les conditions d'utilisation (période d'accessibilité).

10.2 ÉTUDE DE SOLUTIONS

La solution la plus économique consiste à construire un mur de palplanches en périphérie du quai actuel. D'après le rapport de forage F1, près de la tête du quai, le roc est à environ 5 m sous le fond marin ce qui permettrait d'utiliser des palplanches sous réserve de validation géotechnique. Si le roc s'avérait trop haut ou si les propriétés géotechniques le requéraient, il pourrait être requis d'utiliser un système combiné pieux-palplanches, mais nous n'avons pas considéré cette hypothèse pour le moment.

Le concept est illustré au croquis 632976-0000-41DK-08 à l'Annexe G. Un système de défenses et de dispositifs d'amarrage tout comme le mécanisme de levage de la passerelle font partie des éléments de réhabilitation du quai, mais ne sont pas illustrés sur le croquis.

11.0 RECOMMANDATIONS

Nous recommandons de refaire la digue pour une longueur d'environ 295 m débutant un peu après la tour d'aide à la navigation. Le concept recommandé est un enrochement qui est plus économique, très durable et nécessite très peu d'entretien. Si des considérations environnementales rendaient impossible ce choix, il y aurait lieu de penser à des palplanches pour la portion la plus près de la tête du quai, mais les coûts augmenteraient d'environ 620 000 \$ à $\pm 20\%$ de précision pour une longueur de 90 m.

La première partie de la digue, jusqu'à la tour d'aide à la navigation pourrait être réutilisée en prenant soin de refaire les chasse-roues. Le revêtement de surface n'est pas actuellement définis mais pour le calcul des coûts nous avons assumé un revêtement d'asphalte et avons inclus à cet effet une provision de 40 000 \$.

Nous recommandons de refaire le quai au moyen de palplanches et d'incorporer une rampe se rendant à la nouvelle passerelle. Si les conditions géotechniques rendaient impossible ce concept (roc trop haut et/ou qualité du sol jusqu'au roc), un concept de pieux-palplanches pourrait être utilisé, mais son coût serait plus élevé.

Nous estimons les coûts comme suit :

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| > Réfection de la digue incluant la remise à niveau de la première partie de la digue et l'élargissement de la digue près de la tête du quai : | 2 650 000 \$ |
| > Alimentation électrique et réseau de lampadaires sur la digue | 75 000 \$ |
| > Réfection du quai | 2 700 000 \$ |
| > Équipements de quai (défenses, dispositifs d'amarrage, chasse-roues, passerelle incluant le palan d'ajustement de niveau et l'alimentation électrique de ce palan) | 345 000 \$ |
| TOTAL | 5 770 000 \$ |

Les coûts incluent une provision de 10 % de contingences, mais ils excluent les taxes et l'inflation. La précision est de l'ordre de $\pm 20\%$. Les frais de développement, ingénierie, études géotechniques, environnementaux et autres ne sont pas inclus.

Il faut également noter que le coût des revêtements de surface a fait l'objet d'une provision de 20 \$ / m² correspondant à un revêtement en asphalte (ce qui est le minimum).

12.0 CONCLUSION

L'état de la digue et de la tête du quai est tel que leur réhabilitation nécessitera leur reconstruction. Pour la digue, un enrochement serait le plus avantageux sous réserve de l'aspect environnemental. Pour le quai, l'utilisation de palplanches serait le système le plus avantageux sous réserve des conditions géotechniques et d'élévation de roc.

Les coûts estimés sont de l'ordre de 5 770 000 \$ à $\pm 20\%$, excluant les taxes, l'inflation et les frais de développement.

Un des éléments sensibles de ce projet est l'acceptation de la solution d'enrochement pour la réfection de la digue par les instances environnementales dont le MPO. Des mesures de compensation de l'habitat du poisson seront vraisemblablement exigées, mais l'établissement des coûts de cet aspect (développement et mise-en-œuvre de la mesure de compensation et suivi environnementale) ne fait pas partie du présent mandat.

L'autre aspect sensible concerne les conditions géotechniques à la tête du quai qui pourraient requérir un concept différent et plus dispendieux si elles s'avéraient défavorables.

Enfin, les étapes pour la poursuite du projet seraient selon nous les suivantes :

- › Étude géotechnique
- › Validation des besoins tant en ce qui a trait à l'accessibilité au quai qu'en ce qui concerne les espaces requis à la tête du quai.
- › Établissement et validation des contraintes environnementales dont l'étude environnementale, l'étude d'impact et les mesures de compensation de l'habitat du poisson.
- › Préparation des plans et devis dont une phase préliminaire à faire progresser de concert avec l'étude environnementale.



Annexe A – Rapport technique des
Consultants Ropars inc.

Projet de mise en valeur du quai
Sainte-Anne-de-Beaupré, Québec
Étude des conditions hydrodynamiques

Dossier SAB-QU15
Projet : 632976 / BC-25764



Rapport technique **FINAL**
Par

Yann ROPARS, ing., M.Sc.



CONSULTANTS ROPARS INC
3643, Chemin Saint-Louis
Québec (Québec) G1W 1T2
yann_ropars@videotron.ca

Pour



SNC • LAVALIN

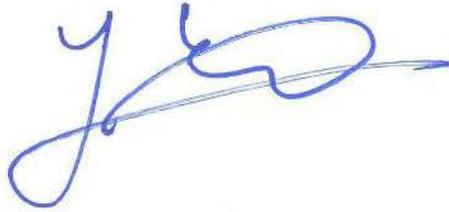
Avril 2016

TABLES DES MATIÈRES

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 Introduction..... | 1 |
| 1.1 Localisation du projet..... | 1 |
| 1.2 Projet de mise en valeur..... | 1 |
| 2 Caractéristiques physiques du milieu..... | 3 |
| 2.1 Vagues..... | 3 |
| 2.2 Glaces..... | 3 |
| 2.3 Géotechnique..... | 4 |
| 2.4 Environnement..... | 4 |
| 3 Niveaux d'eau..... | 5 |
| 3.1 Données disponibles..... | 5 |
| 3.2 Informations générales du SHC..... | 6 |
| 3.3 Base de données de la station de Saint-François (IO)..... | 7 |
| 3.4 Influence des changements climatiques sur les niveaux d'eau hauts..... | 8 |
| 3.5 Relèvement isostatique dans la région de Saint-François (IO)..... | 11 |
| 3.6 Étude des hausses du niveau d'eau du MPO..... | 12 |
| 3.7 Niveaux d'eau hauts recommandés à St-François-IO..... | 12 |
| 3.8 Comparaison entre les niveaux d'eau aux stations de Saint-François (IO), Lauzon et Sainte-Anne-de-Beaupré..... | 13 |
| 3.9 Recommandation de niveaux d'eau hauts pour Sainte-Anne-de-Beaupré..... | 14 |
| 3.10 Niveaux d'eau bas..... | 15 |
| 4 Accessibilité du quai par rapport aux niveaux d'eau..... | 17 |
| 4.1 Hypothèses de base..... | 17 |
| 4.2 Accessibilité en termes de niveaux d'eau..... | 17 |
| 5 Étude des vagues..... | 20 |
| 5.1 Contexte de l'étude de vagues..... | 20 |
| 5.2 Période de calcul des vagues..... | 21 |
| 5.3 Données de vent de la station de l'île aux Grues..... | 21 |
| 5.4 Fetchs..... | 23 |
| 5.5 Génération des vagues au large du quai..... | 25 |
| 5.6 Recommandation de hauteur de vagues..... | 27 |
| 5.7 Définition des événements de dimensionnement..... | 28 |
| 5.8 Dimensionnement de l'élévation de la crête des enrochements..... | 30 |
| 5.9 Dimensionnement des pierres de carapace..... | 32 |
| 5.10 Calcul des vagues sur la saison d'opération..... | 32 |

| | | |
|------|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6 | Accessibilité du quai par rapport au vent..... | 35 |
| 6.1 | Hypothèses de calcul..... | 35 |
| 6.2 | Résultats des analyses en fonction du vent..... | 35 |
| 7 | Accessibilité du quai par rapport aux vagues..... | 37 |
| 7.1 | Hypothèses de calcul..... | 37 |
| 7.2 | Résultats des analyses..... | 37 |
| 8 | Nouveaux ouvrages..... | 38 |
| 8.1 | Ouvrages envisagés pour la réhabilitation de l'approche du quai..... | 38 |
| 8.2 | Approche du quai en caissons de béton..... | 38 |
| 8.3 | Approche du quai en murets de béton..... | 39 |
| 8.4 | Approche selon un concept de pont..... | 39 |
| 9 | Études requises dans le cadre d'une suite du projet de réhabilitation du quai..... | 41 |
| 9.1 | Glaces..... | 41 |
| 9.2 | Géotechnique | 41 |
| 9.3 | Ingénierie..... | 41 |
| 9.4 | Évaluation environnementale..... | 41 |
| 10 | Conclusion et recommandations..... | 42 |
| 10.1 | Conclusion..... | 42 |
| 10.2 | Recommandations..... | 42 |

Préparé par :

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Y. Ropars', with a long horizontal stroke extending to the right.

Yann Ropars, ing. M. Sc.
Consultants Ropars Inc.
yann_ropars@videotron.ca
Téléphone : (418) 998-6224
No OIQ : 34863

CLAUSE DE LIMITATION DE RESPONSABILITÉ

Ce document a été préparé par Consultants Ropars Inc. de façon conforme aux bonnes pratiques d'ingénierie et est destiné à l'usage exclusif de la firme **SNC-Lavalin** et de leurs représentants autorisés dans le cadre spécifique du projet de **Mise en valeur du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré, Québec – Étude des conditions hydrodynamiques**. Le contenu de ce document ne peut être appliqué ou utilisé, en tout ou en partie, par ou à l'avantage d'autres parties sans l'autorisation écrite de Consultants Ropars Inc. Aucune autre garantie, expresse ou tacite, n'est accordée.

Consultants Ropars Inc. n'assume aucune responsabilité quant à l'utilisation ou au recours du présent document ou de son contenu par d'autres parties que **SNC-Lavalin**.

1 Introduction

1.1 Localisation du projet

Le quai de Sainte-Anne-de-Beaupré est situé sur la rive nord du chenal situé au nord de l'Île d'Orléans. Ce quai a été désaffecté il y a plusieurs décennies et rétrocédé à la Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré.



Figure 1.1 Carte de localisation de Sainte-Anne-de-Beaupré (Google™ Map)

1.2 Projet de mise en valeur

Il est envisagé d'aménager le quai pour lui redonner une vocation maritime, en particulier pour accueillir des bateaux de croisière.

La figure suivante illustre l'approche terrestre vers le quai et la tête du quai. La photo datant de mai 2013 (Google™ Earth) permet de très bien distinguer les différentes parties du quai, de même que l'ampleur des battures de part et d'autre du quai. Le quai et son approche font environ 450 mètres de long à partir du bord de la route 138 et la tête du quai indiquée sur la figure fait environ 23 mètres de longueur (parallèlement au chenal) par 10,5 m de largeur.



Figure 1.2 Vue aérienne du quai et de ses approches terrestres (Google™ Earth)

Le présent rapport vise à traiter de façon sommaire les différents points en rapport avec le volet maritime du projet de mise en valeur du quai.

2 Caractéristiques physiques du milieu

2.1 Vagues

Les vagues qui peuvent affecter la structure du quai dans le secteur à l'étude ont fait l'objet d'une évaluation dans le cadre de cette étape de préféabilité du projet de réhabilitation du quai de Sainte-Anne-de-Baupré (voir chapitre 5).

2.2 Glaces

Les glaces sont un élément important dans le dimensionnement des ouvrages construits sur le bord du Fleuve Saint-Laurent. La présence de ces glaces en mouvement dans le Fleuve a été prise en compte lors de la définition des structures ou des éléments de structures et lors du dimensionnement des éléments (grosseur minimale des pierres de carapace d'un enrochement, par exemple).



Figure 2.1 Couvert de glace près du quai de Sainte-Anne-de-Baupré le 8 mars 2012

La figure 2.1 montre un couvert de glace stable le long des battures, ancré sur la tête du quai. C'est une situation qui se produit généralement en milieu de saison hivernale. Le couvert de glace aurait tendance à être plus instable en début et fin de saison hivernale.

2.3 Géotechnique

Les conditions géotechniques dans la zone du quai pourraient être défavorables à la mise en place de structures en dehors de la zone d'empiétement de la structure actuelle ou à la mise en place de surcharges par-dessus la structure actuelle. Les options de quai (caissons ou palplanches) sont particulièrement sensibles à cet aspect.

Il sera recommandé de procéder à des forages géotechniques si le projet s'étend au-delà de l'emprise actuelle du quai ou si des surcharges importantes sont requises dans le cadre du projet envisagé. Le plantage de pieux ou palplanches ou la mise en place de caissons de béton armé exige ce genre d'information géotechnique. Cette information pourrait être également requise pour vérifier si la tranchée d'ancrage du pied des enrochements atteint une couche d'argile.

2.4 Environnement

Le milieu dans lequel se trouve le quai de Sainte-Anne-de-Beaupré est sensible (battures, aire utilisée par les oiseaux migrateurs, paysages remarquables, zone à caractère patrimonial, etc.).

La période retenue pour la construction devra tenir compte entre autres des usages fauniques des lieux (oiseaux et poissons). Les périodes propices à la construction devront être établies lors de l'évaluation environnementale.

3 Niveaux d'eau

3.1 Données disponibles

Une station de mesure des niveaux d'eau de la section Océanographie et données scientifiques (ODS) du Ministère des Pêches et Océans Canada (Service hydrographique du Canada) a opéré en 1966, 1967 et 2006 à Sainte-Anne-de-Beaupré (# 3087). Ces données sont disponibles sur Internet¹.

La principale station de référence de la GDSI pour la région est installée à Lauzon² et opère depuis 1896 (#3250). La station de référence pour Sainte-Anne-de-Beaupré est celle de Saint-François (Île d'Orléans) (#3100). La figure 3.1 illustre la position des différentes stations par rapport au quai de Sainte-Anne-de-Beaupré.

Ces stations fournissent des données de niveaux d'eau au moins aux heures. La définition des niveaux d'eau de conception en vue de travaux à réaliser à Sainte-Anne-de-Beaupré est passée par une analyse à long terme des données de la station de Saint-François (Île d'Orléans) et une comparaison des séries de données synchrones aux deux stations (St-François-IO # 3100 et Sainte-Anne-de-Beaupré # 3087) afin de définir les conditions de niveaux d'eau à Sainte-Anne-de-Beaupré en fonction des périodes de retour des événements ciblés.

Les informations de la Table des marées et courants du Canada (Volume 3) indiquent pour Sainte-Anne-de-Beaupré des marnages³ de marée moyenne de 4,8 m et des marnages de grande marée de 6,46 m. Des événements tels que des ondes de tempêtes ou de très hautes pressions atmosphériques peuvent ponctuellement augmenter ou diminuer les niveaux d'eau et amplifier cette variation du niveau d'eau.

Le SHC donne une différence de 2,388 m entre le Zéro des cartes marines (ZC) et le Niveau moyen des mers (NMM) pour sa station de Sainte-Anne-de-Beaupré et de 2,523 m entre le Zéro des cartes marines (ZC) et le Niveau moyen des mers (NMM) pour sa station de Saint-François (IO). Pour ces deux stations, le ZC est situé sous le NMM.

¹<http://www.meds-sdmm.dfo-mpo.gc.ca/isdm-gdsi/index-fra.html>

²<http://www.meds-sdmm.dfo-mpo.gc.ca/isdm-gdsi/twl-mne/inventory-inventaire/sd-ds-fra.asp?no=3250&user=isdm-gdsi®ion=LAU&ref=maps-cartes>

³Marnage : différence d'élévation du niveau d'eau entre une marée haute et une marée basse successives

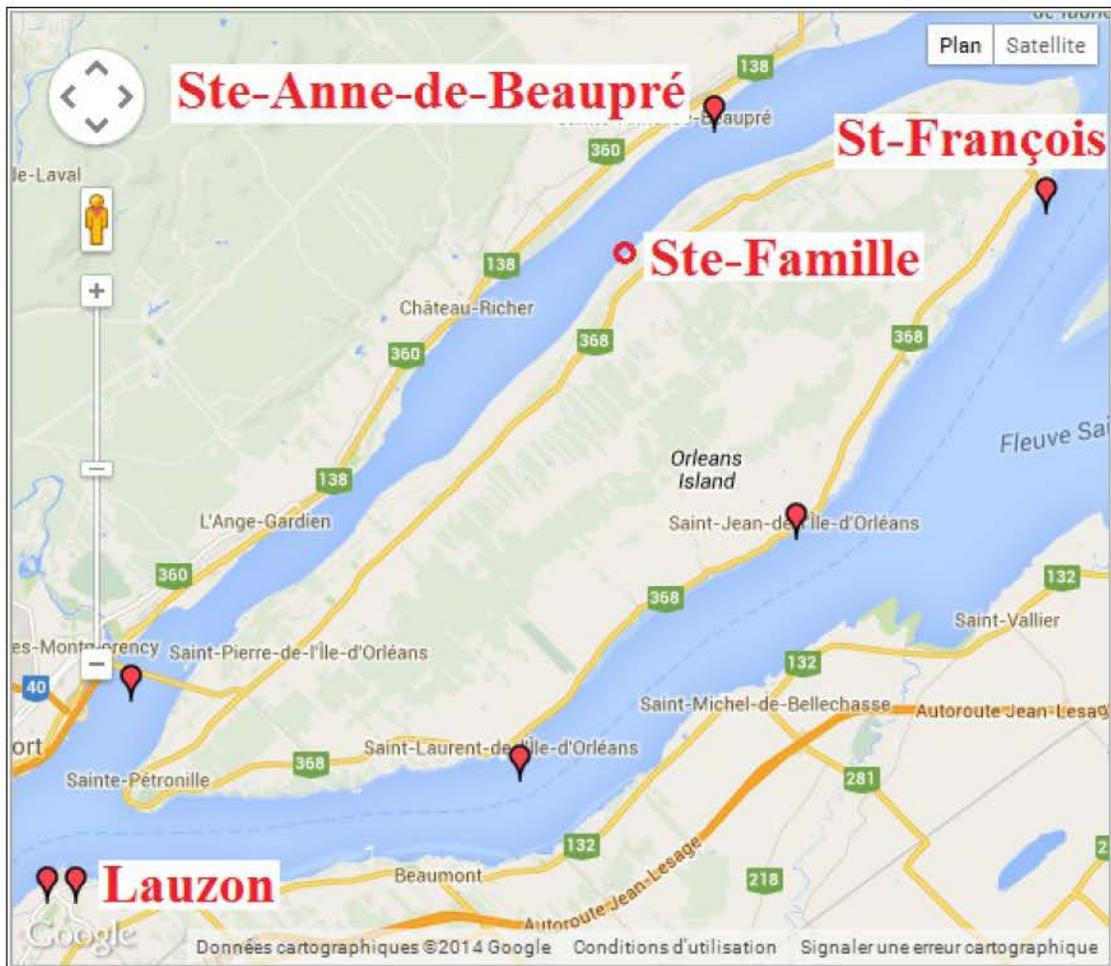


Figure 3.1 Localisation des stations de niveau d'eau de la GDSI

3.2 Informations générales du SHC

Le Service hydrographique du Canada (SHC) fournit les informations générales suivantes pour la marée à Saint-François (Île d'Orléans).

Tableau 3.1 Données du SHC pour St-François-IO (m ZC)

| | | | |
|------------------------------|-----------------------|---------------|-------|
| Localité | St-François (IO) | | |
| Port de référence | St-François (IO) | | |
| Carte marine no | 1317 | | |
| Type de marées | Semi-diurne | | |
| Marnage | Marée moyenne | 4,8 m | |
| | Grande marée | 6,4 m | |
| Hauteur | Pleine mer supérieure | Marée moyenne | 5,5 m |
| | | Grande marée | 6,8 m |
| | Basse mer inférieure | Marée moyenne | 0,7 m |
| | | Grande marée | 0,4 m |
| Extrêmes enregistrés | Extrême de pleine mer | 7,5 m | |
| | Extrême de basse mer | -0,5 m | |
| Niveau moyen de l'eau | 2,9 m | | |

3.3 Base de données de la station de Saint-François (IO)

L'évaluation des fréquences de dépassement des niveaux d'eau enregistrés à la station de Saint-François (IO) a été faite entre 1962 et 2014. La figure 3.2 illustre cette analyse pour les « extrêmes hauts » observés pendant cette période.

D'après la base de données disponibles et en utilisant la régression logarithmique obtenue avec cette base de données, les niveaux d'eau ont été calculés à Saint-François (IO) pour les récurrences suivantes :

- Une heure par 50 années : +7,65 m ZC ou +5,13 m NMM
- Une heure par 25 années : +7,53 m ZC ou +5,01 m NMM
- Une heure par 10 années : +7,37 m ZC ou +4,84 m NMM
- Une heure par 5 années : +7,24 m ZC ou +4,72 m NMM
- Une heure par 2 années : +7,08 m ZC ou +4,56 m NMM
- Une heure par année : +6,96 m ZC ou +4,44 m NMM
- Douze heures par année : +6,52 m ZC ou +4,00 m NMM
- Une journée par année : +6,39 m ZC ou +3,87 m NMM

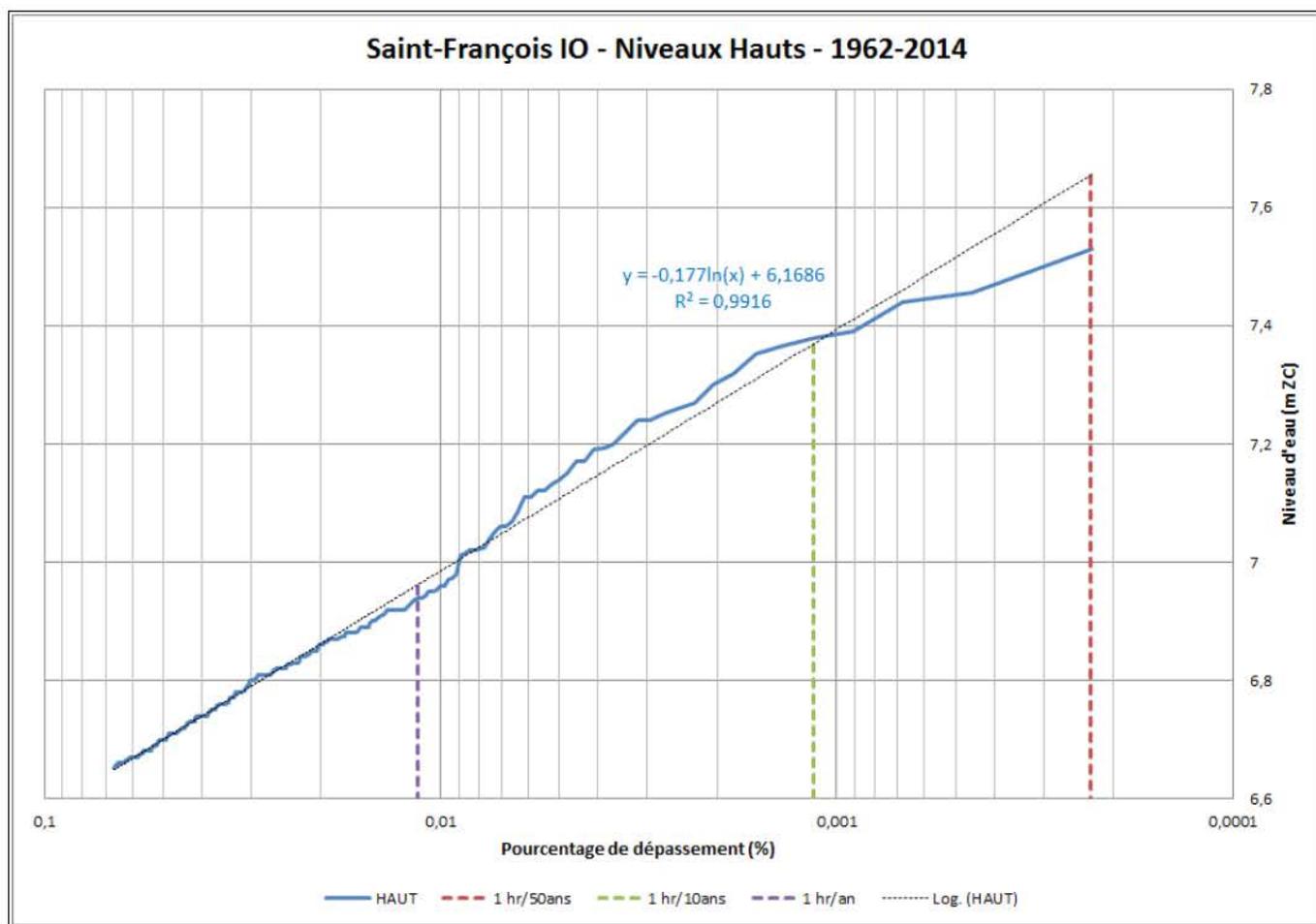


Figure 3.2 Fréquences de dépassement des niveaux d'eau hauts à Saint-François (IO) (1962 à 2014)

3.4 Influence des changements climatiques sur les niveaux d'eau hauts

Dans le cadre du dimensionnement d'infrastructures portuaires qui devraient avoir une durée de vie utile de l'ordre d'une cinquantaine d'années, il est prudent de prendre en compte la hausse prévisible des niveaux d'eau en relation avec les changements climatiques. Les informations fournies par le GIEC⁴ seront utilisées pour définir un taux de remontée des niveaux moyens des océans et l'appliquer aux niveaux d'eau extrêmes prévisibles dans le contexte du dimensionnement des infrastructures portuaires.

Le cinquième rapport d'évaluation du GIEC a été publié en 2013 et 2014. En ce qui concerne l'évolution du niveau moyen des océans, plusieurs scénarios climatiques ont été analysés.

⁴Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (IPCC en Anglais)

La figure 3.3, extraite du rapport synthèse⁵, présente les courbes (moyenne et enveloppes) de l'évolution prévisible du niveau moyen des océans selon deux scénarios climatiques (RCP2.6 – optimiste et RCP8.5 – pessimiste/réaliste).

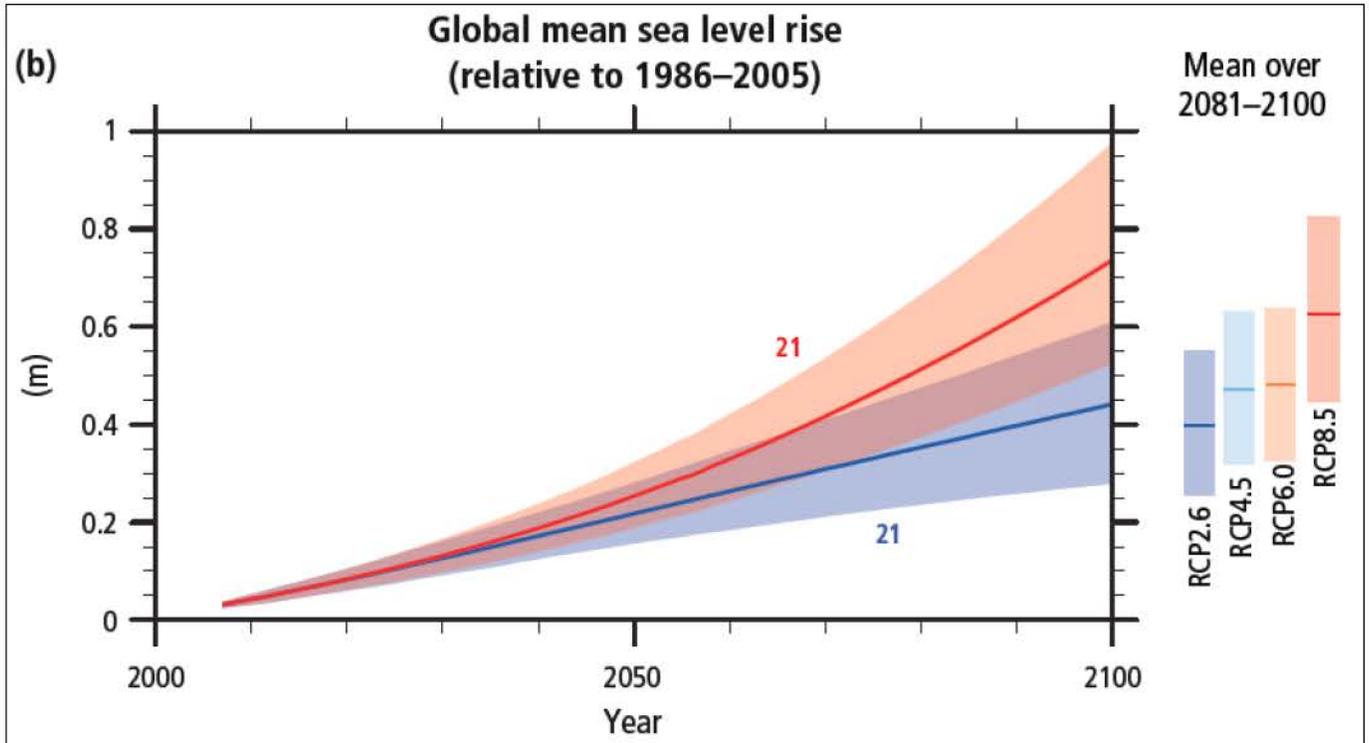


Figure 3.3 Évolution du niveau moyen des mers selon le scénario climatique retenu

La figure 3.4 présente la même information sous une forme différente, soit les enveloppes de valeurs à l'échéance 2081-2100 par rapport à la situation de 1986-2005. Cette figure est extraite du chapitre 13 du rapport scientifique⁶ (Assessment report)

⁵Climate change 2014 – Synthesis report – Summary for policymakers (https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_FRENCH.pdf)

⁶WG1-AR5-Chapitre 13 « Sea level changes » (https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter13_FINAL.pdf)

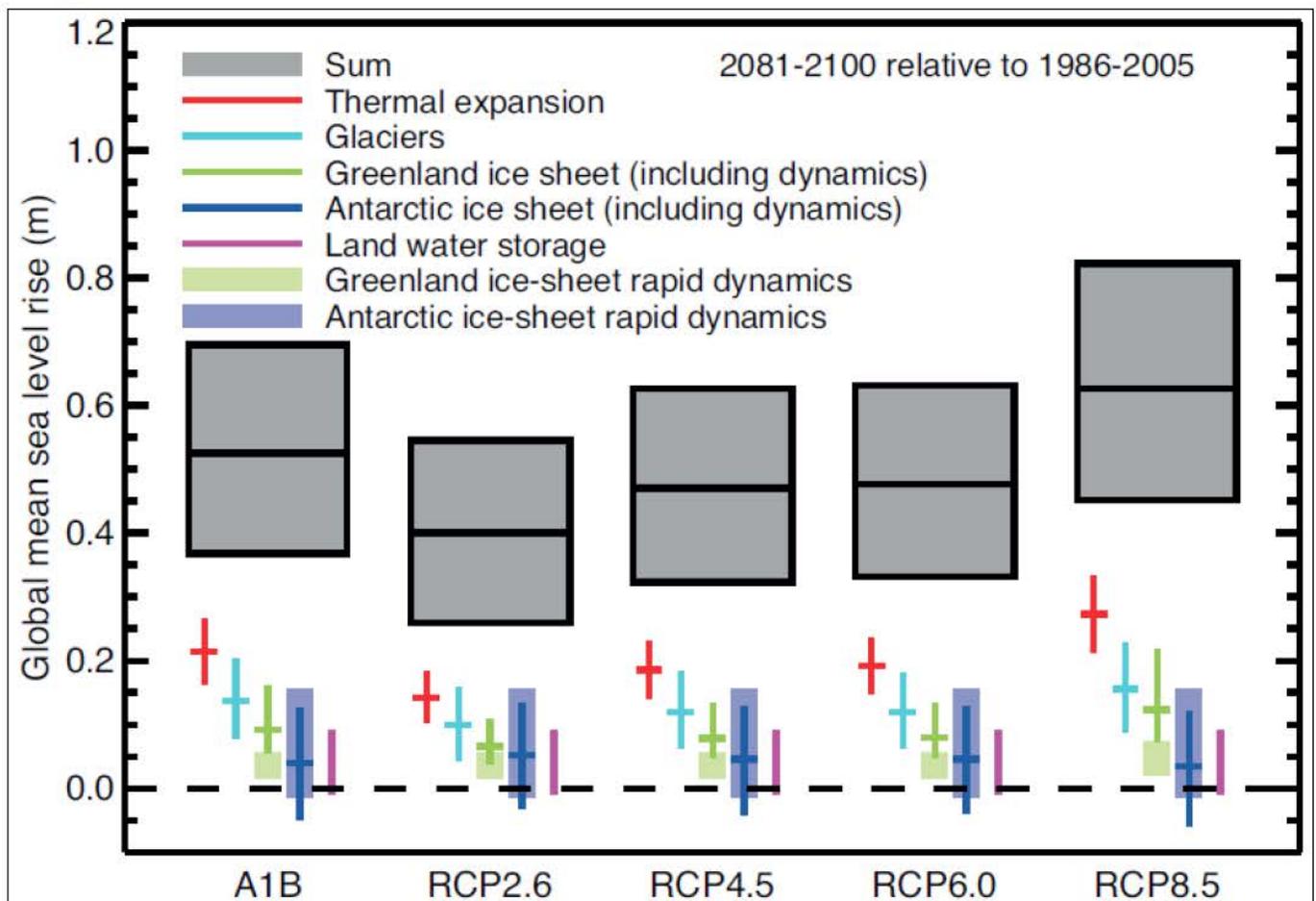


Figure 3.4 Relèvement du niveau moyen des océans selon le scénario climatique retenu

La façon dont se déroulent les négociations en vue de la réduction d'émission de gaz à effet de serre et le niveau des engagements actuels de l'ensemble des gouvernements tendent à indiquer que c'est le pire scénario (RCP8.5) qui probablement est le plus réaliste pour l'instant. Du point de vue de l'ingénierie des ouvrages, il est également recommandé d'éviter les scénarios trop optimistes compte tenu des risques encourus.

Une courbe exponentielle a été ajustée sur la courbe moyenne du scénario RCP8.5 (figure 3.3). La figure 3.5 présente l'évolution (hausse) du niveau d'eau obtenue en fonction des années en prenant pour point de départ 2010. La ligne continue bleue représente l'évolution exponentielle alors que la courbe pointillée rouge représente l'évolution linéaire selon le taux de relèvement des niveaux d'eau actuellement observé.

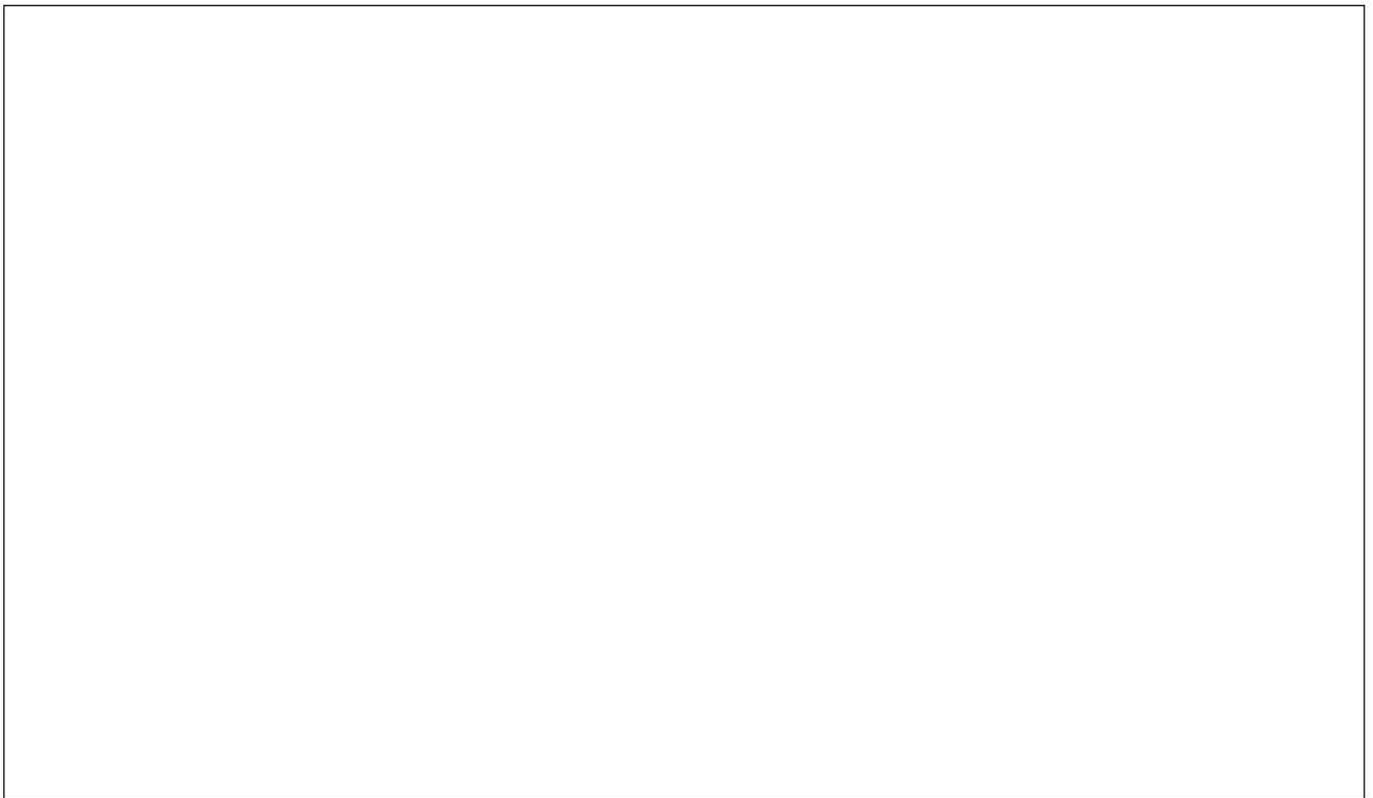


Figure 3.5 Évolution du niveau d'eau moyen des océans déduite des informations du GIEC-2014

Cette information indique qu'il faudrait prévoir un rehaussement des niveaux d'eau de 0,25 m sur 50 ans en fonction des changements climatiques.

3.5 Relèvement isostatique dans la région de Saint-François (IO)

Ressources naturelles Canada (NRCan) met à la disposition du public un modèle permettant de calculer pour tout point au Canada le taux de mouvement de la croûte terrestre⁷.

Pour le site de Saint-François (IO), le taux de relèvement fourni par le modèle de NRCan est de 2,40 mm/an vers le haut. Il faudrait donc soustraire 120 mm (50 fois 2,4 mm) au rehaussement du niveau d'eau prévu à Saint-François (IO), ce qui donnerait un rehaussement effectif du niveau d'eau de 0,13 m en 50 ans.

⁷<http://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/tools-outils/trx.php>

3.6 Étude des hausses du niveau d'eau du MPO

Une étude récente⁸ a été publiée par Pêches et Océans Canada (MPO) à propos des valeurs de hausse du niveau d'eau à considérer le long des côtes du Canada. Les tableaux 5b et 6b de cette étude donnent les chiffres suivants comme allocation de hausse de niveau d'eau à considérer à Lauzon, la station la plus proche de Sainte-Anne-de-Beaupré, pour le scénario RCP 8.5 et la période allant de 1995 à 2050 :

- 0,25 m pour la hausse non-corrigée du niveau d'eau et
- **0,15 m** pour la hausse des niveaux d'eau corrigée des mouvements de la croûte terrestre.

Les deux approches sont cohérentes et donnent des valeurs de hausse du niveau d'eau très similaires. C'est la valeur corrigée interpolée selon les recommandations du MPO qui sera retenue, soit environ **0,15 m** de hausse du niveau d'eau dans **50 ans** pour Saint-François (IO).

3.7 Niveaux d'eau hauts recommandés à St-François-IO

Selon ces informations, les valeurs suivantes de niveaux d'eau (incluant l'effet des changements climatiques) devraient actuellement être considérées à Saint-François (IO) pour des périodes de retour données.

- | | | | |
|-----------------------------|------------|----|-------------|
| - Une heure par 50 années : | +7,80 m ZC | ou | +5,28 m NMM |
| - Une heure par 25 années : | +7,59 m ZC | ou | +5,07 m NMM |
| - Une heure par 10 années : | +7,39 m ZC | ou | +4,86 m NMM |
| - Une heure par année : | +6,96 m ZC | ou | +4,44 m NMM |

La figure 3.6 illustre l'effet de la hausse du niveau moyen des mers sur les grands niveaux d'eau à Saint-François (IO).

⁸Zhai L., B. Greenan, J. Hunter, T.S. James, G. Han, R. Thomson, and P. MacAulay 2014. Estimating Sea-level Allowances for the coasts of Canada and the adjacent United States using the Fifth Assessment Report of the IPCC. Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean. Sci. 300: v + 146 pp.

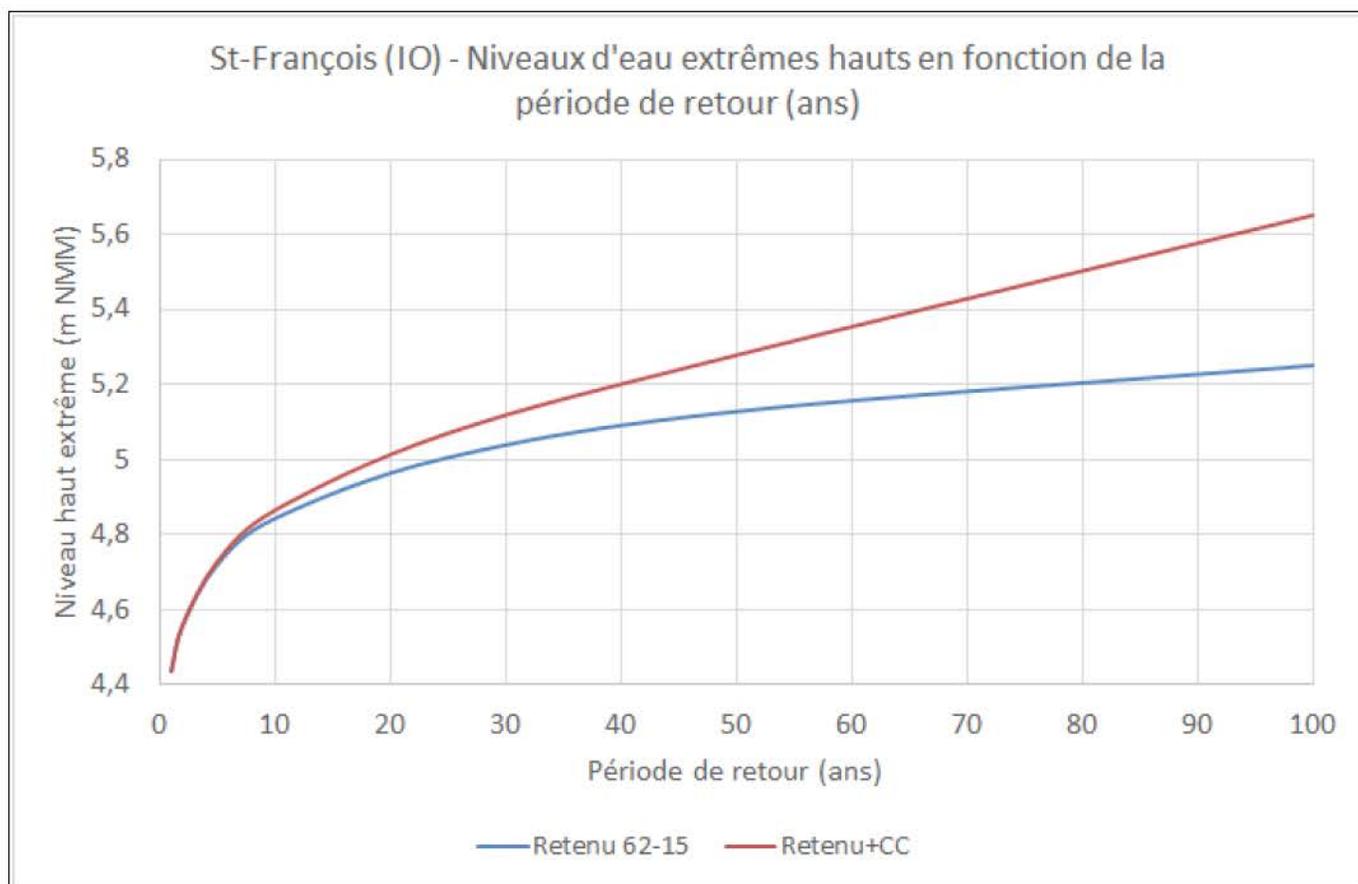


Figure 3.6 Fréquence de dépassement des hauts niveaux d'eau à Saint-François (IO) sans et avec l'impact des changements climatiques (niveaux en référence au niveau moyen des mers ou NMM)

3.8 Comparaison entre les niveaux d'eau aux stations de Saint-François (IO), Lauzon et Sainte-Anne-de-Baupré

Des comparaisons ont été faites entre les niveaux d'eau enregistrés simultanément aux stations de Lauzon, de Saint-François (IO) et de Sainte-Anne-de-Baupré en 2006. Des données sont disponibles pour la station de Sainte-Anne-de-Baupré en 1966 et 1967, mais de sérieux doutes ont été soulevés quant à la validité de ces informations (communication personnelle avec André Godin du SHC). Pour avoir une idée du décalage entre les niveaux d'eau hauts à Saint-François (IO) et Sainte-Anne-de-Baupré, une comparaison a été faite de la fréquence de dépassement des niveaux d'eau enregistrés simultanément aux deux stations, mais uniquement sur les données de 2006 qui avaient préalablement été validées par le SHC.

La figure 3.7 présente cette comparaison. On remarque sur cette figure que les niveaux d'eau hauts à Sainte-Anne-de-Baupré seraient environ 3 cm en-dessous de ceux de Saint-François (IO) de façon assez constante (référence : zéros des cartes marines locaux).

Compte tenu de cette faible différence entre les niveaux d'eau hauts des deux stations, la recommandation serait de considérer les niveaux d'eau hauts pour St-François (IO) et d'y appliquer la différence de 30 mm obtenue entre les deux courbes de régression pour obtenir les niveaux d'eau par rapport au zéro des cartes marines à Sainte-Anne-de-Beaupré.



Figure 3.7 Fréquence de dépassement des hauts niveaux d'eau à Sainte-Anne-de-Beaupré et à Saint-François (IO) en 2006

3.9 Recommandation de niveaux d'eau hauts pour Sainte-Anne-de-Beaupré

Suite à l'évaluation comparée des niveaux d'eau à Saint-François (IO) et Sainte-Anne-de-Beaupré, les **niveaux d'eau hauts** (incluant l'influence des changements climatiques) recommandés **pour Sainte-Anne-de-Beaupré** sont les suivants :

- | | | | |
|-----------------------------|------------|----|-------------|
| - Une heure par 50 années : | +7,77 m ZC | ou | +5,38 m NMM |
| - Une heure par 25 années : | +7,56 m ZC | ou | +5,17 m NMM |
| - Une heure par 10 années : | +7,36 m ZC | ou | +4,97 m NMM |
| - Une heure par année : | +6,93 m ZC | ou | +4,54 m NMM |
| - Douze heures par année : | +6,49 m ZC | ou | +4,10 m NMM |

Sur la base des informations du SHC à propos de Saint-François (IO), la « pleine mer de grande marée » (PMSGM) serait à Sainte-Anne-de-Beaupré à l'élévation +6,74 m ZC ou +4,36 m NMM. Ce niveau se produirait en moyenne 3 heures par an.

La figure 3.8 illustre les niveaux d'eau de récurrence cinquante ans, dix ans et un an par rapport au profil du centre de la tête du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré. Cette figure illustre que, sans faire intervenir la notion de vagues, la tête du quai serait actuellement sous l'eau au moins une fois tous les deux ou trois ans et que toute la tête du quai ainsi qu'environ une quarantaine de mètres de la voie d'accès au quai seraient sous l'eau une fois tous les 10 ans. Pour une récurrence de 50 ans, l'eau submergerait toute la zone du quai actuel et de son approche.

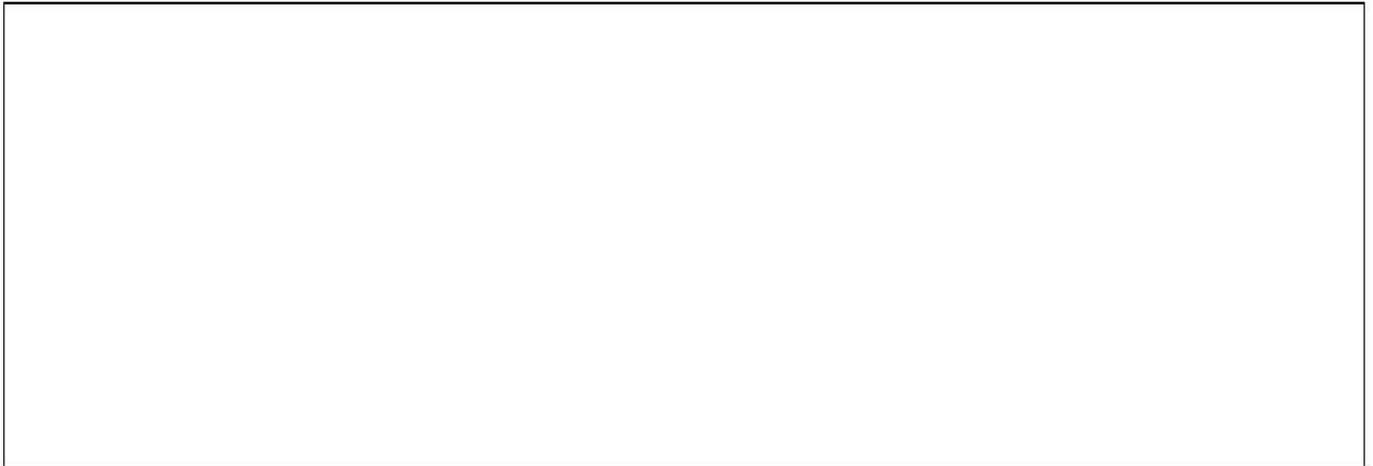


Figure 3.8 Profil du quai et niveaux d'eau hauts (1hr/an, 1hr/10ans et 1hr/50ans)

3.10 Niveaux d'eau bas

Une comparaison des niveaux d'eau bas a été faite entre les stations de Sainte-Anne-de-Beaupré et Saint-François (IO) sur les données synchrones disponibles (1966, 1967 et 2006). La figure 3.9 illustre cette comparaison et le fait que la base de données est trop petite pour être en mesure de tirer des conclusions claires, autre que le fait que les deux stations indiquent des niveaux d'eau bas similaires (en ZC).

En l'absence de séries de données plus complètes, il est recommandé de prendre les valeurs de niveaux d'eau mesurées à la station de Saint-François (IO) (en appliquant la correction locale ZC/NMM) pour obtenir les niveaux d'eau bas à Sainte-Anne-de-Beaupré.

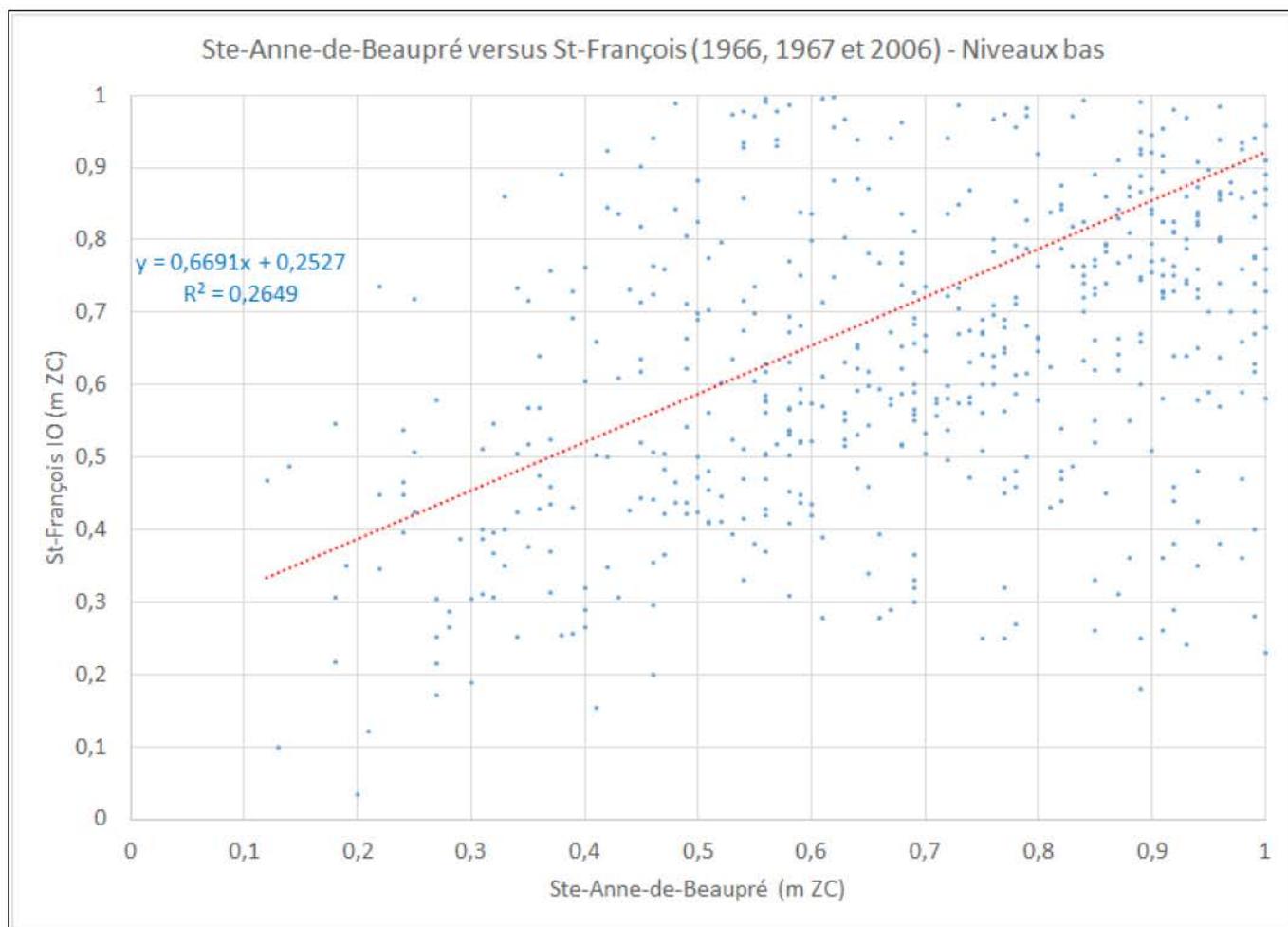


Figure 3.9 Comparaison des niveaux bas synchrones à Sainte-Anne-de-Beaupré et à Saint-François (IO) – 1966, 1967 et 2006

Suite à l'évaluation comparée des niveaux d'eau à Saint-François (IO) et Sainte-Anne-de-Beaupré, les **niveaux d'eau bas recommandés pour Sainte-Anne-de-Beaupré** sont les suivants :

- Une heure par 50 années : -0,45 m ZC ou -2,84 m NMM
- Une heure par 25 années : -0,38 m ZC ou -2,77 m NMM
- Une heure par 10 années : -0,28 m ZC ou -2,67 m NMM
- Une heure par année : -0,03 m ZC ou -2,42 m NMM

4 Accessibilité du quai par rapport aux niveaux d'eau

4.1 Hypothèses de base

La saison de navigation considérée pour les besoins opérationnels du quai va du 1^{er} juin au 31 octobre.

Les bateaux qui ont servi à déterminer les critères d'accessibilité au quai sont le AML Levant (LHT=40,36m, largeur=8,84 m, T.E.=1,54m) et le AML Zéphyr (LHT=23,90m, largeur=7,99 m, T.E.=? m). Par contre, à la demande de la compagnie AML, les profondeurs d'eau minimale considérées dans la zone de manœuvre des navires ont été de 13 pieds (4,0 m) et de 20 pieds (6,1 m) incluant le « pied de pilote » (de 5 pieds, à la demande d'AML).

Les différentes zones de manœuvre des navires utilisant le quai de Sainte-Anne-de-Beaupré ont été définies par des lignes parallèles à la façade du quai (à 0, 3 et 4 m au large de la façade actuelle) s'étendant 40 m de part et d'autre du quai (figure 4.1).



Figure 4.1 Zones de manœuvre des navires

L'élévation maximale du fond du fleuve dans la zone de manœuvre des navires susceptibles d'aller au quai de Sainte-Anne-de-Beaupré, calculée à partir des données du relevé bathymétrique, est de :

- 1,0 m sous le zéro des cartes marines dans l'axe de la façade du quai
- 1,6 m sous le zéro des cartes marines à 3 m au large de l'axe de la façade du quai.
- 1,8 m sous le zéro des cartes marines à 4 m au large de l'axe de la façade du quai.

4.2 Accessibilité en termes de niveaux d'eau

La base de données des niveaux d'eau de Saint-François (IO) a été analysée entre le 1^{er} juin et le 31 octobre de 1962 à 2015 pour définir la période pendant laquelle le quai serait accessible suivant les deux critères présentés plus haut, soit 20 pieds (6,1 m) et 13 pieds (4,0 m) de profondeur d'eau dans la zone de

manœuvre. Deux autres critères de profondeur ont été ajoutés pour couvrir une plus grande gamme de navires, soit 9 pieds (2,7 m) et 5 pieds (1,5 m) de profondeur d'eau minimale dans la zone de manœuvre.

Les tableaux 4.1 à 4.3 présentent les résultats en fonction de la position de la façade du quai (à 0, 3 et 4 m au large de la façade actuelle) en termes de :

- Fréquence de dépassement vers le haut du niveau d'eau requis pour respecter la profondeur d'eau minimale visée,
- Nombre d'heures d'accès au quai par saison (max de 3672 heures) en fonction de la profondeur d'eau minimale visée.
- Nombre moyen d'heures d'accès au quai par marée de 12,4 heures en fonction de la profondeur d'eau minimale visée. Dans une saison (1^{er} juin au 31 octobre ou 3672 heures), il y a environ 295 cycles de marée (de 12 heures 25 minutes chacun).

Tableau 4.1 Accessibilité au quai en fonction de la profondeur d'eau minimale visée pour une position de la face du quai à l'emplacement de la façade actuelle (élévation du fond = -1,0 m ZC)

| Profondeur d'eau visée | | Élévation minimale du niveau d'eau | | Fréquence de dépassement | Nombre d'heures par saison | Nombre moyen d'heures par marée |
|------------------------|-----|------------------------------------|-------|--------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| (pieds) | (m) | m ZC | m NMM | (%) | (heures) | (heures) |
| 20 | 6,1 | 5,1 | 2,7 | 8,95 | 330 | 1,1 |
| 13 | 4 | 3 | 0,6 | 45,6 | 1674 | 5,7 |
| 9 | 2,7 | 1,7 | -0,7 | 70,09 | 2574 | 8,7 |
| 5 | 1,5 | 0,5 | -1,9 | 97,28 | 3572 | 12,4 |

Tableau 4.2 Accessibilité au quai en fonction de la profondeur d'eau minimale visée pour une position de la face du quai à 3 m au large de la façade actuelle (élévation du fond = -1,6 m ZC)

| Profondeur d'eau visée | | Élévation minimale du niveau d'eau | | Fréquence de dépassement | Nombre d'heures par saison | Nombre moyen d'heures par marée |
|------------------------|-----|------------------------------------|-------|--------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| (pieds) | (m) | m ZC | m NMM | (%) | (heures) | (heures) |
| 20 | 6,1 | 4,5 | 2,1 | 19,41 | 713 | 2,4 |
| 13 | 4 | 2,4 | 0 | 56,3 | 2067 | 7 |
| 9 | 2,7 | 1,1 | -1,3 | 83,23 | 3056 | 10,3 |
| 5 | 1,5 | -0,1 | -2,5 | 100 | 3672 | 12,4 |

Tableau 4.3 Accessibilité au quai en fonction de la profondeur d'eau minimale visée pour une position de la face du quai à 4 m au large de la façade actuelle (élévation du fond = -1,8 m ZC)

| Profondeur d'eau visée | | Élévation minimale du niveau d'eau | | Fréquence de dépassement | Nombre d'heures par saison | Nombre moyen d'heures par marée |
|------------------------|-----|------------------------------------|-------|--------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| (pieds) | (m) | m ZC | m NMM | (%) | (heures) | (heures) |
| 20 | 6,1 | 4,3 | 1,9 | 23,16 | 850 | 2,9 |
| 13 | 4 | 2,2 | -0,2 | 60,1 | 2207 | 7,5 |
| 9 | 2,7 | 0,9 | -1,5 | 88,24 | 3240 | 11 |
| 5 | 1,5 | -0,3 | -2,7 | 100 | 3672 | 12,4 |

Du point de vue des opérations à quai, il est difficile de penser qu'une fenêtre d'opération de moins de trois heures par marée soit pratique. On constate dans les tableaux 4.1 à 4.3 que les bateaux exigeant 20 pieds ou 6,1 m d'eau pour accéder au quai ne respectent (de justesse) ce critère qu'en reportant la façade du quai à 4 m de la façade actuelle.

Les bateaux dont l'exigence de profondeur d'eau minimale est de 13 pieds ou 4,0 m (et moins) auraient par contre des fenêtres d'opération adéquates, à condition de programmer les visites au quai de Sainte-Anne-de-Beaupré en fonction des marées.

5 Étude des vagues

5.1 Contexte de l'étude de vagues

Une étude de prédiction des vagues a été effectuée dans le cadre de l'étude de la réhabilitation du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré (IO). En l'absence de données de vagues appropriées, celles-ci sont établies à l'aide d'un modèle mathématique sur ordinateur, à partir des enregistrements de vent à une station météorologique avoisinante. Dans le cas de Sainte-Anne-de-Beaupré, l'absence complète de données de vagues enregistrées à proximité empêche la validation des résultats des différentes modélisations de hauteurs de vagues.

La station météorologique terrestre la plus proche du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré est celle du quai de Saint-François⁹ (IO). Deux autres stations météorologiques potentiellement intéressantes sont celles de l'Île aux Grues et celle de Beauport (figure 5.1).



Figure 5.1 Localisation des données météorologiques (Google™ Earth)

La station de Beauport a l'inconvénient d'être plus loin du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré, dans un environnement moins maritime que celui des stations de Saint-François et de l'Île aux Grues et les données de vent n'y sont disponibles que depuis 1999.

⁹Station d'Environnement Canada – Identification Climat : 70132G9 – Position : 46° 59' 48,0" Nord / 70° 48' 30,0" Ouest

La station de Saint-François a l'avantage d'être la plus près du site de Sainte-Anne-de-Beaupré, mais l'inconvénient de ne pas fournir des données de vent réalistes pour le secteur sud-ouest (la présence des falaises de l'île nuit à leur enregistrement par l'anémomètre placé sur le quai).

La station de l'Île aux Grues a l'avantage d'être en milieu plus ouvert que la station de Saint-François et la représentation des vents y est plus réaliste (que ce soit pour les vents du nord-est ou du sud-ouest). C'est cette station qui sera retenue pour la génération des vagues.

En utilisant le logiciel « GENER », les vents ont été analysés et les vagues ont été reconstituées devant le quai de Sainte-Anne-de-Beaupré à partir des données de vent de la station météorologiques de l'Île aux Grues (données de 1994 à 2015).

5.2 Période de calcul des vagues

Les vagues ont été calculées selon quatre périodes « sans glace ».

- La première période, nommée « S2 », est la période actuelle pour laquelle la couverture de glace est absente en moyenne du 15 avril au 15 décembre (5 856 heures/an),
- La deuxième période, nommée « S1 », est la période d'un futur proche en conditions de changements climatiques pour laquelle la couverture de glace est absente en moyenne du 1^{er} avril au 31 décembre (6 600 heures/an),
- La troisième période, nommée « An », est l'année complète du 1^{er} janvier au 31 décembre (8 760 heures/an), cas extrême qui risque de se produire de temps à autre à l'occasion de températures hivernales particulièrement douces.
- Une quatrième période a été considérée pour les opérations au quai. Cette période s'étend du 1^{er} juin au 31 octobre (3 672 heures/an).

5.3 Données de vent de la station de l'île aux Grues

La station météorologique qui a été considérée est la station de l'Île aux Grues (# 701LBPH), située sur l'île (47,07° Nord - 70,53° Ouest). Des données ont été récupérées à cette station de 1994 à 2015. Les données de la station météorologiques ont été complétées par interpolations à chaque fois que c'était possible pour obtenir une base de données continue.

La station météorologique est située sur l'île (altitude 18,3 m) et peut être considérée comme une station maritime. Il est cependant possible que la présence de l'île influence légèrement la direction et la force des vents enregistrés à la station. Par contre les vents dominants du nord-est et du sud-ouest devraient être bien représentés par cette station.

La figure 5.2 illustre la rose des vents de cette station. On peut y lire, selon les seize directions principales, les fréquences des vents dont la vitesse est supérieure à 0, 20, 40, 50 et 60 km/h. Sur ces figures, les fréquences croissent de l'extérieur vers l'intérieur, passant de 0,01 % à 30 % selon une échelle logarithmique afin de mettre en évidence les vents les plus forts. L'échelle des couleurs permet également de visualiser l'orientation et l'importance des vents forts pour chaque station.

On indique aussi sur les figures le nombre maximal et le nombre disponible de valeurs horaires, le pourcentage de couverture (99,98 %) et la fréquence des périodes de temps calme (2,7 %).

La figure 5.2 montre la prédominance des vents forts des secteurs nord-nord-est et nord-est, les vents du secteur sud-ouest venant ensuite en termes de vitesse maximale. Les secteurs les plus calmes sont ceux du sud-est, et du nord-ouest. Les trois roses de vent (année complète, saisons sans glace S1 et S2) sont disponibles à l'annexe « A ».



Figure 5.2 Rose des vents à la station de l'Île aux Grues du 1^{er} avril au 31 décembre (1994-2015)

5.4 Fetchs

Les fetchs sont les distances d'eau libre sur lesquelles les vents peuvent soulever les vagues dans une direction donnée. Les fetchs permettant de calculer la hauteur des vagues au large ont été déterminés à partir des radiales mesurées tous les trois degrés (3°) sur la carte marine # 1317. Le point d'origine des radiales et des fetchs (SAB1) est situé par environ 2 m d'eau à marée basse au large de l'extrémité du quai. Sa position est : $46^\circ 01' 06'' \text{ N} / 70^\circ 55' 31,5'' \text{ O}$. La position de ce point est illustrée sur la figure 5.3.

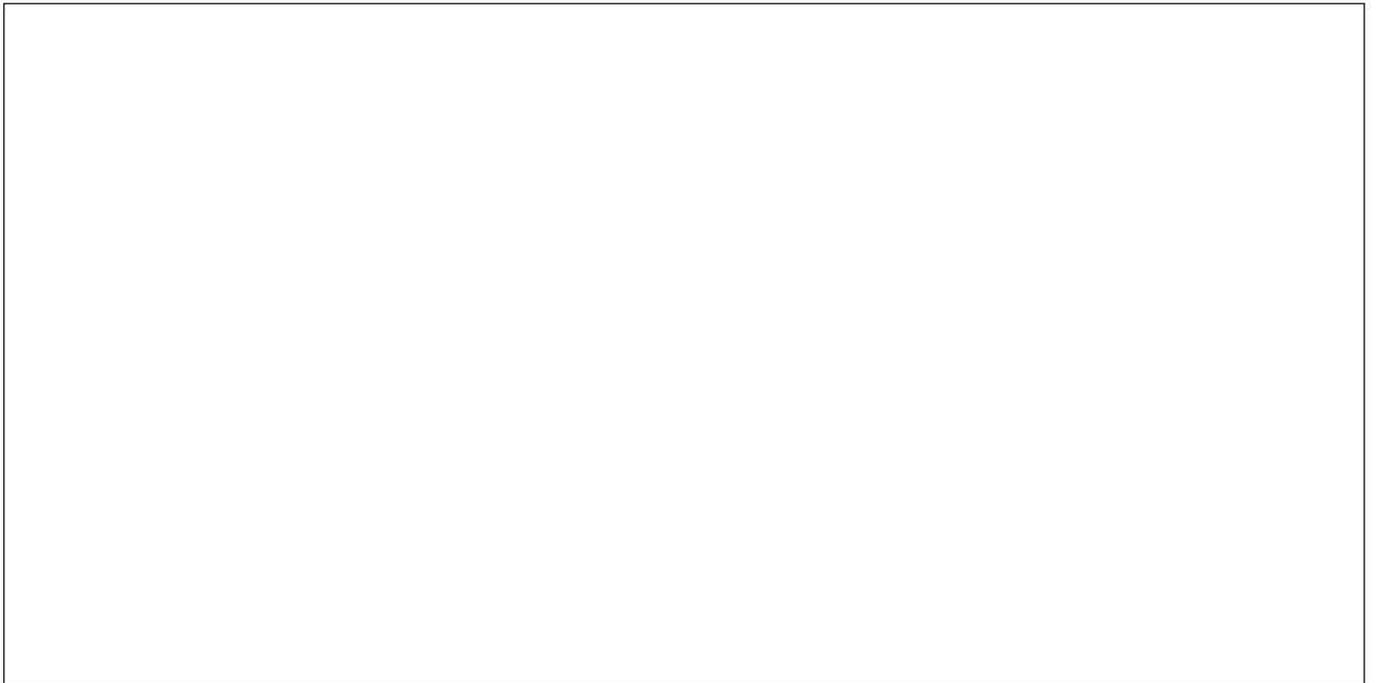


Figure 5.3 Localisation du point d'origine du calcul des fetchs (carte marine # 1317)

Les fetchs utilisés dans les prévisions de vague suivant les directions d'intérêt ont été calculés à l'aide de trois méthodes de calcul des fetchs effectifs. À noter que le fetch utilisé correspond à la moyenne plus un demi écart-type.

Les figures 5.4 et 5.5 représentent graphiquement les radiales mesurées et les fetchs calculés à partir des radiales selon une rose. La géométrie du chenal nord du fleuve au droit de Sainte-Anne-de-Beaupré fait que les principales radiales sont orientées est-nord-est / sud-ouest. Des trois méthodes de calcul utilisées (figure 5.5), la méthode retenue ($\text{Moy} + \text{Std}/2$) est celle qui représente le mieux les longs fetchs et qui produit une évaluation sécuritaire des hauteurs de vagues dans les directions principales.

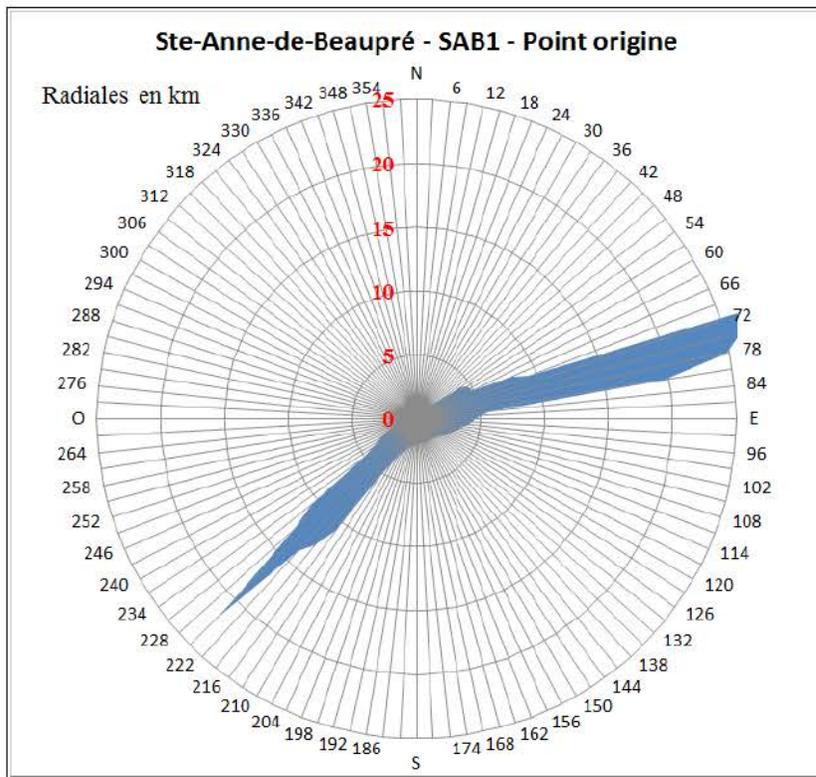


Figure 5.4 Radiales mesurées à partir du point SAB1

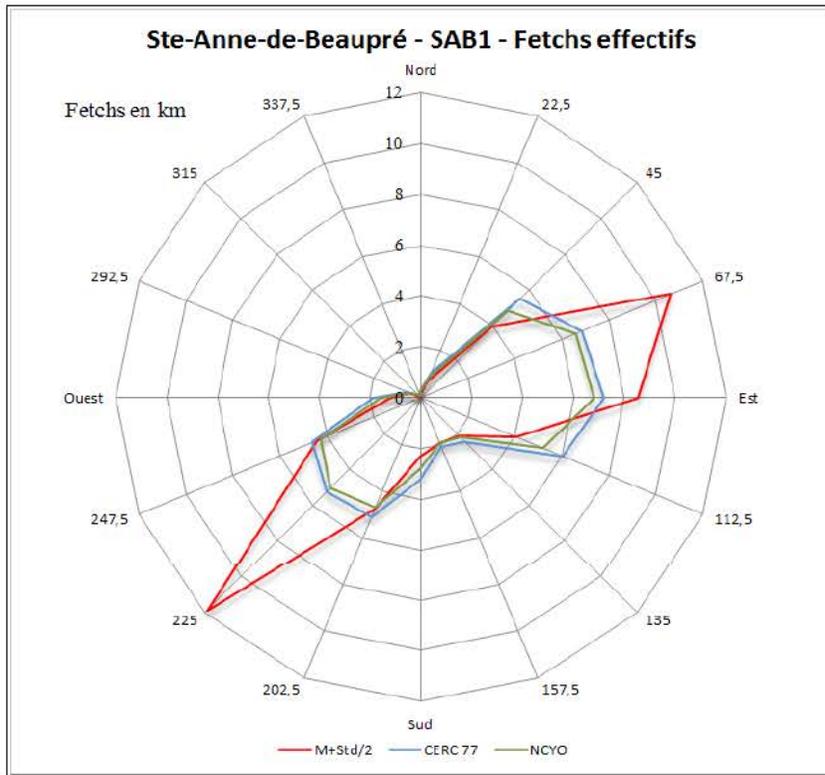


Figure 5.5 Fetchs effectifs calculés à partir du point SAB1

5.5 Génération des vagues au large du quai

À l'aide d'un modèle paramétrique sur ordinateur (GENER¹⁰, développé à l'université Laval), les données de vent de la station de l'Île aux Grues ont été utilisées pour la reconstitution des vagues au large du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré. Compte tenu du fait que le chenal du fleuve près de l'Île aux Grues est plus exposé que le quai de Sainte-Anne-de-Beaupré aux vents forts des secteurs sud-ouest et nord-est, un facteur de réduction a été appliqué sur les vitesses de vent mesurées à la station de l'île aux Grues. Le facteur multiplicatif retenu a été de 0,9 et il a été appliqué aux vitesses de vent utilisées dans les calculs de vagues. Des mesures de vagues près du site du quai seraient requises pour être en mesure de valider ce choix de facteur multiplicatif des vitesses de vent.

C'est la méthode du SPM-77 qui a été utilisée parce qu'il a été démontré par comparaison avec des données de bouées que cette méthode donnait de meilleurs résultats que la méthode du SPM-84 au Québec (réf. UQAR-2013¹¹).

Une profondeur d'eau de 10 m a été retenue dans GENER pour les calculs de hauteur de vagues au large. Cette hypothèse est un peu pessimiste (il y a en général moins d'eau dans le chenal nord) mais a été retenue pour éviter de sous-estimer les hauteurs de vagues qui se produisent lors de grandes marées hautes.

Le modèle GENER applique la méthode S.M.B. (Shore Protection Manual, 1984) de façon séquentielle aux données horaires du vent pour obtenir les statistiques des vagues en un point au large du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré. Les données du vent sont préalablement lissées pour éliminer le plus possible les irrégularités présentes dans les données de ce genre.

La rose de vagues correspondant à un facteur de pondération des vitesses de vent de 0,9 est reproduite sur la figure 5.6 pour la saison sans glace S1 (1^{er} avril au 31 décembre) et indique la prédominance des vagues des secteurs nord-est et sud-ouest au large du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré. Les roses de vagues correspondant aux différentes périodes considérées sont reproduites à l'annexe « B ». Elles sont relativement similaires à la rose de la figure 5.6, les variations étant uniquement le fait des hauteurs de vagues (plus grandes pour l'année complète et plus petites pour la saison S2).

On remarque sur la figure 5.6 que les vagues les plus fréquentes et les plus hautes proviennent du secteur sud-ouest, puis du secteur est-nord-est.

¹⁰Desjardins et Ouellet, 1984 – Université Laval

¹¹Nemeier, U. et al, « Modélisation du régime des vagues du golfe et de l'estuaire du Saint-Laurent pour l'adaptation des infrastructures côtières aux changements climatiques », Rapport 009.1 présenté au MTQ, UQAR/ISMER, Septembre 2013

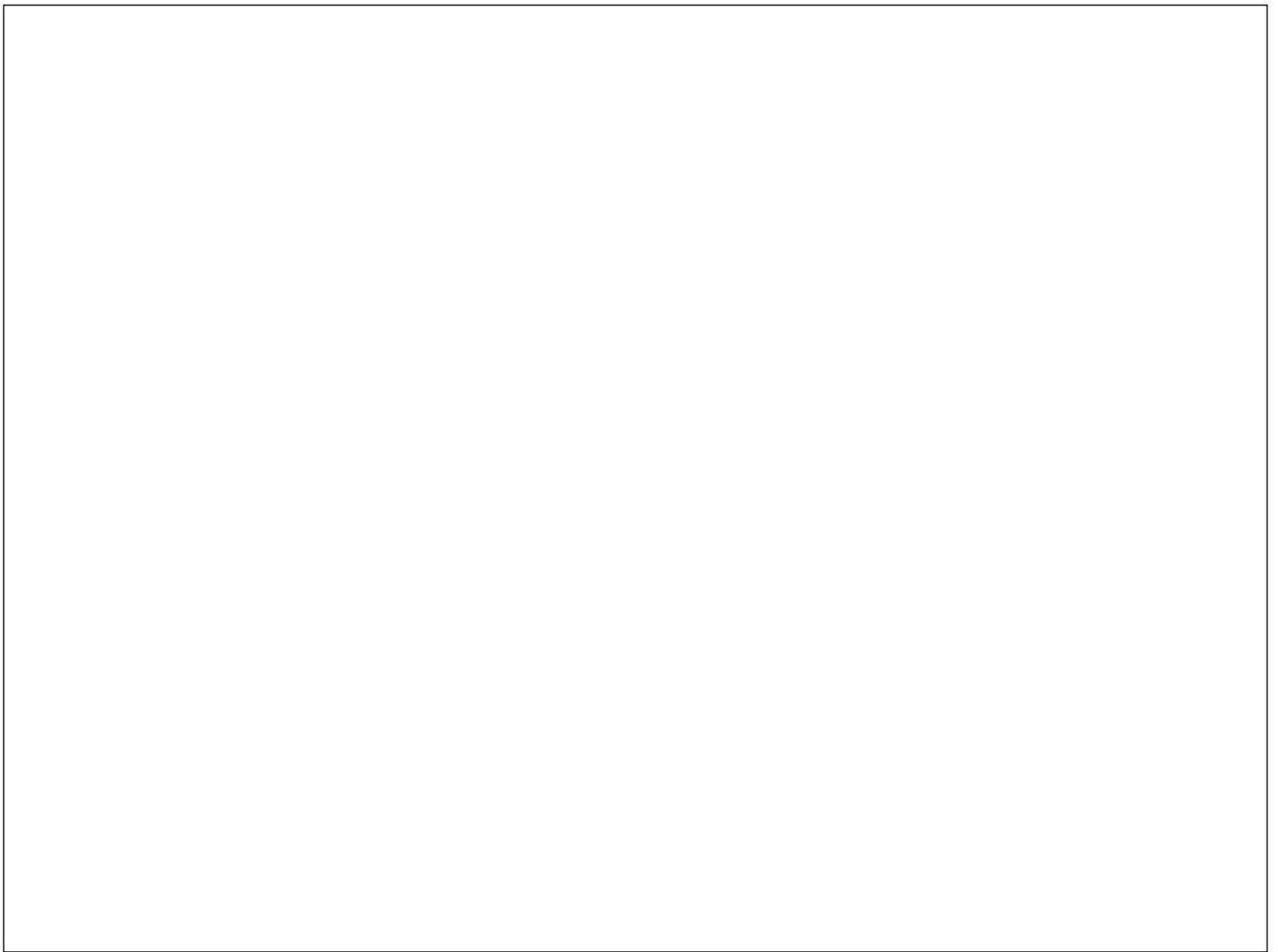


Figure 5.6 Rose des vagues au large du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré (facteur 0,9) du 1^{er} avril au 31 décembre (saison sans glace S1)

La figure 5.7 présente la fréquence de dépassement des hauteurs de vagues devant le quai de Sainte-Anne-de-Beaupré pour les trois périodes sans glace considérées. Cette figure illustre le peu d'impact de la période sur la hauteur des plus grandes vagues calculées avec ces données de vent.

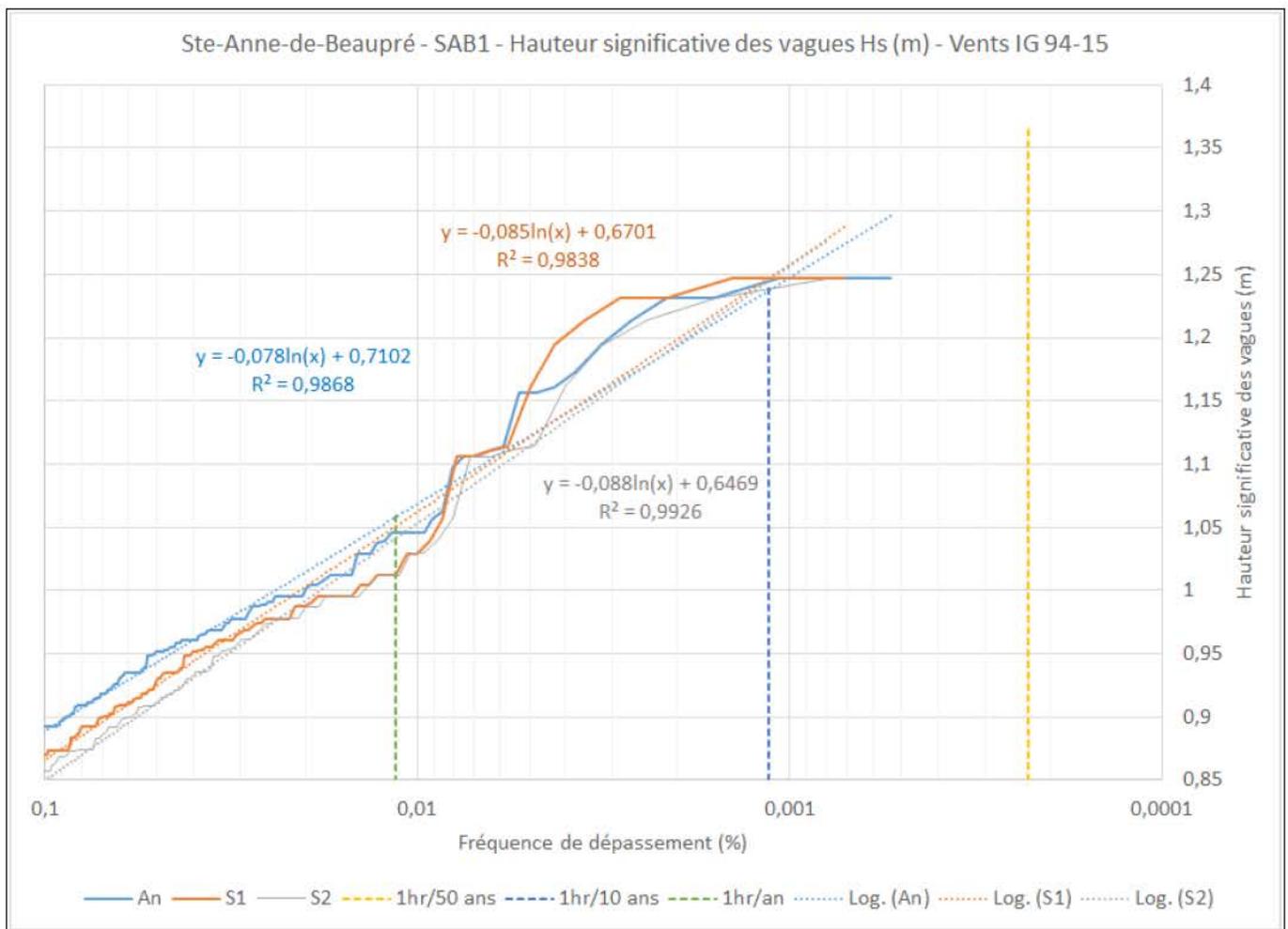


Figure 5.7 Fréquence de dépassement des hauteurs de vagues au large du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré en fonction de la saison sans glace considérée

5.6 Recommandation de hauteur de vagues

En fonction des résultats de l'étude de vague, des localisations respectives de la station de vent (Île aux Grues) et du quai (Sainte-Anne-de-Beaupré), des informations recueillies sur place et de l'expérience, la recommandation est de retenir les hauteurs de vagues calculées avec un **facteur de pondération des vitesses de vent de 0,9**. Il s'agit d'un choix qui, combiné aux autres paramètres retenus, surévalue probablement un peu les hauteurs de vagues réelles, mais de façon raisonnable dans le cadre du dimensionnement préliminaire de ce type d'infrastructure. Dans la gamme de hauteurs de vagues considérées sur la figure 5.7, les hauteurs significatives de vagues calculées sont de l'ordre de :

- pour une période de retour de 50 ans : 1,35 m
- pour une période de retour de 10 ans : 1,25 m
- pour une période de retour d'un an : 1,05 m.

5.7 Définition des événements de dimensionnement

Le calcul de la remontée des vagues sur les infrastructures passe par la définition des événements simultanés de niveaux d'eau hauts et de vagues de tempête qui se produisent près du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré. Si les récurrences de chacun des deux événements (tempête / niveau d'eau) sont relativement bien connues, la récurrence combinée des deux événements extrêmes l'est moins.

Chaque paramètre (niveau d'eau / Hs des vagues réfractées) a fait l'objet d'une définition complète de sa fréquence de dépassement, incluant les événements fréquents.

La figure 5.8 illustre la fréquence de dépassement des niveaux d'eau (à Saint-François IO) et la figure 5.9 illustre la fréquence de dépassement des hauteurs significatives de vagues (facteur de pondération des vitesses de vents de 0,9) utilisées pour définir la récurrence combinée des événements de dimensionnement.

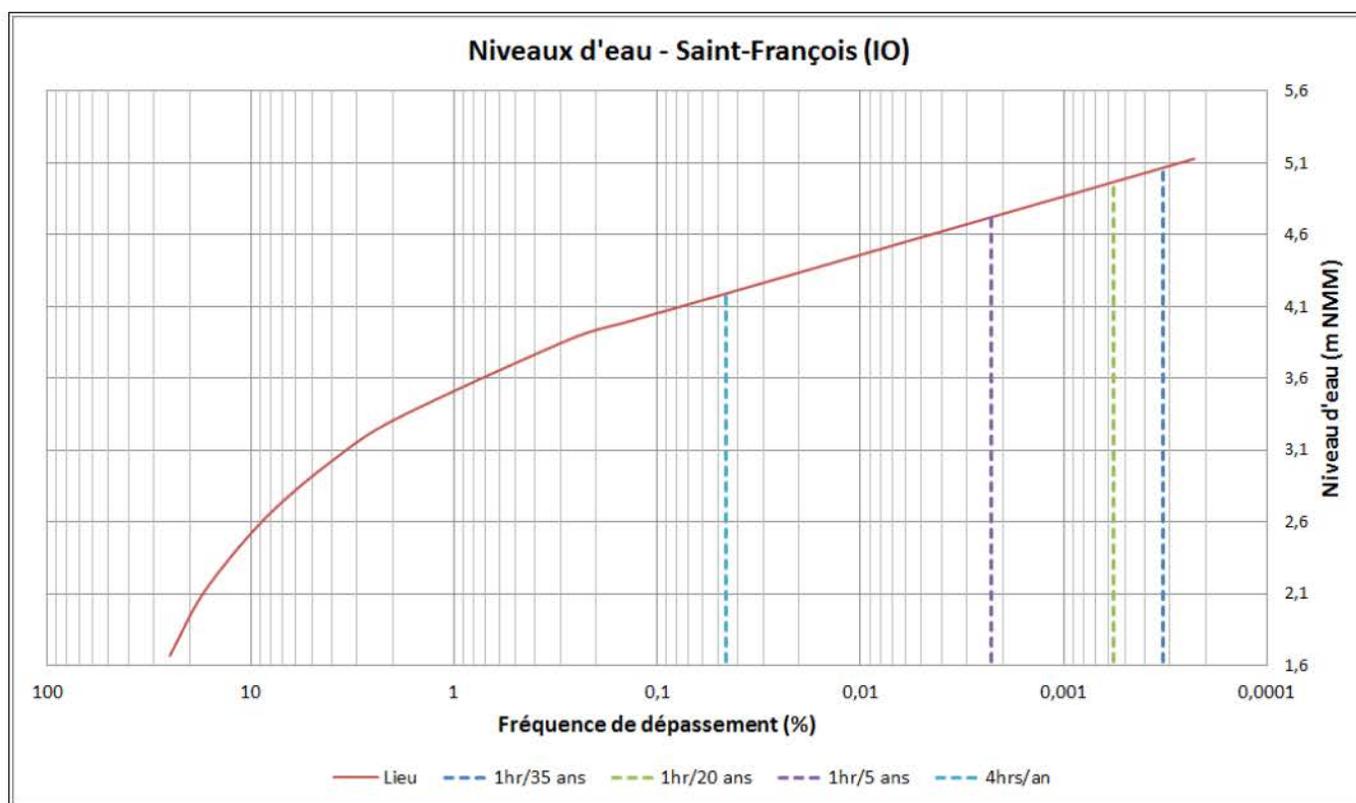


Figure 5.8 Fréquence de dépassement des niveaux d'eau (St-François IO)

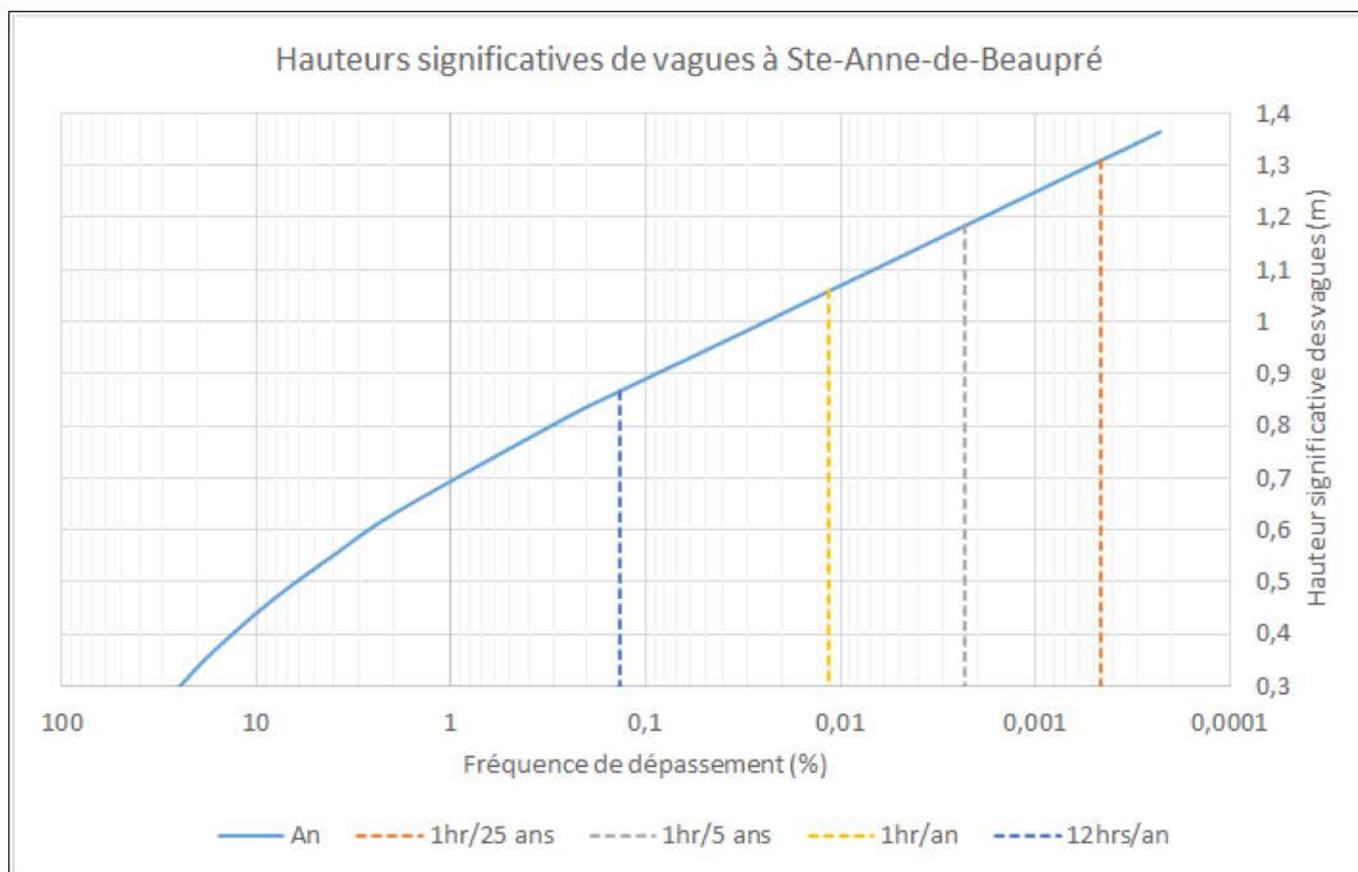


Figure 5.9 Fréquence de dépassement des hauteurs de vagues réfractées (facteur 0,9)

Il faudrait disposer de série temporelles continues de niveaux d'eau et de hauteurs de vagues pour étudier la relation entre les données synchrones de ces deux paramètres et en déduire les paramètres permettant d'évaluer la remontée des vagues sur les ouvrages en enrochement. Ces séries temporelles n'étant disponibles ni pour les hauteurs significatives de vagues (Hs), ni pour les niveaux d'eau, une évaluation approximative de cette relation entre les niveaux d'eau et les hauteurs de vagues a été établie sur la base de l'expérience dans des projets similaires pour une période de retour de l'ordre de 40 ans.

La figure 5.10 illustre la relation établie entre les hauteurs de vagues et les niveaux d'eau pour cette période de retour de 40 ans. La combinaison de récurrence des variables (courbe bleue de la figure 5.10) a permis de définir l'enveloppe des couples « Hs / Niveau d'eau » correspondant à une période de retour de l'ordre de 40 ans (courbe pointillée rouge de la figure 5.10).

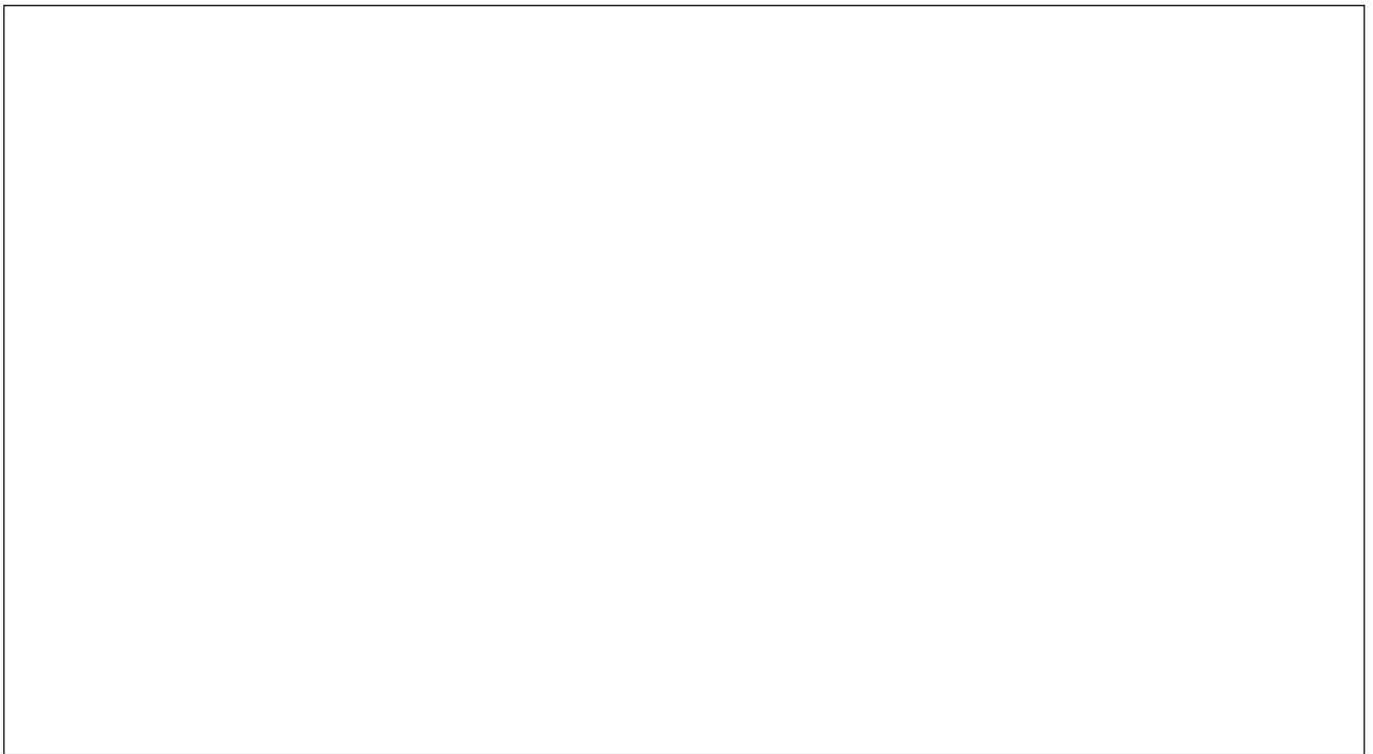


Figure 5.10 Relation « Hs / Niveau d'eau » pour des événements combinés (période de retour de 40 ans)

5.8 Dimensionnement de l'élévation de la crête des enrochements

Le dimensionnement d'un enrochement de protection de la tête du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré a été fait à partir des résultats de l'étude des vagues et des niveaux d'eau. Le premier calcul consiste à déterminer l'élévation recommandée pour la crête de la protection en enrochement en fonction de la remontée des vagues sur cette structure. La pente d'enrochement retenue pour ces calculs a été de 1,5/1.

Les calculs de la remontée ont été faits selon les équations du Coastal Engineering Manual du US Army Corps of Engineers 2003 (Partie II, chapitre II-4-4). Quatre valeurs de remontée de l'eau sur la pente ont été calculées selon la fréquence (2, 5, 10 ou 33 %) à laquelle la crête se fait franchir par les vagues les plus grandes d'un train de vagues donné.

La figure 5.11 illustre les résultats de calcul de la remontée des vagues sur un enrochement placé à la tête du quai pour différents critères de dépassement (5%, 10% et 33%) de la crête de l'enrochement par les vagues de tempêtes, pour une période de retour d'environ 40 ans.



Figure 5.11 Remontée des vagues sur un enrochement à l'extrémité du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré (période de retour de 40 ans)

Compte tenu des incertitudes reliées aux informations concernant les hauteurs de vagues (résultats non-validés) et en considérant la présence d'infrastructures sensibles sur la tête du quai, la recommandation est de retenir les valeurs correspondant à un critère de franchissement de 10%, en prenant la précaution de dimensionner les enrochements pour résister aux franchissements occasionnels et pour que les franchissements occasionnels n'entraînent pas de bris majeurs sur les infrastructures.

Avec ce critère, les enrochements se feront parfois franchir lors des tempêtes importantes, mais ces franchissements ne devraient pas affecter de façon importante leur stabilité ni celle des infrastructures protégées par ces enrochements.

Selon les résultats illustrés sur la figure 5.11 pour l'**extrémité du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré**, la recommandation serait de prévoir comme carapace des enrochements en mesure de résister à des événements conjuguant très hauts niveaux d'eau et forte tempête et de placer l'élévation de la **crête de l'enrochement de protection de la tête du quai à +6,3 m NMM**.

L'élévation de la crête des enrochements peut diminuer au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'extrémité du quai, les effets de réfraction des vagues étant de plus en plus efficaces en s'approchant de la rive, avec la remontée de la batture.

5.9 Dimensionnement des pierres de carapace

Les hauteurs de vagues calculées pour l'extrémité du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré donneraient des grosseurs de pierre de carapace de l'ordre de 0,3 à 0,5 tonnes pour l'extrémité ou l'approche du quai. Ces grosseurs de pierre ne sont pas recommandées dans un environnement soumis aux contraintes de glace tel que l'estuaire du fleuve Saint-Laurent.

Pour tenir compte de la présence des glaces, il est recommandé d'utiliser des enrochements placés selon une pente de 1,5 / 1 (H/V) et des pierres de carapace de :

- 1 à 3 tonnes près de l'extrémité du quai (épaisseur de couche de 1,9 m, largeur minimale de crête de 2,8 m) et
- 0,5 à 1,5 tonnes le long de l'approche du quai (épaisseur de couche de 1,5 m, largeur minimale de crête de 2,3 m).

5.10 Calcul des vagues sur la saison d'opération

Les hauteurs de vagues ont également été calculées pendant la période d'opération du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré, saison qui s'étend du 1^{er} juin au 31 octobre.

Les mêmes paramètres et méthodes de calculs ont été utilisés pour les vagues sur la saison d'opération que pour les autres périodes considérées (sections 5.3 à 5.5).

La rose de vagues correspondant à un facteur de pondération des vitesses de vent de 0,9 est reproduite sur la figure 5.12 pour la saison d'opération du quai (1^{er} juin au 31 octobre) et indique la prédominance des vagues des secteurs sud-ouest puis du nord-est au large du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré.

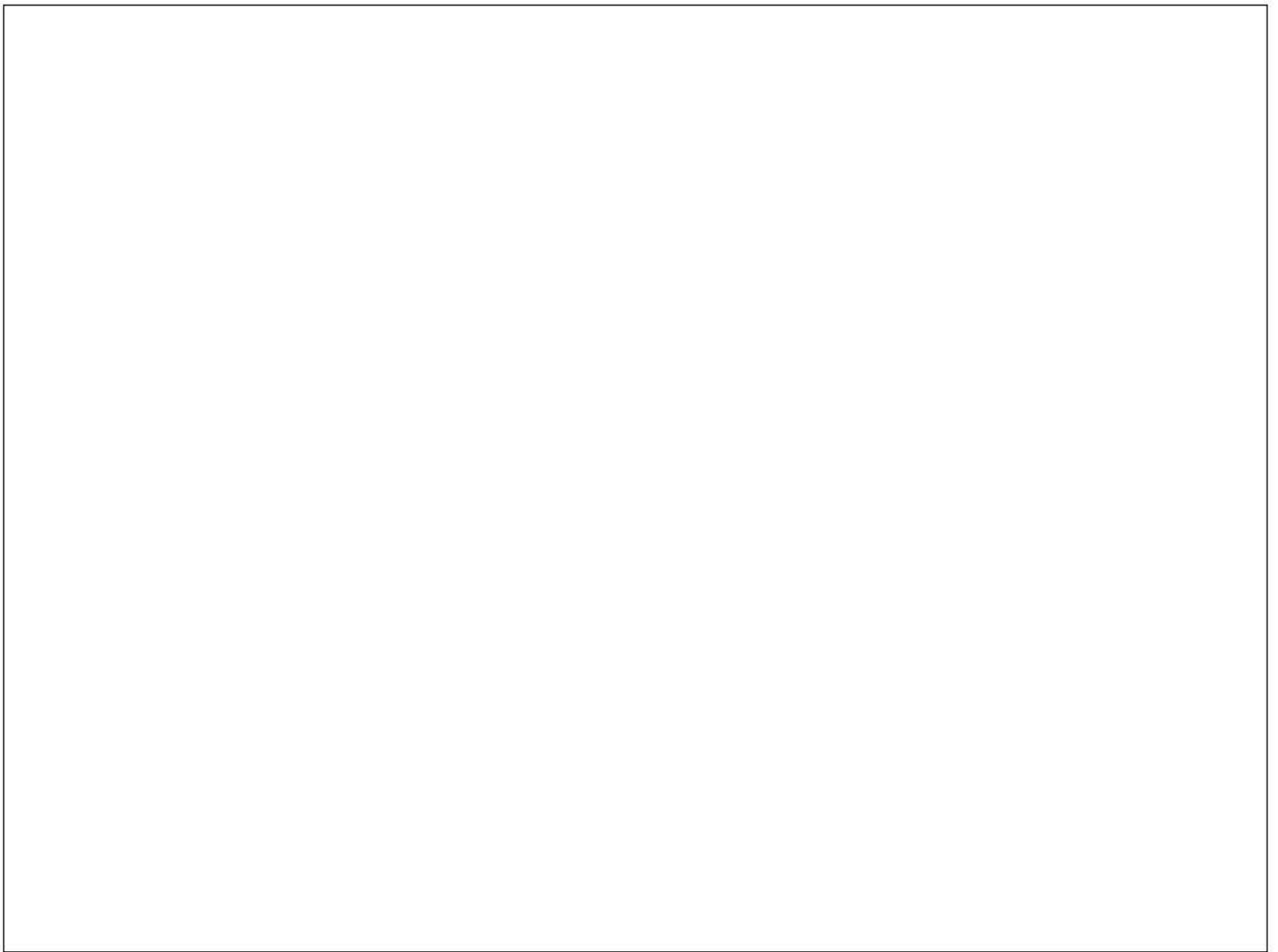


Figure 5.12 Rose des vagues au large du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré (facteur 0,9) du 1^{er} juin au 31 octobre (saison d'opération du quai)

La figure 5.13 présente la fréquence de dépassement des hauteurs de vagues devant le quai de Sainte-Anne-de-Beaupré pendant la période d'opération du quai. Dans la gamme de hauteurs de vagues considérées sur la figure 5.13, les hauteurs significatives de vagues calculées sont de l'ordre de :

- pour une période de retour de 50 ans : 1,25 m,
- pour une période de retour de dix ans : 1,12 m,
- pour une période de retour d'un an : 0,91 m.

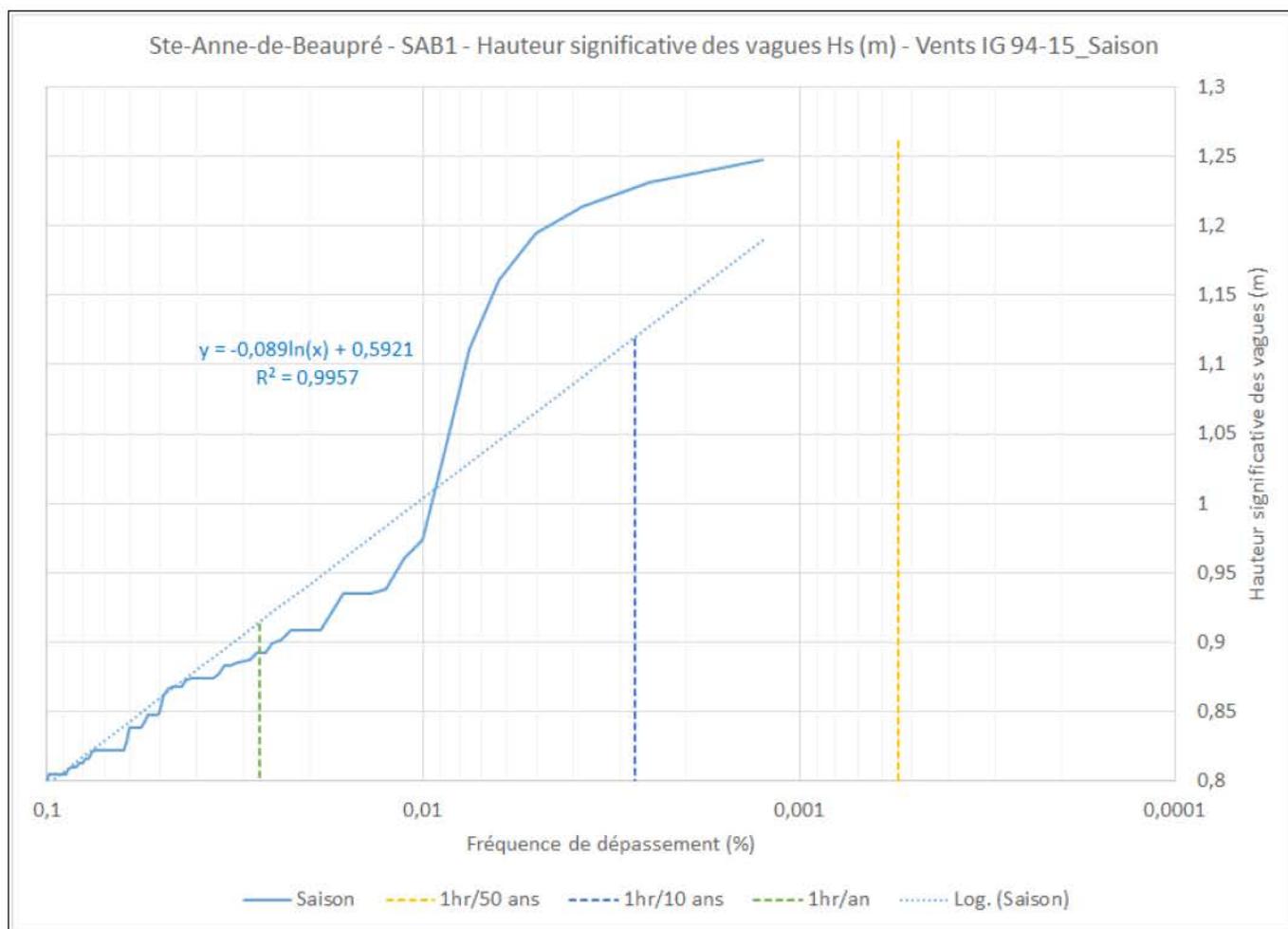


Figure 5.13 Fréquence de dépassement des hauteurs de vagues au large du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré en fonction de la saison d'opération du quai

6 Accessibilité du quai par rapport au vent

6.1 Hypothèses de calcul

L'hypothèse de limitation d'accès au quai par rapport aux vitesses de vent est que les limites opérationnelles de vent sont, **sans tenir compte de la marée**, de :

- 25 nœuds (46 km/h) max du secteur sud-ouest et
- 20 nœuds (37 km/h) max du secteur nord-est.

La base de données de vents retenue est celle de la station météorologique de l'Île aux Grues. La station météorologique de St-François IO est plus proche du site étudié, mais les données de cette station ne sont pas représentatives du site de Sainte-Anne-de-Beaupré pour les vents d'ouest (protection de l'anémomètre du quai de St-François par les falaises de l'Île d'Orléans).

Les vitesses de vents de l'Île aux Grues n'ont pas été modifiées pour cette analyse.

L'introduction d'un critère de la marée (montante ou descendante) dans ce calcul de limite opérationnelle impliquerait de programmer des tests pour le faire dans les bases de données synchrones de vent et de niveau d'eau. Cette opération n'a pas été faite dans le cadre de ce rapport de pré faisabilité. Les limites de vent proposées sont de toute façon de vitesses **soutenues** de vent (et non des vitesses de rafales) qui vont engendrer des conditions de croisières potentiellement désagréables.

Les conditions de vent ont été analysées sur la période d'opération potentielle du quai, soit du 1^{er} juin au 31 octobre.

6.2 Résultats des analyses en fonction du vent

Toutes directions confondues,

- la vitesse de 46 km/h (25 nœuds) est dépassée 0,55% du temps (soit 20 heures en moyenne par saison) et
- la vitesse de 37 km/h (20 nœuds) est dépassée 2,75% du temps (soit 101 heures en moyenne par saison).

Le **secteur « nord-est »** a été considéré comme incluant les vents provenant des directions 340° à 110° inclusivement.

- la vitesse de 46 km/h (25 nœuds) est dépassée 0,42% du temps (soit 15 heures en moyenne par saison) et

- la vitesse de 37 km/h (20 nœuds) est dépassée 1,67% du temps (soit 61 heures en moyenne par saison).

Le secteur « sud-ouest » a été considéré comme incluant les vents provenant des directions 160° à 290° inclusivement.

- la vitesse de 46 km/h (25 nœuds) est dépassée 0,135% du temps (soit 5 heures en moyenne par saison) et
- la vitesse de 37 km/h (20 nœuds) est dépassée 1,06% du temps (soit 40 heures en moyenne par saison).

Le tableau 6.1 résume les résultats d'analyse d'accessibilité du quai relative aux vitesses de vents pour trois vitesses de vent, soit 25, 20 et 15 nœuds.

Tableau 6.1 Résumé des analyses d'accessibilité du quai en fonction de la vitesse de vent

| Vitesse du vent | | Toutes directions | | Secteur Nord-Est | | Secteur Sud-Ouest | |
|-----------------|------|-------------------|------------|------------------|------------|-------------------|------------|
| Nœuds | km/h | % du temps | Hrs/saison | % du temps | Hrs/saison | % du temps | Hrs/saison |
| 25 | 46 | 0,55 | 20 | 0,42 | 15 | 0,14 | 5 |
| 20 | 37 | 2,75 | 101 | 1,67 | 61 | 1,06 | 40 |
| 15 | 28 | 12,53 | 460 | 4,99 | 185 | 7,37 | 275 |

7 Accessibilité du quai par rapport aux vagues

7.1 Hypothèses de calcul

L'hypothèse de limitation d'accès au quai proposée par rapport aux hauteurs significatives de vagues est que les limites opérationnelles de vagues sont, sans tenir compte de la marée, de **4 pieds ou 1,2 m**. D'autres hypothèses ont également été analysées.

Les conditions de vent retenues sont celles qui se produisent pendant la période d'opération potentielle du quai, soit du 1^{er} juin au 31 octobre.

7.2 Résultats des analyses

Toutes directions confondues, selon les hauteurs de vagues calculées pendant la saison d'opération du quai, la hauteur significative de vague de 1,2 m serait dépassée 0,0045% du temps, soit une heure tous les six ans d'opération. Il ne s'agirait donc pas d'une contrainte d'opération du quai.

Une hauteur significative de vague de 0,9 m serait dépassée 0,03% du temps, soit un peu plus d'une heure toutes les années d'opération. Il ne s'agirait donc pas non plus d'une contrainte réelle d'opération du quai.

Les calculs ont été faits pour les hauteurs significatives de vagues de 1,2 m à 0,5 m. Le tableau 7.1 présente les pourcentages et nombres d'heures de dépassement pendant la saison d'opération du quai (qui dure 3 672 heures).

Tableau 7.1 Dépassement d'une hauteur significative de vague au quai de Sainte-Anne-de-Baupré pendant la saison d'opération (du 1^{er} juin au 31 octobre)

| Hauteur significative de vague (m) | Fréquence de dépassement | Nombre moyen d'heures de dépassement |
|------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| 1,2 | 0,00% | 1 heure/6 ans |
| 0,9 | 0,03% | 1,1 heures/saison |
| 0,8 | 0,10% | 3,7 heures/saison |
| 0,7 | 0,31% | 11,4 heures/saison |
| 0,6 | 0,89% | 33 heures/saison |
| 0,5 | 2,83% | 104 heures/saison |

En comparant les tableaux 6.1 et 7.1, on constate que le vent est plus contraignant que les vagues en termes d'opération au quai de Sainte-Anne-de-Baupré.

8 Nouveaux ouvrages

8.1 Ouvrages envisagés pour la réhabilitation de l'approche du quai

L'approche du quai a fait l'objet de différents scénarios de réhabilitation. Dans tous les cas considérés de façon préliminaire, l'élévation de la surface a été augmentée de un mètre pour tenir compte des niveaux d'eau extrêmes et limiter les problèmes de submersion de l'approche.

Trois scénarios principaux ont fait l'objet d'une conception sommaire, soit :

- Approche constituée de caissons de béton
- Approche bordée par des murets de béton ou des palplanches
- Approche selon un concept de pont sur pieux

8.2 Approche du quai en caissons de béton

Un concept d'approche sur caissons de béton a été envisagé dans le but de restreindre l'empreinte sur le milieu marin des protections latérales en enrochement. La figure 8.1 illustre ce concept avec une élévation du fond des caissons à +1,75 m NMM et une élévation de la crête des enrochements à +4,6 m NMM obtenue de façon à respecter les critères de filtration entre les différentes couches d'enrochement et de remplissage.

Pour limiter au strict minimum l'empreinte sur le milieu marin des protections latérales de l'approche actuellement en place, il faudrait baisser l'élévation du fond des caissons d'environ deux mètres.

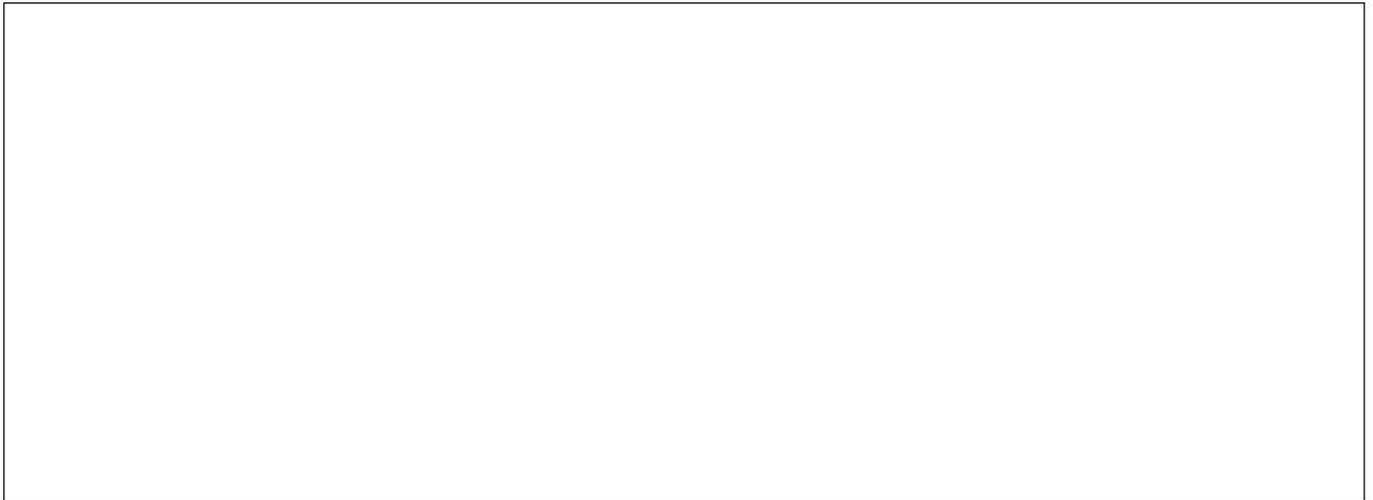


Figure 8.1 Concept d'approche en caissons de béton - Coupe-type

8.3 Approche du quai en murets de béton

Un concept de réhabilitation de l'approche du quai avec des murets de béton armés a également été produit. La figure 8.2 illustre le concept de murets de béton sur fondation linéaire et le fait que, pour respecter les critères de filtration des enrochements, l'élévation de la crête de ces enrochements serait de +6,65 m NMM pour une élévation du bas des murets de +3,8 m NMM. L'empiètement sur le milieu marin d'un tel concept est significatif.

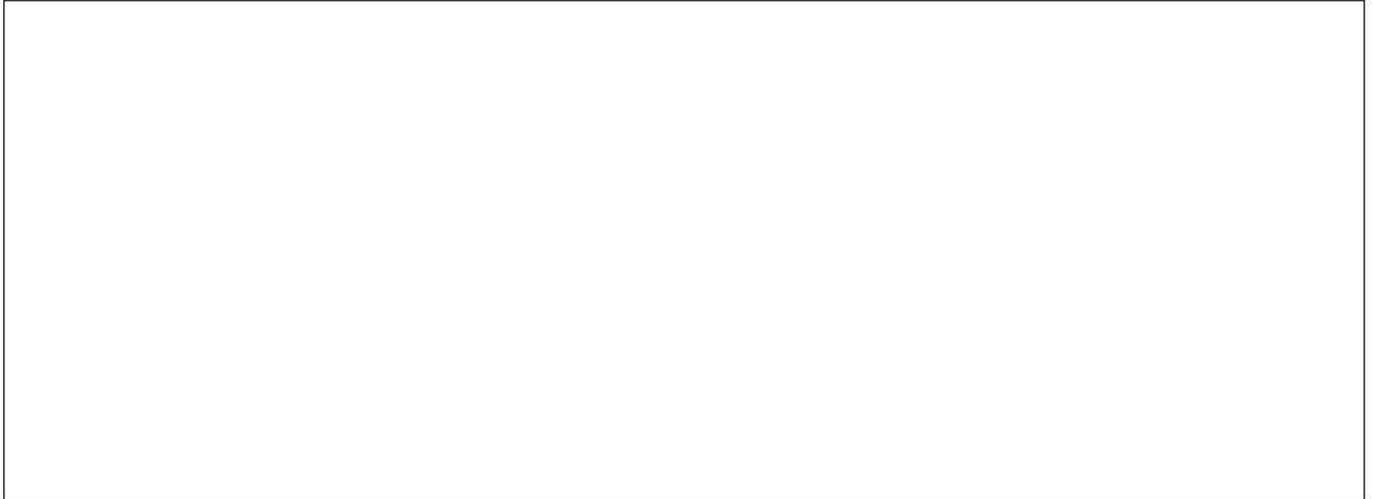


Figure 8.2 Concept d'approche en murets de béton – Coupe-type

Le concept de muret appliqué en utilisant des palplanches à la place des murets de béton permettrait de minimiser l'empiètement des enrochements sur le milieu marin car le pied des palplanches pourrait être plus bas que la fondation des murets de béton illustrée sur la figure 8.2. Si le dessus du roc est suffisamment éloigné du fond marin, les enrochements de protection pourraient même ne pas être requis avec un concept de murs en palplanches. Si le roc est trop près de la surface du fond marin, les palplanches auront probablement besoin d'un soutien latéral (enrochement dans ce cas).

8.4 Approche selon un concept de pont

Dans le cas où il faudrait absolument respecter l'empiètement actuel, un concept d'approche sur pieux a été élaboré (figure 8.3). Dans ce cas, les enrochements servent à limiter les charges latérales de glace sur les pieux. En l'absence d'enrochement, il faudrait ajouter des pieux inclinés pour reprendre ces charges latérales de glace.

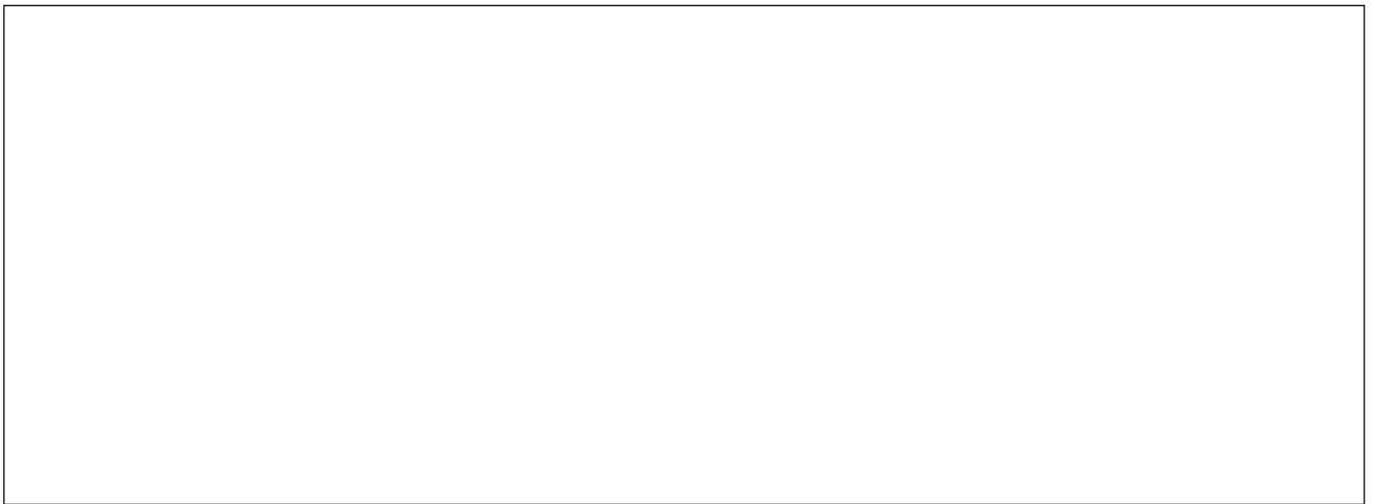


Figure 8.3 Concept d'approche en pont sur pieux - Coupe-type

9 Études requises dans le cadre d'une suite du projet de réhabilitation du quai

9.1 Glaces

Compte tenu du type de structure envisagée, il n'est pas recommandé d'effectuer une étude spécifique de glace dans la zone de Sainte-Anne-de-Beaupré, mais de s'assurer que cette information sera prise en compte dans la définition du projet.

9.2 Géotechnique

L'ampleur de la campagne de forages géotechniques dépendra du type et de l'étendue du projet envisagé. La nature potentiellement argileuse de la batture et la présence potentielle du roc à faible profondeur impliquent la réalisation de ce genre d'étude.

9.3 Ingénierie

Il est recommandé dans ce cas de procéder par étapes afin de progressivement définir la nature et les coûts des travaux envisagés en n'investissant au fur et à mesure que les sommes requises.

La première étape devrait comprendre la définition du projet retenu en vue de la réhabilitation du quai. Cette étape comprendrait une évaluation sommaire des coûts des différents projets envisagés.

Afin de passer à l'étape de l'évaluation environnementale, il est requis de présenter un projet relativement précis (plans et devis).

9.4 Évaluation environnementale

Une évaluation environnementale sera requise afin de remplir la demande de certificat d'autorisation (CA) et s'assurer de respecter les exigences qui pourraient être exprimées par les organismes gouvernementaux en charge de cet aspect du projet. Le site du projet est un site sensible et valorisé des points de vue faunique, benthique et végétal. Il serait surprenant qu'une intervention dans un tel milieu ne suscite pas un intérêt de la part des organismes en charge de l'environnement.

Compte tenu des dimensions du quai actuel, une étude d'impact est requise et il est possible qu'un processus d'évaluation publique (BAPE) du projet soit également requis.

Une fois les contraintes environnementales établies et les exigences des autorités transmises, les plans et devis du projet pourront être finalisés pour passer à l'étape de la construction.

10 Conclusion et recommandations

10.1 Conclusion

Une évaluation des conditions naturelles a été réalisée dans le cadre du projet de mise en valeur du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré. Les données de niveaux d'eau de la station marégraphique de Saint-François (IO) et les données de vents de la station météorologique de l'île aux Grues ont été recueillies. Les conditions de vagues ont été modélisées à partir des données de vent.

Ces informations ont été analysées pour d'une part **dimensionner les infrastructures** (élévation du pavé du quai, dimension et élévation des enrochements de protection) et d'autre part **évaluer les niveaux de services** dans le cadre des opérations de croisières prévues à ce quai (accessibilité en termes de profondeur d'eau, dépassement de vitesses de vent ou de hauteurs de vagues).

Ces analyses ont permis de s'assurer de la viabilité du projet de mise en valeur du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré selon des paramètres économiquement viables.

10.2 Recommandations

La principale recommandation est de remonter l'élévation du dessus du quai et de l'approche du quai pour limiter les épisodes de submersion du quai (combinaison de très hauts niveaux d'eau et de vagues). La submersion, surtout si elle est fréquente, pose d'importants problèmes de durabilité des infrastructures, sans parler des contraintes d'opération.

La seconde recommandation est de limiter le tirant d'eau des navires susceptibles d'utiliser le quai. Si l'accès au quai est envisageable pour des navires ayant des tirants d'eau importants, les fenêtres d'accessibilité sont tellement réduites dans le temps pour ces navires (grandes marées hautes) que cette avenue n'est pas viable (voir chapitre 4). Il est recommandé de reconstruire la nouvelle façade de quai à au moins 3 m au large de la façade actuelle et de limiter l'accès au quai à des navires ayant besoin d'environ 4 m de profondeur d'eau à quai.

Selon les informations disponibles, pendant la saison d'opération (1^{er} juin au 31 octobre), les vents (voir chapitre 6) et les vagues (voir chapitre 7) ne seraient pas des contraintes significatives en termes d'utilisation du quai par les navires de croisières. Il est cependant impératif de prévoir ajuster les horaires de services aux marées et aux conditions météorologiques annoncées. De plus, de petits navires de croisière seront plus sensibles aux conditions adverses de vent et de vagues que de gros navires de croisière.

ANNEXE “A”

Roses des vents pour la station de l'île aux Grues (1994 à 2015)

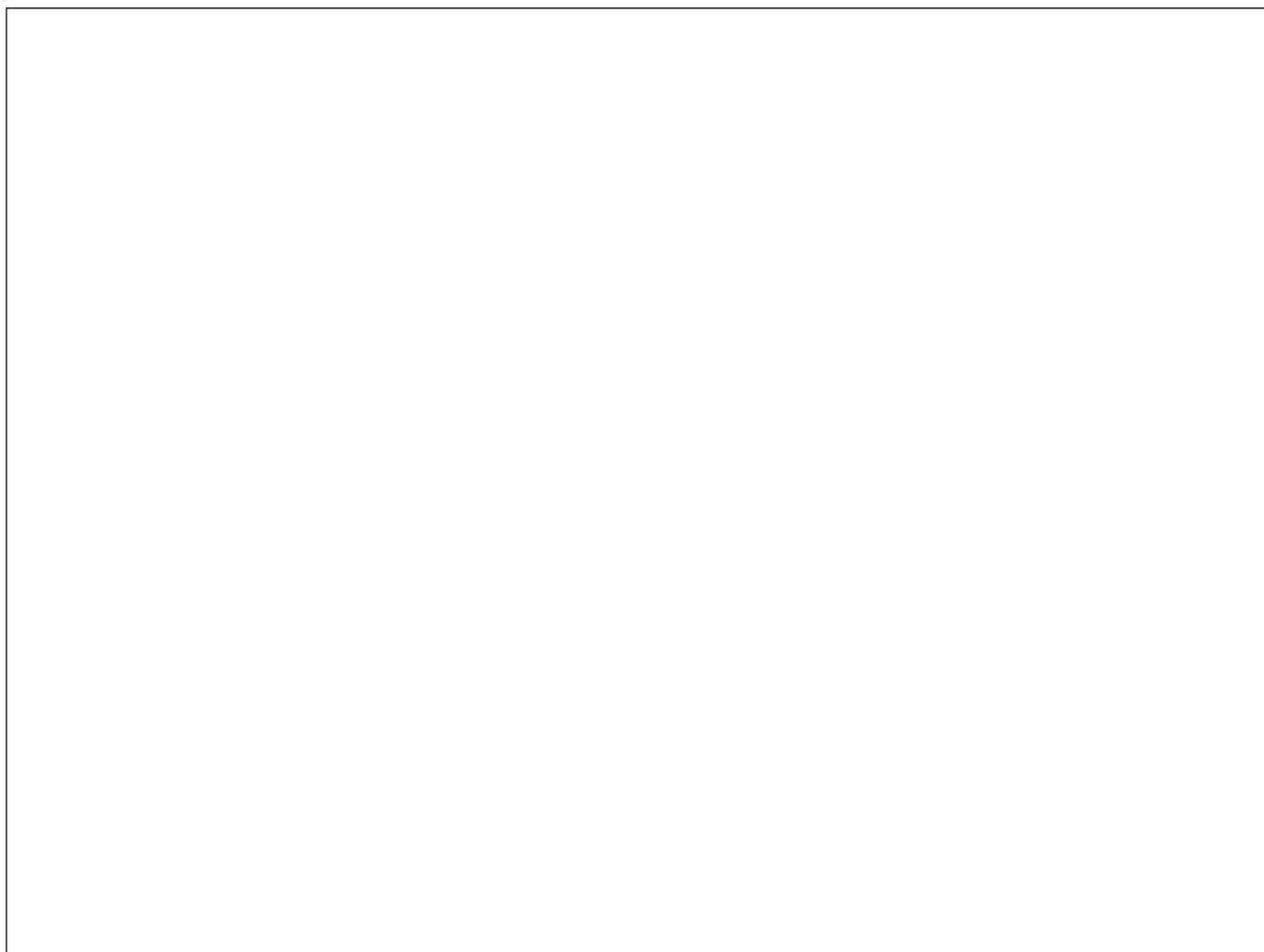


Figure A1 Rose des vents de l'île aux Grues pour l'année complète

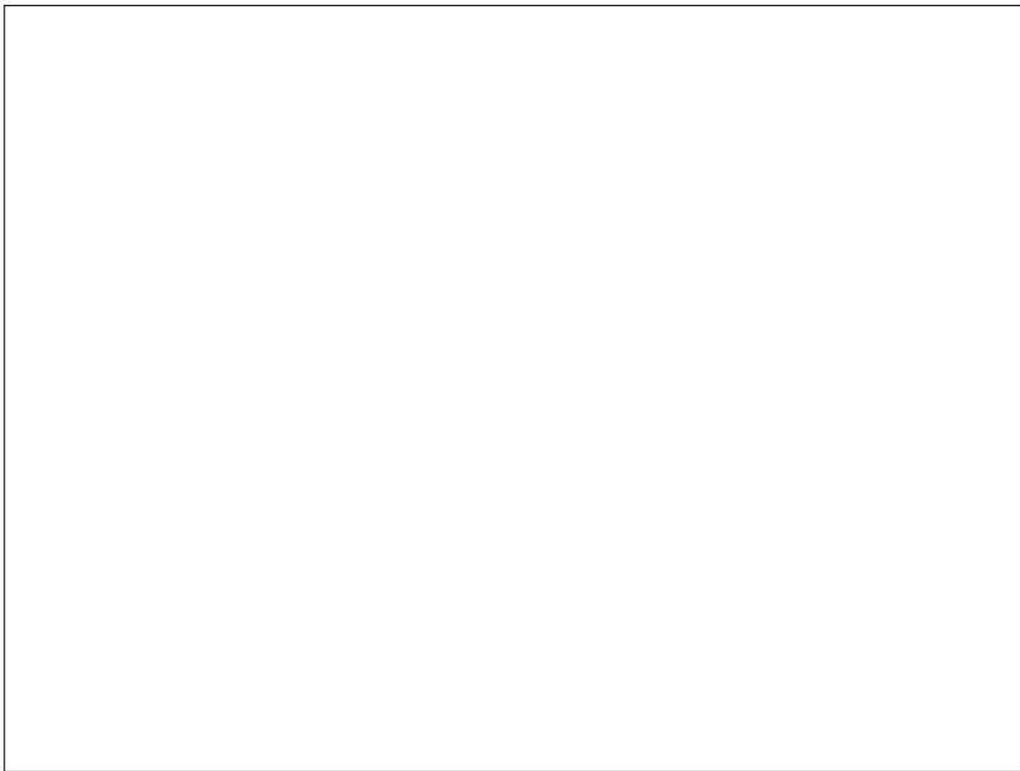


Figure A2 Rose des vents de l'île aux Grues pour la période du 1^{er} avril au 31 décembre (S1)



Figure A3 Rose des vents de l'île aux Grues pour la période du 15 avril au 15 décembre (S2)

ANNEXE “B”

Roses des vagues pour la station de l'île aux Grues (1994 à 2015)



Figure A1 Rose des vagues de l'île aux Grues pour l'année complète

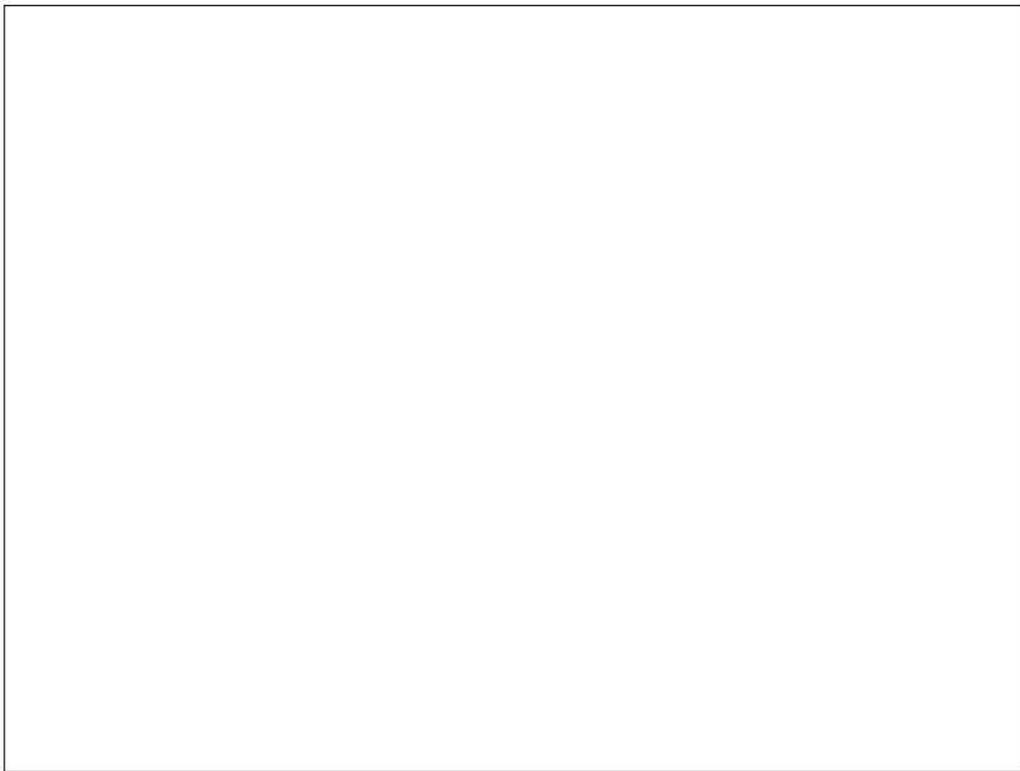
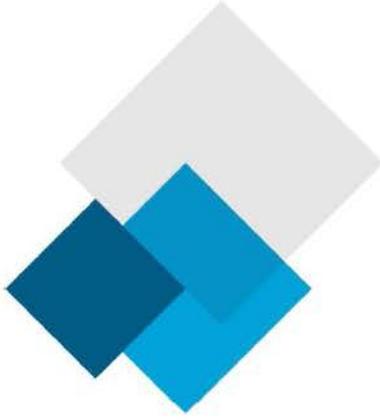


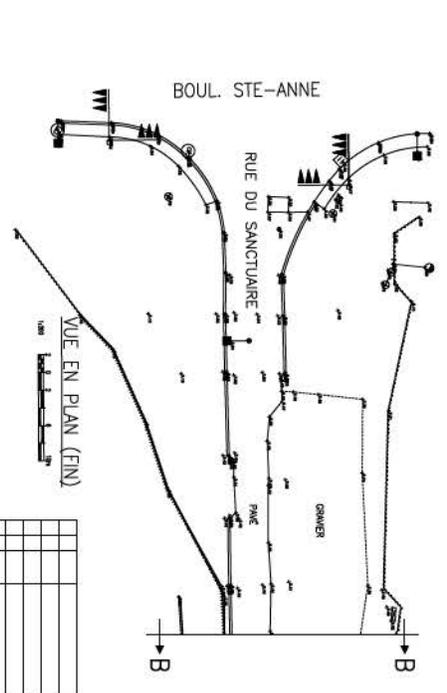
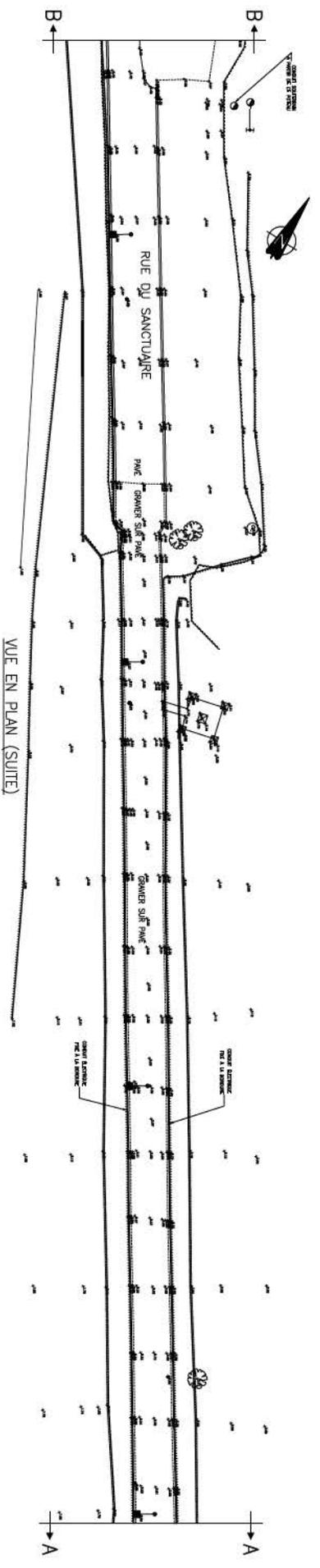
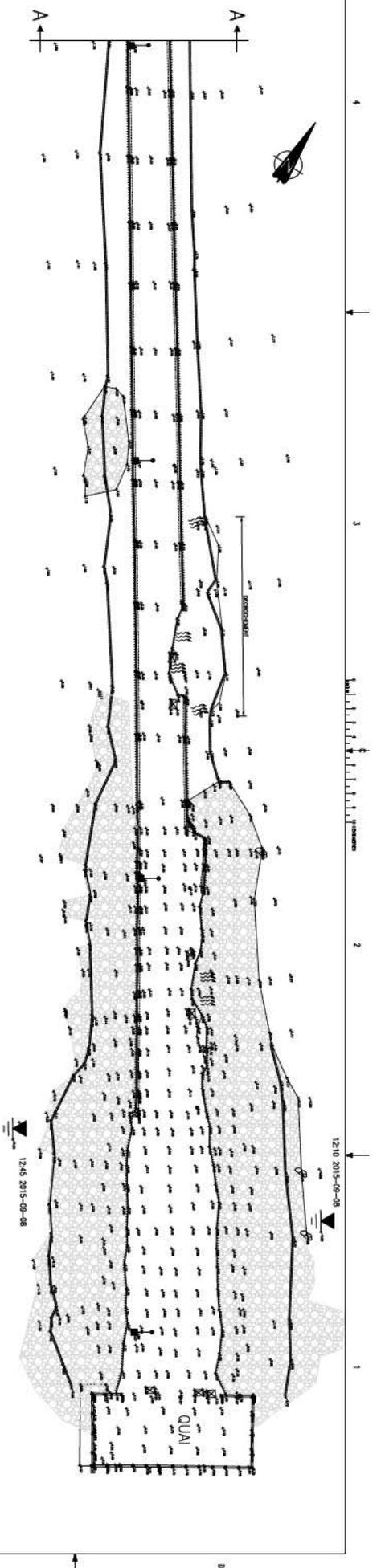
Figure A2 Rose des vagues à Ste-Anne-de-Beaupré pour la période du 1^{er} avril au 31 décembre (S1)



Figure A3 Rose des vagues à Ste-Anne-de-Beaupré pour la période du 15 avril au 15 décembre (S2)

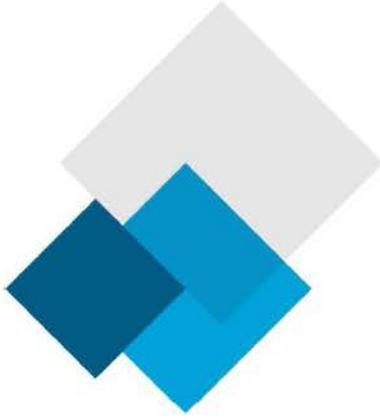


Annexe B – Relevé topographique

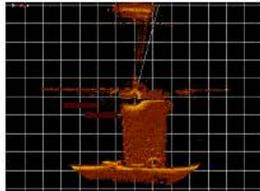
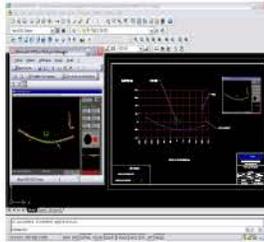


| REVISIONS | | REVISIONS | | REVISIONS | | REVISIONS | | REVISIONS | | REVISIONS | |
|-----------|------|-------------|----|-----------|-------------|-----------|------|-------------|----|-----------|-------------|
| NO | DATE | DESCRIPTION | NO | DATE | DESCRIPTION | NO | DATE | DESCRIPTION | NO | DATE | DESCRIPTION |
| 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | |

| | | | |
|---------------------------------------------------------|--|--------------------------------------------------------------------------------|--|
| | | COMPAGNIE D'INGENIERIE 1000, RUE DU QUAI 1000, QUAI 1000, QUAI | |
| PROJET 1000, QUAI 1000, QUAI 1000, QUAI | | CLIENT 1000, QUAI 1000, QUAI 1000, QUAI | |
| DATE 1000, QUAI 1000, QUAI 1000, QUAI | | PROJET 1000, QUAI 1000, QUAI 1000, QUAI | |



Annexe C – Rapport d'inspection sous-marine



Inspection sous-marine

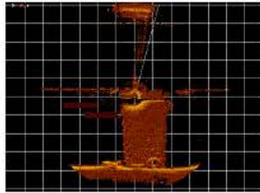
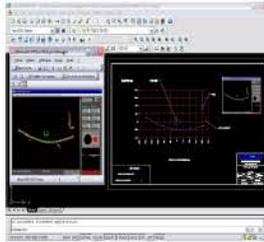
Quai de Sainte-Anne-de-Beaupré



SNC • LAVALIN

No de réf. SNC-Lavalin :
632976

novembre 2015



Inspection sous-marine Quai de Sainte-Anne-de- Beaupré



No de réf. SNC-Lavalin :
632976

novembre 2015

**Document préparé et
approuvé par :**

**Marc-André Désy, ing.
Président**



Table des matières

| | | |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1.0 | MANDAT | 2 |
| 2.0 | ORGANISATION DU TRAVAIL | 3 |
| 2.1 | Personnel | |
| 2.2 | Équipements | |
| 2.3 | Normes et procédures | |
| 3.0 | CONDITIONS D'INSPECTION | 4 |
| 4.0 | MÉTHODOLOGIE | 5 |
| 4.1 | Procédure générale d'expertise | |
| 4.2 | Inspection visuelle des éléments immergés du quai | |
| 4.3 | Mesure de la verticalité des pieux | |
| 4.4 | Mesures de l'épaisseur résiduelle de l'acier des pieux et des plaques | |
| 4.5 | Relevé bathymétrique | |
| 5.0 | DESCRIPTION DES OBSERVATIONS | 10 |
| 5.1 | Quai de Sainte-Anne-de-Beaupré | |
| ANNEXE A | CARTE DE LOCALISATION | |
| ANNEXE B | LOCALISATION DES POINTS D'EXPERTISE | |
| ANNEXE C | VERTICALITÉ DES PIEUX | |
| ANNEXE D | MESURES D'ÉPAISSEURS RÉSIDUELLE DE L'ACIER DES PIEUX ET DES PLAQUES | |
| ANNEXE E | RELEVÉ BATHYMÉTRIQUE | |

1.0 MANDAT

Expertech Marine Inc. a obtenu le mandat de SNC-Lavalin d'effectuer une inspection sous-marine du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré. Cette inspection sous-marine fait part d'un mandat plus large donné à SNC-Lavalin par la Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré (CDQSAB) qui consiste à l'inspection des infrastructures maritimes du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré. Les objectifs principaux sont d'identifier et de qualifier les bris physiques existants, les défauts locaux et l'état de dégradation des composantes structurales et ce, en vue de déterminer les travaux correctifs à effectuer pour assurer la mise à niveau du quai. Le mandat de l'inspection sous-marine inclut, sans s'y limiter, les éléments suivants :

- 1) Procéder à l'inspection visuelle complète des faces submergées à marée basse, le tout avec enregistrement vidéo;
- 2) Vérifier la présence ou non d'affouillements sur les 3 faces du quai;
- 3) Prendre la verticalité de 5 pieux de chaque côté et de 9 pieux en front de quai;
- 4) Prendre des mesures d'épaisseur résiduelle des pieux et des plaques d'acier soudées (servant au mur berlinois) de chaque côté des pieux sur 5 des 9 pieux choisis en front de quai (incluant les pieux de coin) et sur 2 autres pieux sur chaque côté du quai;
- 5) Vérifier s'il y a présence d'une corrosion bactériologique sous le fond marin au niveau de 5 des 9 pieux choisis en front de quai (incluant les pieux de coin);
- 6) Prendre la bathymétrie au pied des 3 faces du quai ainsi qu'à 1 mètre de distance du quai

Le présent rapport contient une description des observations faites lors de cette inspection ainsi que toutes informations nécessaires à l'évaluation de l'état général des éléments immergés des structures composant les quais débarcadère et plaisanciers.

De plus, 1 DVD accompagne ce rapport permettant de bien discerner les principaux éléments de l'inspection visuelle des parois. Ces vidéos ont été réalisées durant toute l'exécution des travaux et contiennent l'inspection visuelle dans son intégralité.

2.0 ORGANISATION DU TRAVAIL

2.1 Personnel

Pour la réalisation de ce mandat, nous avons eu recours, à l'une ou l'autre des étapes du mandat, au personnel suivant :

- Gérant de projet : Marc-André Désy, ingénieur;
- Scaphandrier-superviseur : Alexandre Godmaire;
- Scaphandrier-inspecteur : Brian Blackburn;
- Scaphandrier-inspecteur : David Roy;
- Scaphandrier-inspecteur : Nicolas Dufort;
- Technicien : Cody Linteau;
- Technicien CDAO : Mélisa Labrecque.

2.2 Équipements

Les équipements suivants ont été utilisés :

1) Unité mobile de plongée comprenant :

- Les équipements de plongée incluent deux casques de plongée (KM Superlite 17-B et/ou 27-B équipés d'un système bidirectionnel de communication), des bouteilles de 6,7 m³ d'air comprimé, un compresseur basse pression délivrant 0,5 m³/min. d'air comprimé);
- Système à l'eau chaude pour les scaphandriers;
- Une caméra vidéo couleur, haute résolution ainsi qu'un système d'enregistrement numérique d'images et de son sur DVD.
- Un appareil ultrason KrautKramer DMS-2 et les accessoires spécialement conçus pour les applications sous-marines;
- Un appareil servant aux mesures de verticalité des parois spécialement conçu pour les applications sous-marines.

2) Équipement de levage comprenant :

- Camion-grue articulée répondant à la norme Z150-3;
- Cage de levage de travailleurs/scaphandriers signée et scellée par un ingénieur répondant à la norme CSST.

2.3 Normes et procédures

- Les équipements et les procédures de travail utilisés sont conformes aux nouvelles normes de la C.S.S.T., de la C.S.A. Z275.2-M04 « Règles de sécurité pour les travailleurs en plongée ».

3.0 CONDITIONS D'INSPECTION

Les travaux d'inspection ont été réalisés entre les 28 octobre et le 2 novembre 2015. Les plongées se sont déroulées le 28 octobre. Les principales conditions hydrographiques et météorologiques rencontrées lors de la réalisation de ce mandat étaient :

- Visibilité sous-marine..... entre 0 et +/- 125mm.
- Courant/vague..... Courant nul à moyen;
vague nulle à +/- 300mm.
- Température extérieure..... +/- 2° C (ciel variable).
- Vent Variable.
- Température de l'eau..... +/- 8° C.

4.0 MÉTHODOLOGIE

4.1 Procédure générale d'expertise

Pour réaliser adéquatement ce mandat, nous avons à notre disposition quelques documents relatifs aux ouvrages concernés.

Ces documents sont principalement :

- Les relevés topographiques des infrastructures effectués pour SNC-Lavalin le 15 octobre 2015;
- Diverses photographies des installations et du site.

La localisation de toutes les déficiences s'est faite en référence à la numérotation des pieux. L'élévation du dessus du quai (+ 7,188m par rapport au zéro des cartes zdc) utilisée a été établie en accord avec les élévations inscrites sur les divers documents à notre disposition. En effet, les relevés topographiques utilisés indiquaient des valeurs référentielles géodésiques. Pour les besoins de nos inspections, nous avons ajouté 2,388m à aux valeurs géodésiques pour obtenir les valeurs en marégraphique (par rapport au zdc)

Une vue en plan de la nomenclature des pieux et de la localisation des points d'expertise est disponible à l'annexe B : Localisation des points d'expertise, pages B01.

4.2 Inspection visuelle des éléments immergés du quai

L'inspection visuelle des parois du quai a été faite à partir d'une unité d'intervention sous-marine située sur le quai. Les images et les informations verbales ont été retransmises à la surface par les équipements de communication et enregistrées intégralement sur DVD. Le scaphandrier a procédé à l'inspection visuelle en se déplaçant de bas en haut couvrant ainsi 100 % des surfaces immergées (sous le zéro marégraphique).

4.3 Mesure de la verticalité des pieux

Les mesures de verticalité ont été obtenues à l'aide d'appareils fabriqués par Expertech Marine. Ces appareils sont munis d'un bras télescopique superposé et d'un moulinet muni d'un fin fil d'acier de 2mm de diamètre. L'avantage de ce petit diamètre est de très bien réagir aux conditions environnantes, notamment au de mouvement de l'eau, et de maintenir une très bonne stabilité en réduisant les mouvements oscillatoires, permettant ainsi des mesures plus précises.

À la base des pieux, une pièce d'acier (plumb bob) pesant près de 20kg a été déposée sur le fond marin vis-à-vis de l'appareil. Cette pièce a servi de point de fixation du fil d'acier. Le fil d'acier a pu, par la suite, être tendu à partir du moulinet fixé sur l'appareil à la surface. La verticalité du fil d'acier par rapport au pieu a été mesurée en utilisant un niveau électronique ayant une précision de l'ordre de 0.1⁰. L'appareil fut alors fixé à la structure, afin d'assurer aucun mouvement de celui-ci.

Les mesures de distance entre le quai et le fil métallique ont été prises à l'aide d'une règle d'un mètre en aluminium graduée en millimètres.

Les mesures de verticalité ont été prises à partir du fond marin jusqu'au-dessus du quai, et ce, à tous les 3 mètres en élévation ainsi qu'au niveau des irrégularités, si présentes. Tel que demandé dans le mandat, nous avons choisi 5 pieux du côté ouest, 9 pieux en front de quai incluant les pieux de coin et 4 pieux du côté est du quai.

Une attention particulière a été portée à l'ensemble des mesures. Ainsi, plusieurs mesures ont été vérifiées plus d'une fois et l'inclinaison du fil d'acier a aussi été vérifiée plus d'une fois durant une série de mesures, le tout pour s'assurer que la prise de mesures soit la plus précise possible.

Les données relatives à ces verticalités sont disponibles à l'annexe C : Verticalités des parois, pages C01 à C20.

4.4 Mesure de l'épaisseur résiduelle de l'acier des pieux et des plaques

Un appareil de mesure numérique d'épaisseur par ultrason Krautkramer DMS-2 a été utilisé pour prendre les mesures d'épaisseur résiduelle. Comparativement à un appareil de mesure standard, cet appareil permet d'augmenter nettement la fiabilité des résultats en visualisant l'amplitude et la résolution du retour du signal sur un écran. L'ajustement du gain (**D_B**) permet, de plus, d'optimiser le signal retourné. Les mesures prises dans l'eau ont été effectuées à l'aide d'un palpeur 10 MHz par immersion sans contact. La calibration de l'appareil a été faite sur un bloc d'étalonnage de 12,7mm d'épaisseur.

Pour chaque surface évaluée, un minimum de trois lectures ont été prises à différents endroits sur la surface à inspecter.

Ces lectures correspondent à l'épaisseur maximale d'acier aux endroits les moins affectés par des cratères et par des piqûres de corrosion. La profondeur des cratères et/ou des piqûres a été évaluée à l'aide d'un vernier haute précision de marque MITUTOYO muni d'une base stabilisatrice. L'ordre de ce vernier est de 0,05mm. Considérant la marge d'erreur, en raison de la manipulation de celui-ci par le scaphandrier, il est raisonnable d'y imputer une marge d'erreur plutôt de l'ordre de 0,5mm à 1,0mm. La visibilité pour le scaphandrier, quelque fois, ne permet pas d'établir cette donnée. Dans ces cas, aucune valeur n'est utilisée. La présentation des résultats est donnée sous forme de tableau et intègre l'effet de la densité, de même que la profondeur des cratères et/ou des piqûres de corrosion observées.

La formule utilisée pour évaluer l'épaisseur résiduelle effective est la suivante :

$$E_{EFF} = E_{MOY} - 0,7 (P_i \times e_i)$$

E_{EFF} = Épaisseur effective
 E_{MOY} = Épaisseur moyenne mesurée
 P_i = Pourcentage de la surface occupée par les cratères
 e_i = Profondeur moyenne des cratères
0,7 = Coefficient géométrique de pondération

Les données relatives aux ultrasons sont disponibles à l'annexe D : Mesures d'épaisseur résiduelle de l'acier des pieux et des plaques, pages D01 à D09.

4.5 Relevé bathymétrique

Les mesures de la bathymétrie/élévation du fond marin ont été prises à l'aide d'un profondimètre attaché au poignet du scaphandrier, indiquant la hauteur d'eau au-dessus de lui. Cette mesure, combinée à celle du niveau de l'eau par rapport au dessus du quai au moment de la lecture, permet d'établir l'élévation du fond marin ou autres éléments. L'ordre de précision du profondimètre est de +/- 150mm. Une mesure a été prise au pied de la structure à 1 mètre de distance plus éloigné du quai. Les données réfèrent au zéro marégraphique. Les données relatives au relevé bathymétrique sont disponibles à l'annexe F : Relevé bathymétrique, page E01.

5.0 DESCRIPTION DES OBSERVATIONS

5.1 Quai de Sainte-Anne-de-Beaupré

Voici la description des observations de la section du quai qui se trouve à l'élévation +1,0m jusqu'au fond marin. Ainsi.

L'inspection visuelle des 3 faces du quai sous l'élévation marégraphique de +1000mm n'a pas dévoilé quelque défaut au niveau des pièces de bois ni des pieux et ce, jusqu'au fond marin. Les essais de dureté, fait à l'aide d'un marteau à piquer, montre que le bois est sain, solide et ne se défriche pas. Aucune perte de matériel n'a été observée au niveau du mur berlinois et aucun affouillement n'a été observé tout autour du quai. Le fond marin est majoritairement constitué de gravier d'une grosseur de 2mm et moins. Finalement, nous avons observé très peu de variance entre les élévations du fond marin le long du quai et à 1m du quai et ce, pour tout le pourtour du quai.

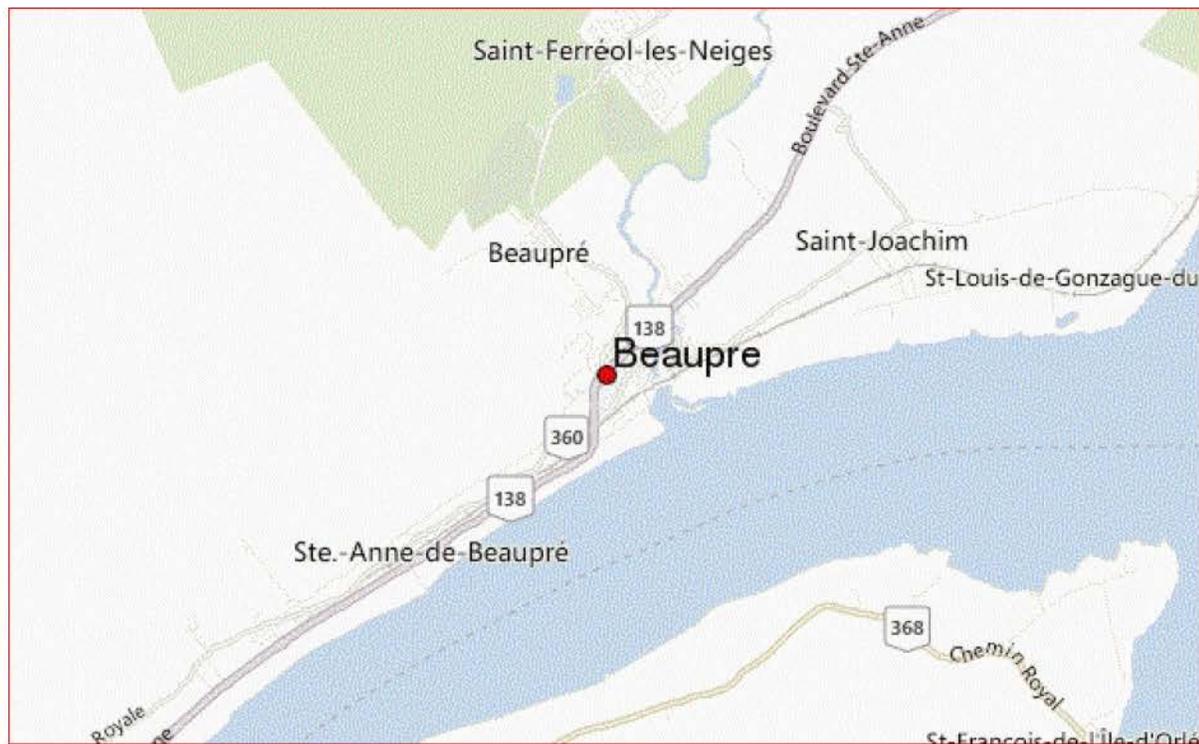
Les mesures de la verticalité des pieux montrent que les pieux sont inclinés dans un sens ou l'autre et que certains sont presque droits. Les valeurs de l'inclinaison varient sur toute la hauteur entre 0 et 100 mm dans un sens ou l'autre. Les inclinaisons des pieux ne montrent pas de comportement quelconque et sont plutôt aléatoire.

Les valeurs d'épaisseur résiduelle de l'acier des pieux sont toutes supérieures à 7,25mm et celles des plaques adjacentes servant à retenir l'assemblage des murs berlinois sont aussi toutes au-dessus de 7,25mm. On observe très peu de piqures de corrosion. De plus, aux endroits où nous avons creusé tout près du pieu pour voir le comportement de la corrosion sous le niveau du fond marin, nous n'avons observé aucune différence au point de vue de la surface du pieu ou des piqures de corrosion.

L'enrochement à son extrémité près du quai, de chaque côté du quai, suit la même pente jusqu'au fond marin. Aucune pierre de carapace ne se retrouve à l'intérieur de la zone expertisée de 1 mètre au pourtour du quai.

ANNEXE A

Carte de localisation



CARTE DE LOCALISATION



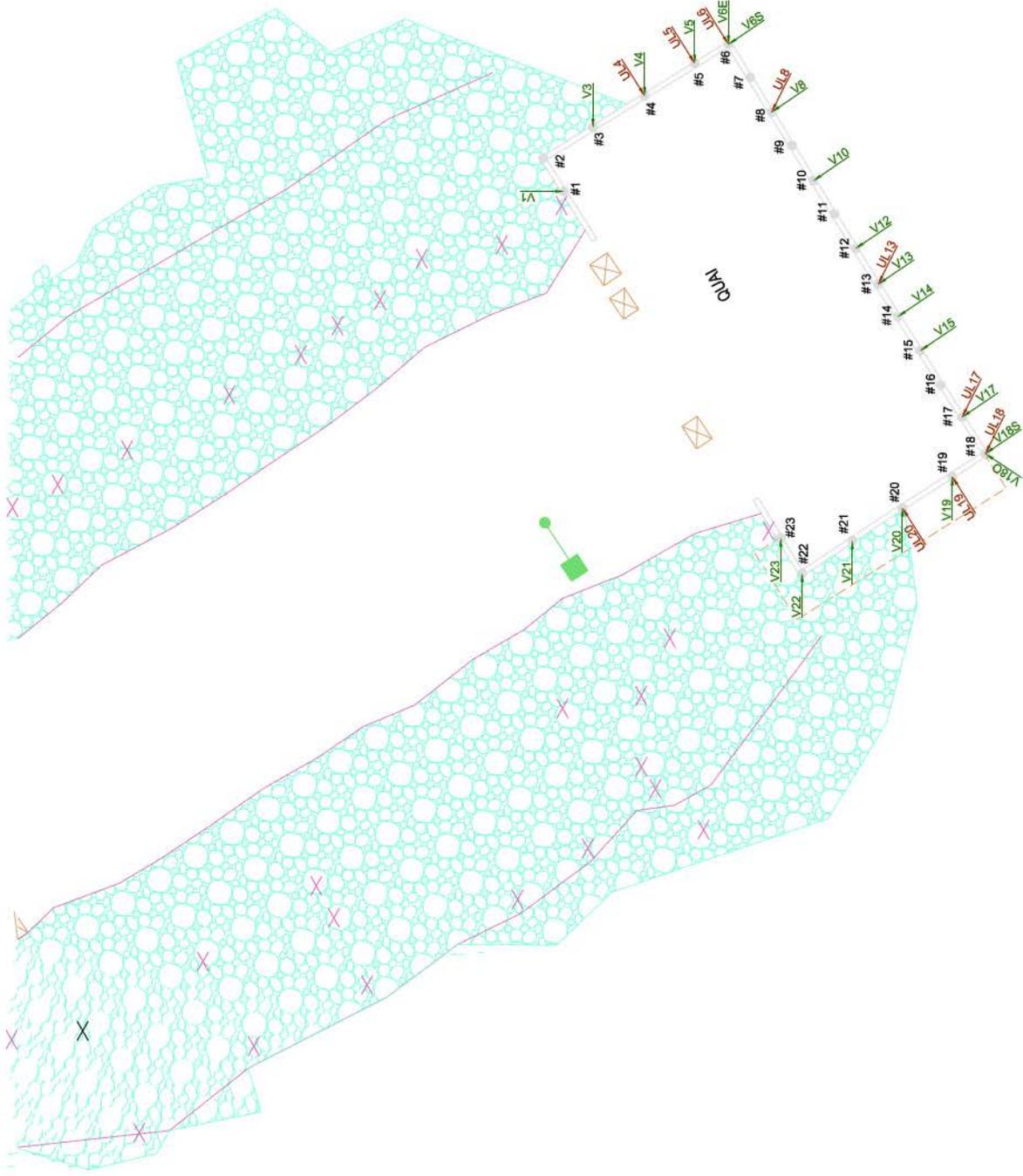
**Expertech
MARINE**

**SNC-LAVALIN
QUAI STE-ANNE
EXPERTISE SOUS-MARINE**

| | | | |
|-------------------------|-----------|------------------------------------|-----------------------------------------|
| date : 08-11-2016 | échelle : | conçu par : | approuvé par : Miro-André Déry, Ing. |
| fichier : | | dessiné par : Mélissa Labrecque | page : 1 de 1 |
| No. de projet Expertech | | No. de dessin Expertech | |
| EM215020 | | A01-REV000 | |

ANNEXE B

Localisation des points d'expertise



LÉGENDE

VXX : VERTICALITÉ
ULXX : ÉPAISSEUR RÉSIDUELLE



SNC-LAVALIN
QUAI STE-ANNE
EXPERTISE SOUS-MARINE

| | | |
|-------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| date : 08-11-2015 | conçu par : Marc-André Desj., Ing. | approuvé par : Marc-André Desj., Ing. |
| révisé : | dessiné par : Melissa Labrecque | page : 1 de 1 |

| | |
|-------------------------|-------------------------|
| No. de projet Expertech | No. de dessin Expertech |
| EM215020 | B01-REV000 |

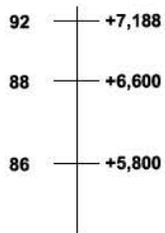
LOCALISATION DES POINTS D'EXPERTISE

ANNEXE C

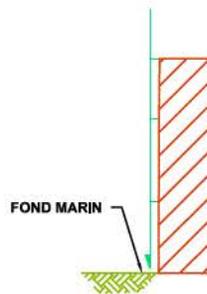
Verticalité des pieux

VERTICALITÉ V1
PIEU 1
FACE NORD

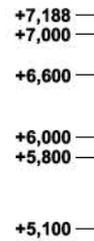
**Écart mesuré
(millimètre)**



Profil approximatif



**Élévation marégraphique
(mètre)**



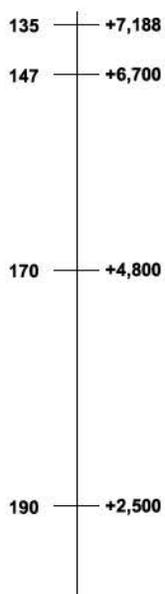
LEGENDE:

| | |
|---------------|--|
| FIL A PLOMB : | |
| ACIER : | |

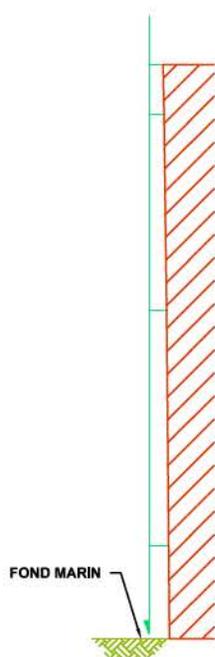
| | | | |
|-------------------------|-----------|-----------------------------------|-----------------------------------------|
| date : 04-11-2015 | échelle : | conçu par : | approuvé par : Marc-André Désy, Ing. |
| fichier : | | dessiné par : Méllsa Labrecque | page : 1 de 1 |
| No. de projet Expertech | | No. de dessin Expertech | |
| EM215020 | | C01-REV000 | |

VERTICALITÉ V3
PIEU 3
FACE EST

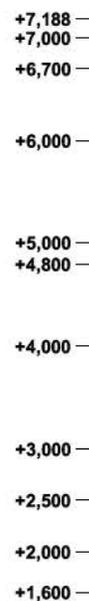
**Écart mesuré
(millimètre)**



Profil approximatif



**Élévation marégraphique
(mètre)**

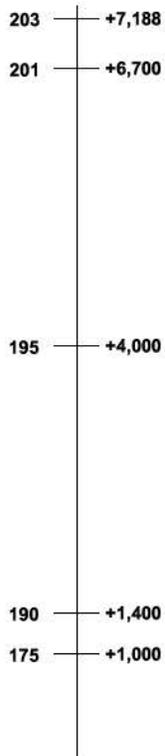


LEGENDE:

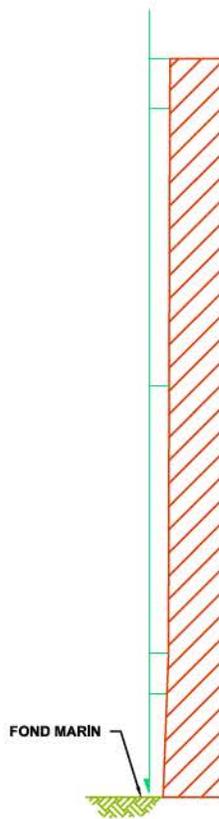
FIL A PLOMB : 
 ACIER : 

**VERTICALITÉ V4
PIEU 4
FACE EST**

**Écart mesuré
(millimètre)**



Profil approximatif



**Élévation marégraphique
(mètre)**

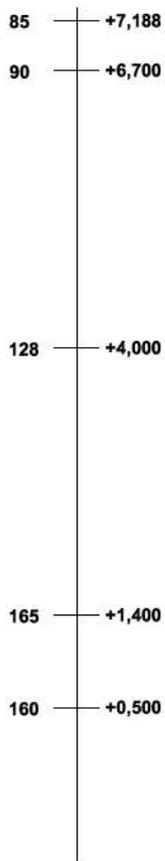


LEGENDE:

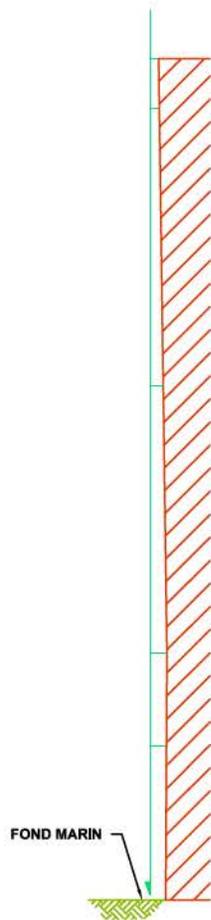
FIL A PLOMB : 
ACIER : 

VERTICALITÉ V5 PIEU 5 FACE EST

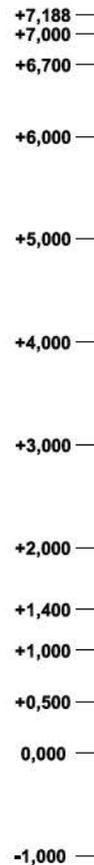
**Écart mesuré
(millimètre)**



Profil approximatif



**Élévation marégraphique
(mètre)**



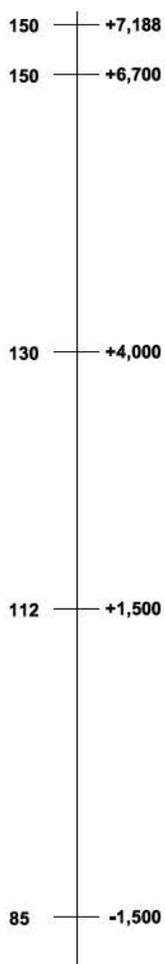
LEGENDE:

FIL A PLOMB : 
ACIER : 

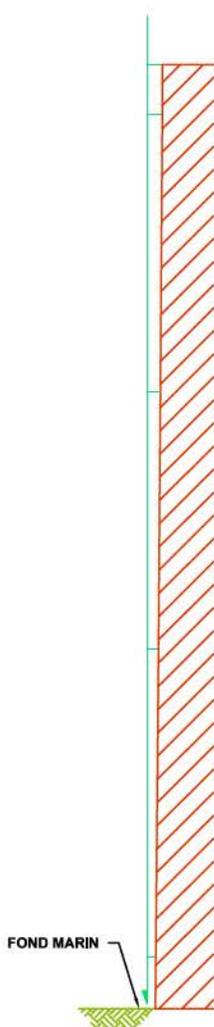
VERTICALITÉ V6E

PIEU 6 FACE EST

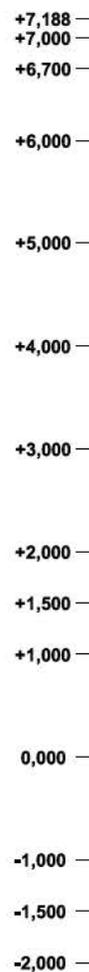
Écart mesuré
(millimètre)



Profil approximatif



Élévation marégraphique
(mètre)



LEGENDE:

FIL A PLOMB :
ACIER :



Expertech
MARINE

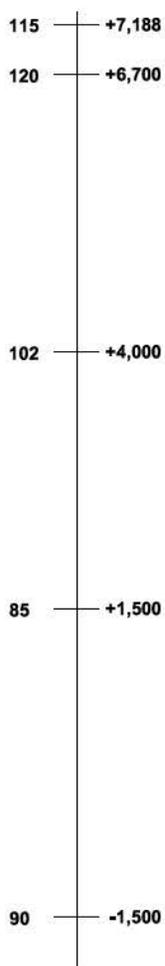
SNC-LAVALIN
QUAI STE-ANNE
EXPERTISE SOUS-MARINE

| | | | | | |
|-------------------------|------------|---------------|-------------------------|----------------|-----------------------|
| date : | 04-11-2015 | échelle : | conçu par : | approuvé par : | Marc-André Désy, Ing. |
| fichier : | | dessiné par : | Méllsa Labrecque | page : | 1 de 1 |
| No. de projet Expertech | | | No. de dessin Expertech | | |
| EM215020 | | | C05-REV000 | | |

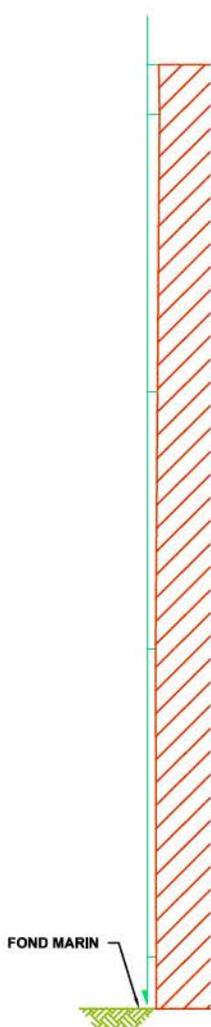
VERTICALITÉ V6S

PIEU 6 FACE SUD

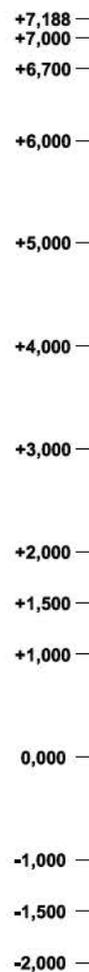
**Écart mesuré
(millimètre)**



Profil approximatif



**Élévation marégraphique
(mètre)**

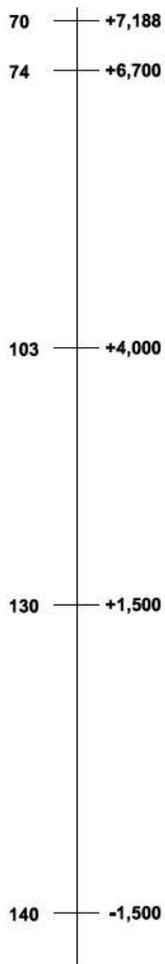


LEGENDE:

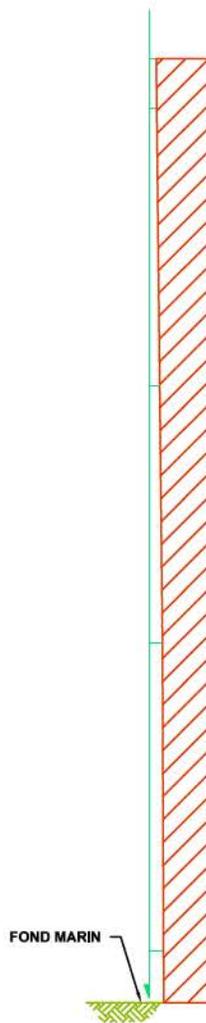
FIL A PLOMB :
 ACIER :

VERTICALITÉ V8
PIEU 8
FACE SUD

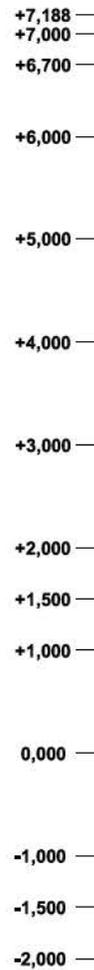
**Écart mesuré
(millimètre)**



Profil approximatif



**Élévation marégraphique
(mètre)**



LEGENDE:

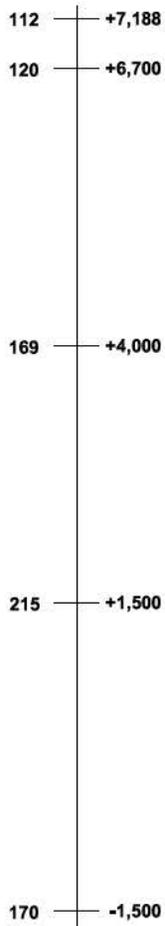
FIL A PLOMB : 
 ACIER : 

| | | | |
|-------------------------|-----------|-----------------------------------|-----------------------------------------|
| date : 04-11-2015 | échelle : | conçu par : | approuvé par : Marc-André Désy, Ing. |
| ficlier : | | dessiné par : Méllsa Labrecque | page : 1 de 1 |
| No. de projet Expertech | | No. de dessin Expertech | |
| EM215020 | | C07-REV000 | |

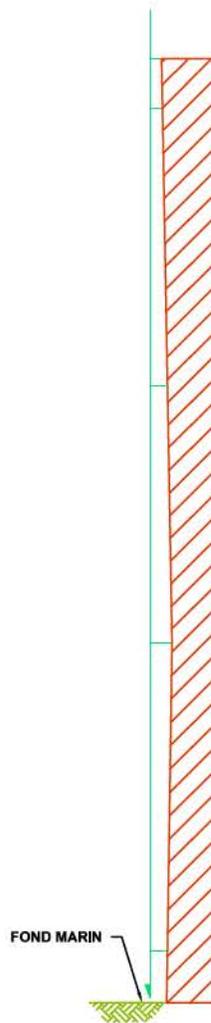
VERTICALITÉ V10

**PIEU 10
FACE SUD**

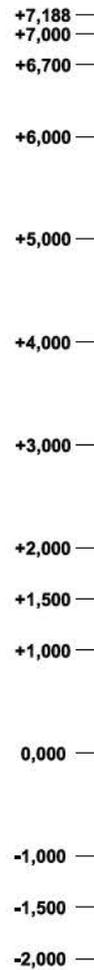
**Écart mesuré
(millimètre)**



Profil approximatf



**Élévation marégraphique
(mètre)**

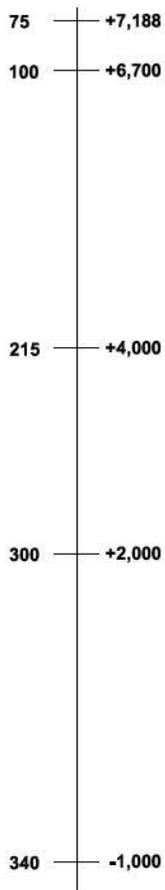


LEGENDE:

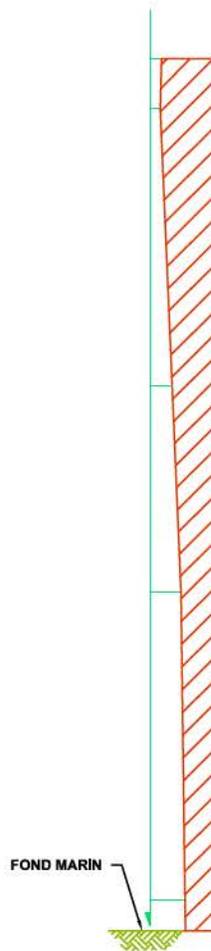
FIL A PLOMB :
ACIER :

VERTICALITÉ V12
PIEU 12
FACE SUD

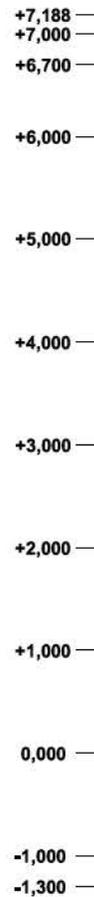
**Écart mesuré
(millimètre)**



Profil approximatf



**Élévation marégraphique
(mètre)**



LEGENDE:

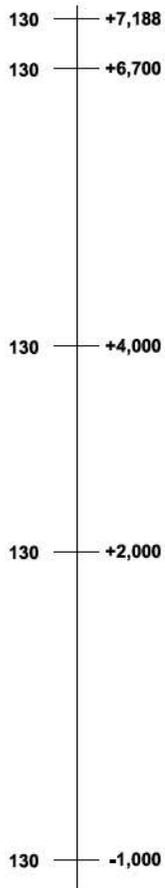
FIL A PLOMB :

ACIER :

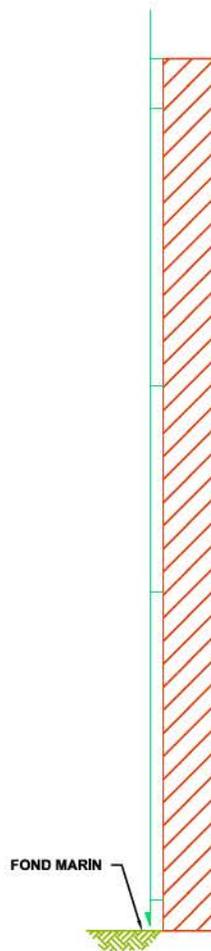
| | | | |
|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------|
| date : 04-11-2015 | échelle : | conçu par : | approuvé par : Marc-André Désy, Ing. |
| ficlier : | dessiné par : Méllsa Labrecque | page : 1 de 1 | |
| No. de projet Expertech | | No. de dessin Expertech | |
| EM215020 | | C09-REV000 | |

VERTICALITÉ V13
PIEU 13
FACE SUD

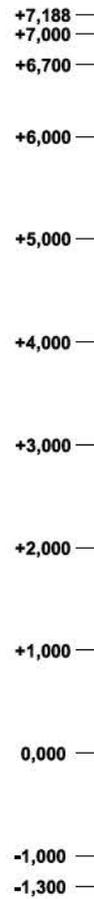
**Écart mesuré
(millimètre)**



Profil approximatf



**Élévation marégraphique
(mètre)**

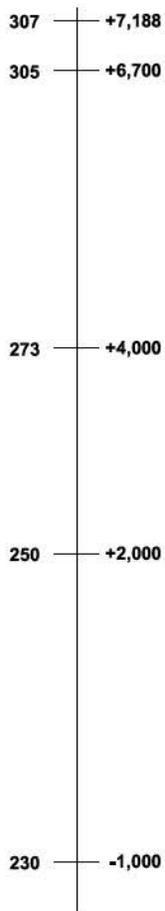


LEGENDE:

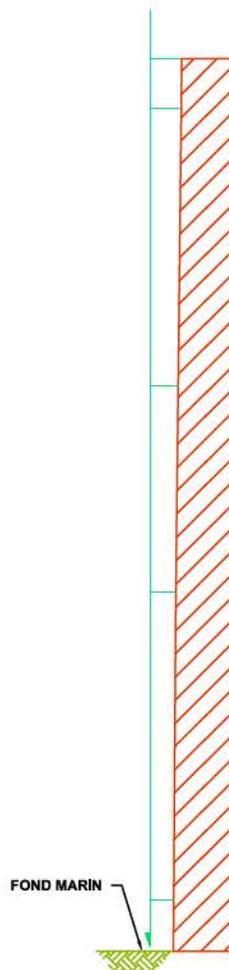
FIL A PLOMB :
 ACIER :

VERTICALITÉ V14
PIEU 14
FACE SUD

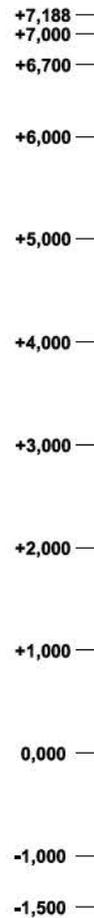
**Écart mesuré
(millimètre)**



Profil approximatif



**Élévation marégraphique
(mètre)**



LEGENDE:

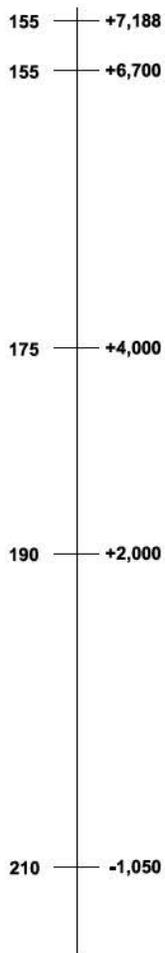
FIL A PLOMB : 
 ACIER : 

VERTICALITÉ V15

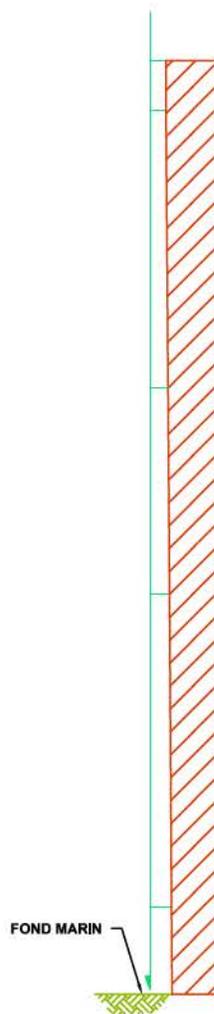
PIEU 15

FACE SUD

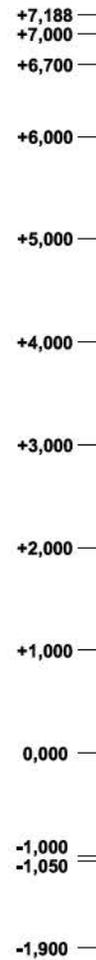
**Écart mesuré
(millimètre)**



Profil approximatif



**Élévation marégraphique
(mètre)**



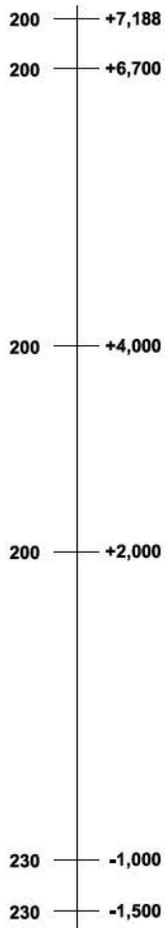
LEGENDE:

FIL A PLOMB :
 ACIER :

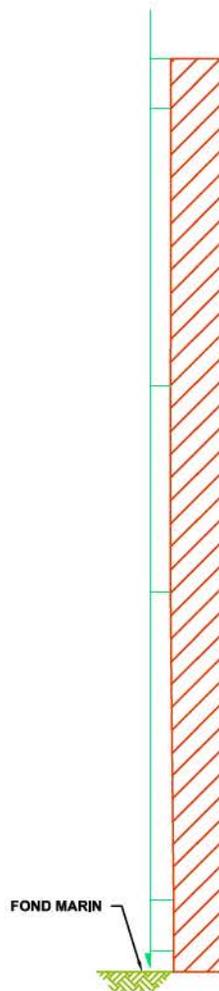
VERTICALITÉ V17

PIEU 17
FACE SUD

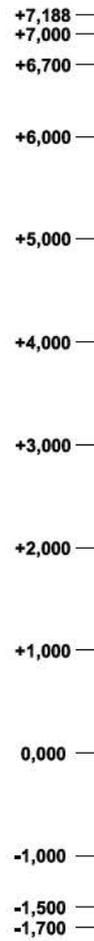
Écart mesuré
(millimètre)



Profil approximatif



Élévation marégraphique
(mètre)



LEGENDE:

FIL A PLOMB :
ACIER :



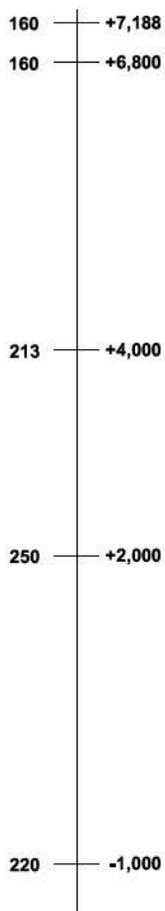
SNC-LAVALIN
QUAI STE-ANNE
EXPERTISE SOUS-MARINE

| | | | |
|-------------------------|-----------|-----------------------------------|-----------------------------------------|
| date : 04-11-2015 | échelle : | conçu par : | approuvé par : Marc-André Désy, Ing. |
| fichier : | | dessiné par : Méllsa Labrecque | page : 1 de 1 |
| No. de projet Expertech | | No. de dessin Expertech | |
| EM215020 | | C13-REV000 | |

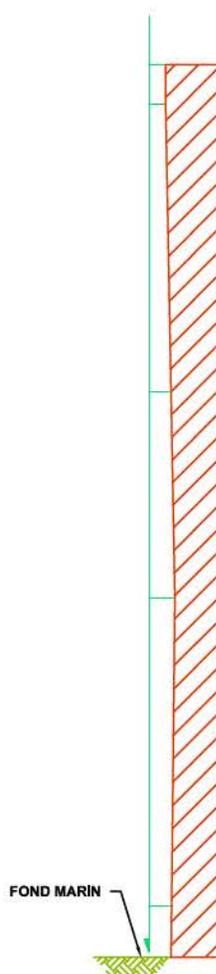
VERTICALITÉ V18S

PIEU 18
FACE SUD

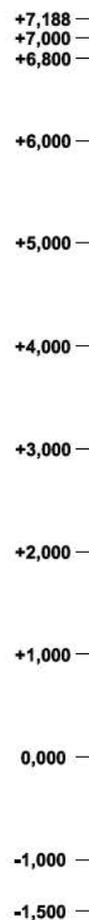
**Écart mesuré
(millimètre)**



Profil approximatif



**Élévation marégraphique
(mètre)**



LEGENDE:

FIL A PLOMB :
ACIER :



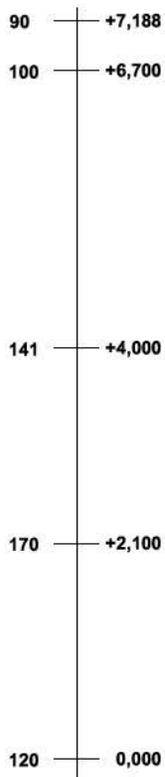
SNC-LAVALIN
QUAI STE-ANNE
EXPERTISE SOUS-MARINE

| | | | |
|-------------------------|-----------|-----------------------------------|-----------------------------------------|
| date : 04-11-2015 | échelle : | conçu par : | approuvé par : Marc-André Désy, Ing. |
| fichier : | | dessiné par : Méllsa Labrecque | page : 1 de 1 |
| No. de projet Expertech | | No. de dessin Expertech | |
| EM215020 | | C14-REV000 | |

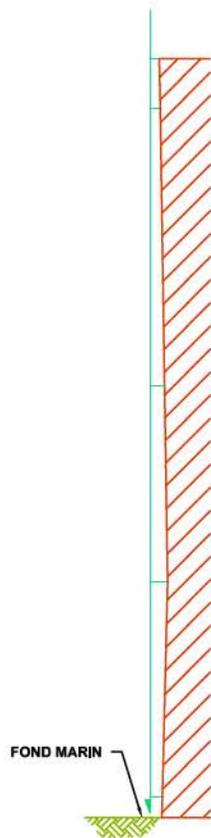
VERTICALITÉ V180

PIEU 18
FACE OUEST

**Écart mesuré
(millimètre)**



Profil approximatf



**Élévation marégraphique
(mètre)**



LEGENDE:

FIL A PLOMB :

ACIER :

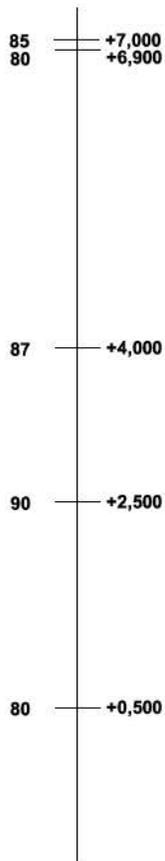


SNC-LAVALIN
QUAI STE-ANNE
EXPERTISE SOUS-MARINE

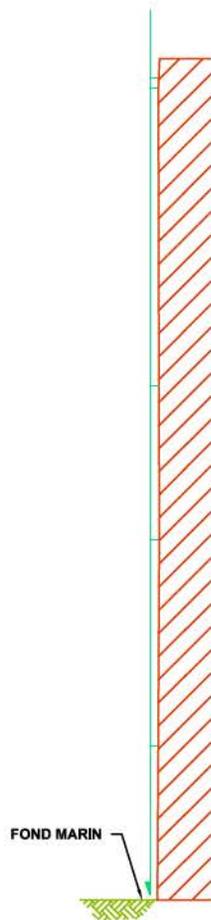
| | | | |
|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------|
| date : 04-11-2015 | échelle : | conçu par : | approuvé par : Marc-André Désy, Ing. |
| ficlier : | dessiné par : Méllsa Labrecque | page : 1 de 1 | |
| No. de projet Expertech | | No. de dessin Expertech | |
| EM215020 | | C15-REV000 | |

VERTICALITÉ V19
PIEU 19
FACE OUEST

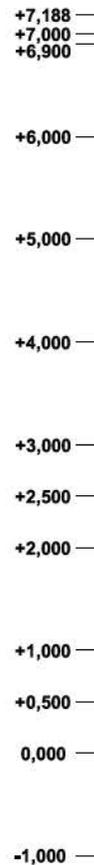
**Écart mesuré
(millimètre)**



Profil approximatif



**Élévation marégraphique
(mètre)**

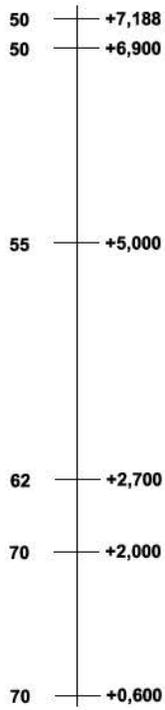


LEGENDE:

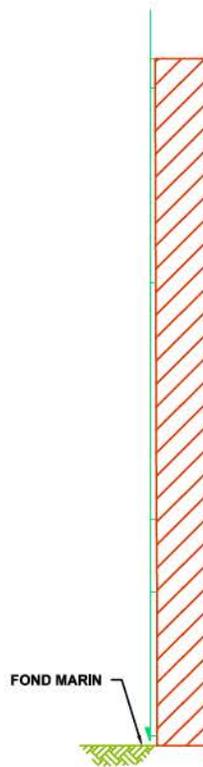
FIL A PLOMB : 
 ACIER : 

VERTICALITÉ V20
PIEU 20
FACE OUEST

**Écart mesuré
(millimètre)**



Profil approximatif



**Élévation marégraphique
(mètre)**

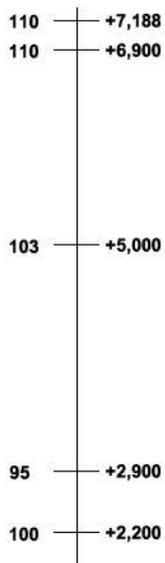


LEGENDE:

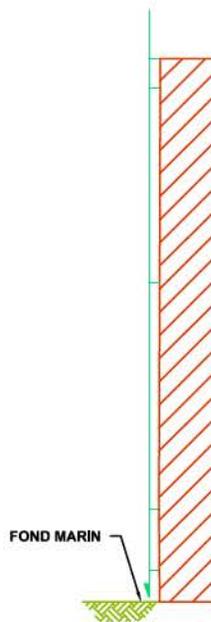
FIL A PLOMB : 
 ACIER : 

VERTICALITÉ V21
PIEU 21
FACE OUEST

**Écart mesuré
(millimètre)**



Profil approximatf



**Élévation marégraphique
(mètre)**

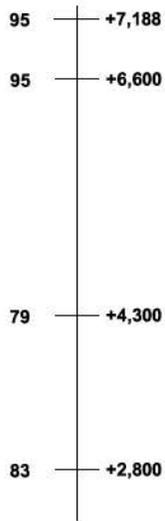


LEGENDE:

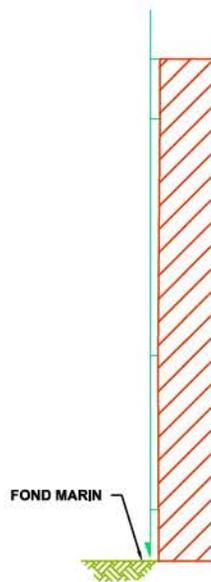
FIL A PLOMB : 
 ACIER : 

VERTICALITÉ V22
PIEU 22
FACE NORD

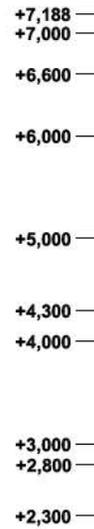
**Écart mesuré
(millimètre)**



Profil approximatif



**Élévation marégraphique
(mètre)**



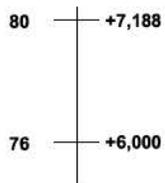
LEGENDE:

FIL A PLOMB : 
 ACIER : 

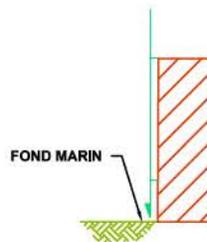
| | | | |
|-------------------------|-----------|----------------------------------|-----------------------------------------|
| date : 04-11-2015 | échelle : | conçu par : | approuvé par : Marc-André Désy, Ing. |
| fichier : | | dessiné par : Mélsa Labrecque | page : 1 de 1 |
| No. de projet Expertech | | No. de dessin Expertech | |
| EM215020 | | C19-REV000 | |

VERTICALITÉ V23
PIEU 23
FACE NORD

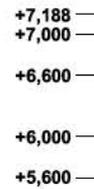
**Écart mesuré
(millimètre)**



Profil approximatif



**Élévation marégraphique
(mètre)**



LEGENDE:

| | |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| FIL A PLOMB : |  |
| ACIER : |  |



SNC-LAVALIN
 QUAI STE-ANNE
 EXPERTISE SOUS-MARINE

| | | | |
|-------------------------|-----------|-----------------------------------|-----------------------------------------|
| date : 04-11-2015 | échelle : | conçu par : | approuvé par : Marc-André Désy, Ing. |
| fichier : | | dessiné par : Méllsa Labrecque | page : 1 de 1 |
| No. de projet Expertech | | No. de dessin Expertech | |
| EM215020 | | C20-REV000 | |

ANNEXE D

**Mesures d'épaisseur résiduelle de
l'acier des pieux et des plaques**

CALCUL D'ÉPAISSEUR RÉSIDUELLE EFFECTIVE
Quai de St-Anne-de-Beaupré
Ultrasound UL4
Chainage: pieu no 4

| Élévation marégraphique (mm) | Mesures en mm | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------------------------|--------|------|------|--------|----------------------|--------|------|------|--------|-------------------------|--------|------|------|--------|
| | Plaque à droite | E(moy) | p(%) | e | E(eff) | pieu | E(moy) | p(%) | e | E(eff) | plaque à gauche | E(moy) | p(%) | e | E(eff) |
| 7000 | 10,92 10,96 10,99 | 10,96 | 0,00 | 0,00 | 10,96 | 9,11 8,90 9,69 | 9,23 | 0,00 | 0,00 | 9,23 | 10,35 10,97 10,90 | 10,74 | 0,00 | 0,00 | 10,74 |
| 5000 | 9,54 9,56 9,63 | 9,58 | 0,00 | 0,00 | 9,58 | 8,88 8,94 8,90 | 8,91 | 0,00 | 0,00 | 8,91 | 9,93 9,82 9,81 | 9,85 | 0,00 | 0,00 | 9,85 |
| 3000 | 9,23 9,42 10,06 | 9,57 | 0,00 | 0,00 | 9,57 | 8,72 8,69 8,95 | 8,79 | 0,00 | 0,00 | 8,79 | 9,23 9,42 10,06 | 9,57 | 0,00 | 0,00 | 9,57 |
| 1000 | 8,40 7,92 7,77 | 8,03 | | | 8,03 | 7,99 9,45 9,19 | 8,88 | | | 8,88 | 7,48 7,39 7,81 | 7,56 | | | 7,56 |
| 500 | 8,62 9,68 7,88 | 8,73 | | | 8,73 | 7,64 8,79 7,79 | 8,07 | | | 8,07 | 8,10 7,66 7,45 | 7,74 | | | 7,74 |
| 0 | 8,86 7,68 7,68 | 8,07 | | | 8,07 | 9,47 7,39 8,88 | 8,58 | | | 8,58 | 9,25 7,62 7,48 | 8,12 | | | 8,12 |
| -500 | | | | | | | | | | | | | | | |
| -1000 | | | | | | | | | | | | | | | |
| -2000 | | | | | | | | | | | | | | | |

Formule utilisée pour les calculs

$$E_{\text{eff}} = E_{\text{moy}} - 0,7 (p \times e)$$

Légende :

- E_{eff} : épaisseur effective
- E_{moy} : épaisseur moyenne mesurée
- p : pourcentage de la surface inspectée occupé par les cratères
- e : profondeur moyenne des cratères
- 0,7 : coefficient géométrique de pondération

CALCUL D'ÉPAISSEUR RÉSIDUELLE EFFECTIVE
Quai de St-Anne-de-Beaupré
Ultrasound UL5
Chainage: pieu no 5

| Élévation marégraphique (mm) | Mesures en mm | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|----------------------|--------|------|------|--------|----------------------|--------|------|------|--------|----------------------|--------|------|------|--------|
| | Plaque à droite | E(moy) | p(%) | e | E(eff) | pieu | E(moy) | p(%) | e | E(eff) | plaque à gauche | E(moy) | p(%) | e | E(eff) |
| 7000 | 8,68 8,65 8,67 | 8,67 | 0,00 | 0,00 | 8,67 | 8,03 7,90 7,91 | 7,95 | 0,00 | 0,00 | 7,95 | 8,95 8,86 8,83 | 8,88 | 0,00 | 0,00 | 8,88 |
| 5000 | 8,51 8,98 8,53 | 8,67 | 0,00 | 0,00 | 8,67 | 8,26 8,11 8,11 | 8,16 | 0,00 | 0,00 | 8,16 | 8,60 8,81 8,56 | 8,66 | 0,00 | 0,00 | 8,66 |
| 3000 | 8,99 8,94 9,01 | 8,98 | 0,00 | 0,00 | 8,98 | 9,11 8,44 8,87 | 8,81 | 0,00 | 0,00 | 8,81 | 9,66 9,60 9,58 | 9,61 | 0,00 | 0,00 | 9,61 |
| 1000 | 9,74 9,72 9,70 | 9,72 | | | 9,72 | 8,95 8,98 8,93 | 8,95 | | | 8,95 | 7,52 7,41 8,76 | 7,90 | | | 7,90 |
| 500 | 7,76 7,83 7,59 | 7,73 | | | 7,73 | 8,98 9,02 8,99 | 9,00 | | | 9,00 | 7,74 7,66 8,36 | 7,92 | | | 7,92 |
| 0 | 7,46 7,59 7,41 | 7,49 | | | 7,49 | 8,63 8,39 7,45 | 8,16 | | | 8,16 | 7,66 7,88 7,80 | 7,78 | | | 7,78 |
| -500 | 8,39 7,45 7,79 | 7,88 | | | 7,88 | 7,82 7,76 7,55 | 7,71 | | | 7,71 | 7,43 7,57 7,41 | 7,47 | | | 7,47 |
| -1000 | 7,41 8,06 7,50 | 7,66 | | | 7,66 | 8,06 7,54 8,05 | 7,88 | | | 7,88 | 7,59 7,43 7,39 | 7,47 | | | 7,47 |
| -2000 | | | | | | | | | | | | | | | |

Formule utilisée pour les calculs

$$E_{\text{eff}} = E_{\text{moy}} - 0,7 (p \times e)$$

Légende :

- E_{eff} : épaisseur effective
- E_{moy} : épaisseur moyenne mesurée
- p : pourcentage de la surface inspectée occupé par les cratères
- e : profondeur moyenne des cratères
- 0,7 : coefficient géométrique de pondération

CALCUL D'ÉPAISSEUR RÉSIDUELLE EFFECTIVE
Quai de St-Anne-de-Beaupré
Ultrasound UL6
Chainage: pieu no 6

| Élévation marégraphique (mm) | Mesures en mm | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|----------------------|--------|------|------|-------|----------------------|--------|------|------|-------|----------------------|--------|------|------|-------|
| | Plaque à droite | E(moy) | p(%) | e | E(ef) | pieu | E(moy) | p(%) | e | E(ef) | plaque à gauche | E(moy) | p(%) | e | E(ef) |
| 7000 | 8,51 8,51 8,49 | 8,50 | 0,00 | 0,00 | 8,50 | 8,67 8,65 8,65 | 8,66 | 0,00 | 0,00 | 8,66 | 8,73 8,70 8,69 | 8,71 | 0,00 | 0,00 | 8,71 |
| 5000 | 8,31 8,33 8,84 | 8,49 | 0,00 | 0,00 | 8,49 | 8,66 8,64 8,74 | 8,68 | 0,00 | 0,00 | 8,68 | 8,39 9,07 8,97 | 8,81 | 0,00 | 0,00 | 8,81 |
| 3000 | 9,04 8,52 8,43 | 8,66 | 0,00 | 0,00 | 8,66 | 9,08 8,51 8,52 | 8,70 | 0,00 | 0,00 | 8,70 | 9,21 9,20 9,06 | 9,16 | 0,00 | 0,00 | 9,16 |
| 1000 | 8,88 8,81 8,78 | 8,82 | 0,00 | 0,00 | 8,82 | 7,93 7,60 8,76 | 8,10 | 0,00 | 0,00 | 8,10 | 7,80 7,43 7,47 | 7,57 | 0,00 | 0,00 | 7,57 |
| 500 | 7,78 7,41 7,41 | 7,53 | | | 7,53 | 8,06 8,94 8,39 | 8,46 | | | 8,46 | 7,80 7,43 7,39 | 7,54 | | | 7,54 |
| 0 | 7,39 7,41 7,71 | 7,50 | | | 7,50 | 7,39 7,58 7,69 | 7,55 | | | 7,55 | 7,43 7,61 7,72 | 7,59 | | | 7,59 |
| -500 | 7,51 7,58 7,47 | 7,52 | | | 7,52 | 7,53 7,88 7,68 | 7,70 | | | 7,70 | 7,70 7,46 7,55 | 7,57 | | | 7,57 |
| -1000 | 7,47 7,46 7,39 | 7,44 | | | 7,44 | 7,40 7,68 7,72 | 7,60 | | | 7,60 | 7,48 7,43 7,78 | 7,56 | | | 7,56 |
| -2000 | | 0,00 | | | 0,00 | | 0,00 | | | 0,00 | | 0,00 | | | 0,00 |

Formule utilisée pour les calculs

$$E_{\text{ef}} = E_{\text{moy}} - 0,7 (p \times e)$$

Légende :

- E_{ef} : épaisseur effective
- E_{moy} : épaisseur moyenne mesurée
- p : pourcentage de la surface inspectée occupé par les crâtres
- e : profondeur moyenne des crâtres
- 0,7 : coefficient géométrique de pondération

CALCUL D'ÉPAISSEUR RÉSIDUELLE EFFECTIVE
Quai de St-Anne-de-Beaupré
Ultrasound UL8
Chainage: pieu no 8

| Élévation marégraphique (mm) | Mesures en mm | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|----------------------|--------|------|------|-------|----------------------|--------|------|------|-------|----------------------|--------|------|------|-------|
| | Plaque à droite | E(moy) | p(%) | e | E(ef) | pieu | E(moy) | p(%) | e | E(ef) | Plaque à gauche | E(moy) | p(%) | e | E(ef) |
| 7000 | 8,30 8,31 8,29 | 8,30 | 0,00 | 0,00 | 8,30 | 9,57 9,28 9,39 | 9,41 | 0,00 | 0,00 | 9,41 | 8,49 8,48 8,45 | 8,47 | 0,00 | 0,00 | 8,47 |
| 5000 | 7,98 7,86 7,40 | 7,75 | 0,00 | 0,00 | 7,75 | 9,08 9,07 9,07 | 9,07 | 0,00 | 0,00 | 9,07 | 9,25 8,55 9,02 | 8,94 | 0,00 | 0,00 | 8,94 |
| 3000 | 8,52 9,09 8,60 | 8,74 | 0,00 | 0,00 | 8,74 | 9,60 9,59 9,58 | 9,59 | 0,00 | 0,00 | 9,59 | 9,15 9,03 9,07 | 9,08 | 0,00 | 0,00 | 9,08 |
| 1000 | 9,97 9,75 9,78 | 9,83 | 0,00 | 0,00 | 9,83 | 9,35 9,26 9,31 | 9,31 | 0,00 | 0,00 | 9,31 | 8,49 7,76 7,75 | 8,00 | 0,00 | 0,00 | 8,00 |
| 500 | 7,60 7,62 8,15 | 7,79 | 0,00 | 0,00 | 7,79 | 8,65 8,81 8,47 | 8,64 | 0,00 | 0,00 | 8,64 | 7,56 8,27 7,55 | 7,79 | 0,00 | 0,00 | 7,79 |
| 0 | 7,41 7,45 8,35 | 7,74 | 0,00 | 0,00 | 7,74 | 8,64 7,72 7,41 | 7,92 | 0,00 | 0,00 | 7,92 | 8,28 8,31 8,57 | 8,39 | 0,00 | 0,00 | 8,39 |
| -500 | 7,65 7,45 7,66 | 7,59 | 0,00 | 0,00 | 7,59 | 7,39 7,69 8,37 | 7,82 | 0,00 | 0,00 | 7,82 | 7,39 7,82 7,43 | 7,55 | 0,00 | 0,00 | 7,55 |
| -1000 | 7,39 7,68 7,79 | 7,62 | 0,00 | 0,00 | 7,62 | 8,03 7,41 8,64 | 8,03 | 0,00 | 0,00 | 8,03 | 8,31 7,54 7,56 | 7,80 | 0,00 | 0,00 | 7,80 |
| -2000 | | | | | | | | | | | | | | | |

Formule utilisée pour les calculs

$$E_{\text{eff}} = E_{\text{moy}} - 0,7 (p \times e)$$

Légende :

- E_{eff} : épaisseur effective
- E_{moy} : épaisseur moyenne mesurée
- p : pourcentage de la surface inspectée occupé par les cratères
- e : profondeur moyenne des cratères
- 0,7 : coefficient géométrique de pondération

CALCUL D'ÉPAISSEUR RÉSIDUELLE EFFECTIVE
Quai de St-Anne-de-Beaupré
Ultrasound UL13
Chainage : pieu no 13

| Élévation marégraphique (mm) | Mesures en mm | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|----------------------|--------|------|------|--------|-------------------------|--------|------|------|--------|-------------------------|--------|------|------|--------|
| | Plaque à droite | E(moy) | p(%) | e | E(eff) | pieu | E(moy) | p(%) | e | E(eff) | plaque à gauche | E(moy) | p(%) | e | E(eff) |
| 7000 | 9,51 9,52 9,53 | 9,52 | 0,00 | 0,00 | 9,52 | 10,22 10,21 10,19 | 10,21 | 0,00 | 0,00 | 10,21 | 9,58 9,58 9,55 | 9,57 | 0,00 | 0,00 | 9,57 |
| 5000 | 9,74 9,69 9,70 | 9,71 | 0,00 | 0,00 | 9,71 | 10,32 10,27 10,24 | 10,28 | 0,00 | 0,00 | 10,28 | 10,06 10,05 10,12 | 10,08 | 0,00 | 0,00 | 10,08 |
| 3000 | 9,35 9,32 9,84 | 9,50 | 0,00 | 0,00 | 9,50 | 10,12 10,16 10,16 | 10,15 | 0,00 | 0,00 | 10,15 | 9,53 8,59 9,54 | 9,22 | 0,00 | 0,00 | 9,22 |
| 1000 | 8,93 9,09 9,73 | 9,25 | 0,00 | 0,00 | 9,25 | 10,20 10,16 10,15 | 10,17 | 0,00 | 0,00 | 10,17 | 10,06 10,01 9,63 | 9,90 | 0,00 | 0,00 | 9,90 |
| 500 | 7,39 7,74 7,80 | 7,64 | | | 7,64 | 10,29 10,28 10,26 | 10,28 | | | 10,28 | 9,66 10,08 10,08 | 9,94 | | | 9,94 |
| 0 | 7,76 7,39 7,41 | 7,52 | | | 7,52 | 8,30 7,62 7,71 | 7,88 | | | 7,88 | 9,16 9,20 7,99 | 8,78 | | | 8,78 |
| -500 | 7,41 7,76 7,56 | 7,58 | | | 7,58 | 8,85 7,51 7,77 | 8,04 | | | 8,04 | 7,60 7,50 7,39 | 7,50 | | | 7,50 |
| -1000 | 7,41 7,39 7,55 | 7,45 | | | 7,45 | 7,58 7,41 7,86 | 7,62 | | | 7,62 | 7,71 8,39 7,68 | 7,93 | | | 7,93 |
| -1300 (fond Marin) | | | | | | | | | | | | | | | |

Formule utilisée pour les calculs

$$E_{\text{eff}} = E_{\text{moy}} - 0,7 (p \times e)$$

Légende :

- E_{eff} : épaisseur effective
- E_{moy} : épaisseur moyenne mesurée
- p : pourcentage de la surface inspectée occupé par les cratères
- e : profondeur moyenne des cratères
- 0,7 : coefficient géométrique de pondération

CALCUL D'ÉPAISSEUR RÉSIDUELLE EFFECTIVE
Quai de St-Anne-de-Beaupré
Ultrasound UL17
Chainage : pieu no 17

| Élévation marégraphique (mm) | Mesures en mm | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------------------------|--------|------|------|-------|----------------------|--------|------|------|-------|-------------------------|--------|------|------|-------|-------|
| | plaque à droite | E(moy) | p(%) | e | E(ef) | pieu | E(moy) | p(%) | e | E(ef) | plaque à gauche | E(moy) | p(%) | e | E(ef) | |
| 7000 | 9,88 9,55 9,57 | 9,57 | 0,00 | 0,00 | 9,57 | 9,05 9,00 9,02 | 9,02 | 0,00 | 0,00 | 9,02 | 9,29 9,26 9,24 | 9,26 | 0,00 | 0,00 | 9,26 | 9,26 |
| 5000 | 9,14 9,15 9,24 | 9,18 | 0,00 | 0,00 | 9,18 | 8,95 8,91 8,90 | 8,92 | 0,00 | 0,00 | 8,92 | 9,88 9,79 9,76 | 9,81 | 0,00 | 0,00 | 9,81 | 9,81 |
| 3000 | 10,31 10,28 10,28 | 10,29 | 0,00 | 0,00 | 10,29 | 9,50 9,52 9,48 | 9,50 | 0,00 | 0,00 | 9,50 | 10,13 10,16 10,17 | 10,15 | 0,00 | 0,00 | 10,15 | 10,15 |
| 1000 | 9,67 9,77 10,19 | 9,88 | 0,00 | 0,00 | 9,88 | 9,97 9,92 9,97 | 9,95 | 0,00 | 0,00 | 9,95 | 10,05 10,01 9,88 | 9,91 | 0,00 | 0,00 | 9,91 | 9,91 |
| 500 | 8,17 7,75 7,84 | 7,92 | | | 7,92 | 8,55 8,90 8,05 | 8,50 | | | 8,50 | 7,70 7,41 7,45 | 7,52 | | | 7,52 | 7,52 |
| 0 | 7,39 7,52 7,50 | 7,47 | | | 7,47 | 7,49 7,39 7,45 | 7,44 | | | 7,44 | 7,46 7,39 7,67 | 7,51 | | | 7,51 | 7,51 |
| -500 | 7,39 7,54 7,39 | 7,44 | | | 7,44 | 7,41 7,43 7,39 | 7,41 | | | 7,41 | 7,39 7,45 7,64 | 7,49 | | | 7,49 | 7,49 |
| -1000 | 9,73 8,06 8,62 | 8,80 | | | 8,80 | 7,60 7,67 7,40 | 7,56 | | | 7,56 | 7,68 7,43 7,70 | 7,60 | | | 7,60 | 7,60 |
| -1700 (fond marin) | | | | | | | | | | | | | | | | |

Formule utilisée pour les calculs

$$E_{\text{ef}} = E_{\text{moy}} - 0,7 (p \times e)$$

Légende :

- E_{ef} : épaisseur effective
- E_{moy} : épaisseur moyenne mesurée
- p : pourcentage de la surface inspectée occupé par les cratères
- e : profondeur moyenne des cratères
- 0,7 : coefficient géométrique de pondération

CALCUL D'ÉPAISSEUR RÉSIDUELLE EFFECTIVE
Quai de St-Anne-de-Beaupré
Ultrasound UL18
Chainage: pieu no 18

| Élévation manégraphique (mm) | Mesures en mm | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|----------------------|--------|------|------|--------|-------------------------|--------|------|------|--------|----------------------|--------|------|------|--------|
| | plaque à droite | E(moy) | p(%) | e | E(eff) | pieu | E(moy) | p(%) | e | E(eff) | plaque à gauche | E(moy) | p(%) | e | E(eff) |
| 7000 | 8,70 8,65 8,69 | 8,68 | 0,00 | 0,00 | 8,68 | 9,48 9,97 9,46 | 9,64 | 0,00 | 0,00 | 9,64 | 8,79 8,79 8,77 | 8,78 | 0,00 | 0,00 | 8,78 |
| 5000 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3000 | 9,78 9,74 9,74 | 9,75 | 0,00 | 0,00 | 9,75 | 10,01 10,39 10,37 | 10,26 | 0,00 | 0,00 | 10,26 | 9,30 9,67 9,26 | 9,41 | 0,00 | 0,00 | 9,41 |
| 1000 | 9,79 9,81 9,41 | 9,67 | 0,00 | 0,00 | 9,67 | 10,35 9,86 10,34 | 10,18 | 0,00 | 0,00 | 10,18 | 9,60 9,11 9,59 | 9,43 | 0,00 | 0,00 | 9,43 |
| 500 | 9,81 9,81 9,81 | 9,81 | 0,00 | 0,00 | 9,81 | 9,99 10,40 9,99 | 10,13 | 0,00 | 0,00 | 10,13 | 9,18 9,19 9,17 | 9,18 | 0,00 | 0,00 | 9,18 |
| 0 | 7,59 7,56 7,41 | 7,52 | | | 7,52 | 9,98 9,96 9,96 | 9,96 | | | 9,96 | 7,62 7,42 7,52 | 7,52 | | | 7,52 |
| -500 | 7,60 7,58 7,69 | 7,62 | | | 7,62 | 7,63 7,48 7,70 | 7,60 | | | 7,60 | 7,38 7,41 7,62 | 7,47 | | | 7,47 |
| -1000 | 7,43 7,34 7,73 | 7,50 | | | 7,50 | 7,34 7,73 7,39 | 7,49 | | | 7,49 | 7,78 7,65 7,43 | 7,62 | | | 7,62 |
| -1500 (fond marin) | | | | | | | | | | | | | | | |

Formule utilisée pour les calculs

$$E_{\text{eff}} = E_{\text{moy}} - 0,7 (p \times e)$$

Légende :

- E_{eff} : épaisseur effective
- E_{moy} : épaisseur moyenne mesurée
- p : pourcentage de la surface inspectée occupé par les cratères
- e : profondeur moyenne des cratères
- 0,7 : coefficient géométrique de pondération

CALCUL D'ÉPAISSEUR RÉSIDUELLE EFFECTIVE
Quai de St-Anne-de-Beaupré
Ultrasound UL19
Chainage: pieu no 19

| Élévation marégraphique (mm) | Mesures en mm | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|----------------------|--------|------|------|--------|----------------------|--------|------|------|--------|----------------------|--------|------|------|--------|
| | plaque à droite | E(moy) | p(%) | e | E(eff) | pieu | E(moy) | p(%) | e | E(eff) | plaque à gauche | E(moy) | p(%) | e | E(eff) |
| 7000 | 9,56 9,44 9,43 | 9,48 | 0,00 | 0,00 | 9,48 | 9,12 9,15 9,15 | 9,14 | 0,00 | 0,00 | 9,14 | 8,50 8,48 8,63 | 8,54 | 0,00 | 0,00 | 8,54 |
| 5000 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3000 | 9,28 9,29 9,27 | 9,28 | 0,00 | 0,00 | 9,28 | 8,65 8,67 8,67 | 8,66 | 0,00 | 0,00 | 8,66 | 9,34 9,67 9,47 | 9,49 | 0,00 | 0,00 | 9,49 |
| 1000 | 9,72 9,30 9,30 | 9,44 | 0,00 | 0,00 | 9,44 | 8,73 8,73 8,73 | 8,73 | 0,00 | 0,00 | 8,73 | 9,61 9,57 9,57 | 9,58 | 0,00 | 0,00 | 9,58 |
| 500 | 9,73 9,30 9,30 | 9,44 | 0,00 | 0,00 | 9,44 | 8,84 8,86 9,23 | 8,98 | 0,00 | 0,00 | 8,98 | 9,96 9,62 9,61 | 9,60 | 0,00 | 0,00 | 9,60 |
| 0 | 7,62 7,74 9,27 | 8,21 | | | 8,21 | 8,76 9,19 8,74 | 8,90 | | | 8,90 | 7,73 7,60 7,45 | 7,59 | | | 7,59 |
| -500 | 7,39 7,69 7,54 | 7,54 | | | 7,54 | 7,80 7,87 7,41 | 7,69 | | | 7,69 | 7,69 7,54 7,75 | 7,66 | | | 7,66 |
| -1000 | 7,45 7,40 7,69 | 7,51 | | | 7,51 | 7,62 7,41 7,61 | 7,55 | | | 7,55 | 7,67 8,01 7,41 | 7,70 | | | 7,70 |
| -2000 | | | | | | | | | | | | | | | |

Formule utilisée pour les calculs

$$E_{\text{eff}} = E_{\text{moy}} - 0,7 (p \times e)$$

Légende :

- E_{eff} : épaisseur effective
- E_{moy} : épaisseur moyenne mesurée
- p : pourcentage de la surface inspectée occupé par les cratères
- e : profondeur moyenne des cratères
- 0,7 : coefficient géométrique de pondération

CALCUL D'ÉPAISSEUR RÉSIDUELLE EFFECTIVE
Quai de St-Anne-de-Beaupré
Ultrasound UL20
Chainage: pieu no 20

| Élévation marégraphique (mm) | Mesures en mm | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------------------------|--------|------|------|--------|----------------------|--------|------|------|--------|-----------------------|--------|------|------|--------|
| | plaque à droite | E(moy) | p(%) | e | E(eff) | pieu | E(moy) | p(%) | e | E(eff) | plaque à gauche | E(moy) | p(%) | e | E(eff) |
| 7000 | 9,49 9,68 9,44 | 9,54 | 0,00 | 0,00 | 9,54 | 9,32 9,27 8,64 | 9,08 | 0,00 | 0,00 | 9,08 | 9,43 9,42 9,42 | 9,42 | 0,00 | 0,00 | 9,42 |
| 5000 | 9,00 10,02 10,02 | 9,68 | 0,00 | 0,00 | 9,68 | 8,80 8,79 8,80 | 8,80 | 0,00 | 0,00 | 8,80 | 9,79 9,87 9,87 | 9,84 | 0,00 | 0,00 | 9,84 |
| 3000 | 10,18 10,13 10,13 | 10,15 | 0,00 | 0,00 | 10,15 | 8,73 8,74 8,74 | 8,74 | 0,00 | 0,00 | 8,74 | 9,72 10,31 9,69 | 9,91 | 0,00 | 0,00 | 9,91 |
| 1000 | 9,62 9,63 9,66 | 9,64 | 0,00 | 0,00 | 9,64 | 8,83 8,83 8,83 | 8,83 | 0,00 | 0,00 | 8,83 | 9,81 9,59 9,60 | 9,67 | 0,00 | 0,00 | 9,67 |
| 500 (fond marin) | 7,66 8,49 8,51 | 8,22 | | | 8,22 | 7,65 7,50 7,74 | 7,63 | | | 7,63 | 7,39 7,70 7,76 | 7,62 | | | 7,62 |
| 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| -500 | | | | | | | | | | | | | | | |
| -1000 | | | | | | | | | | | | | | | |
| -2000 | | | | | | | | | | | | | | | |

Formule utilisée pour les calculs

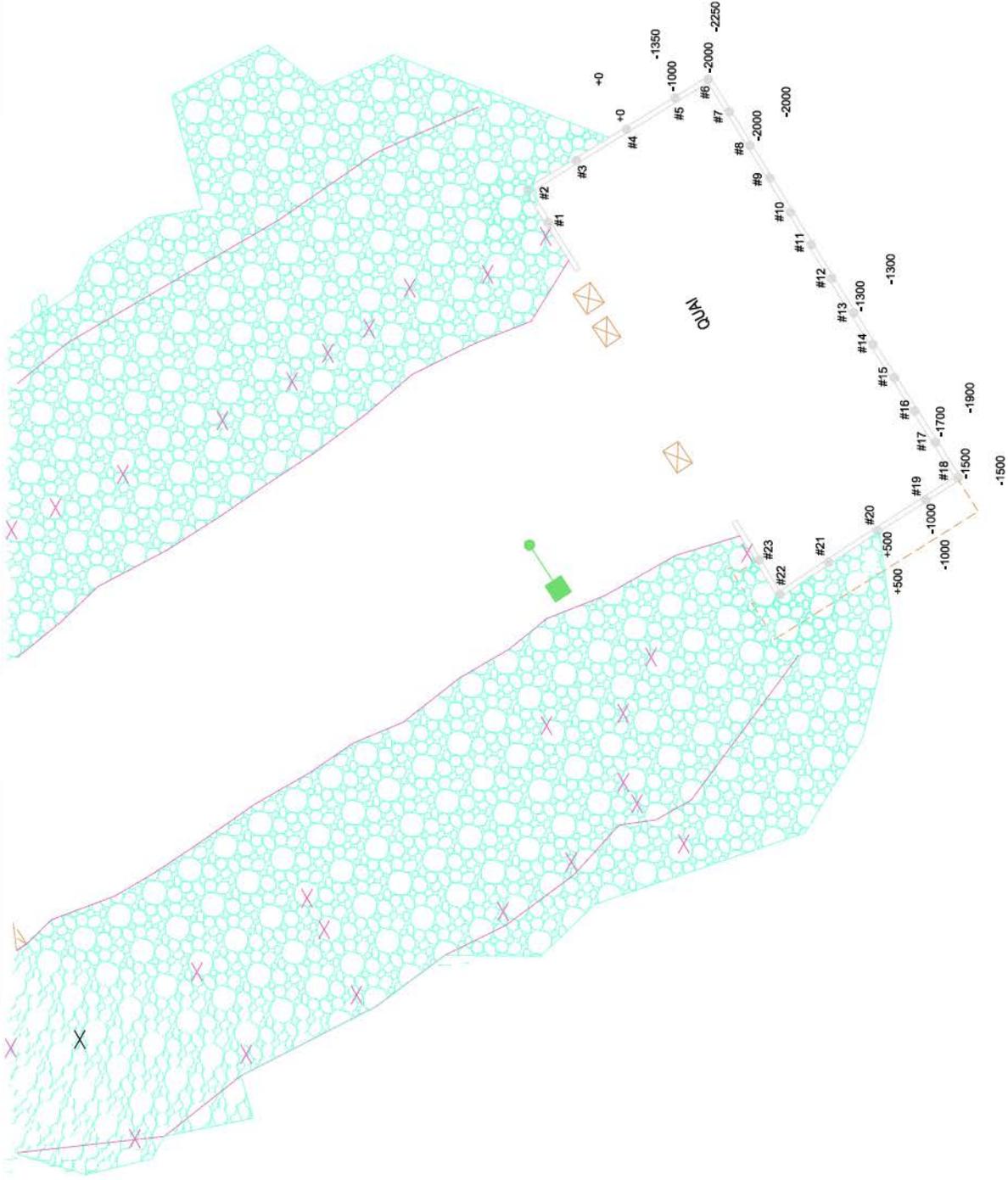
$$E_{\text{eff}} = E_{\text{moy}} - 0,7 (p \times e)$$

Légende :

- E_{eff} : épaisseur effective
- E_{moy} : épaisseur moyenne mesurée
- p : pourcentage de la surface inspectée occupé par les cratères
- e : profondeur moyenne des cratères
- 0,7 : coefficient géométrique de pondération

ANNEXE E

Relevé bathymétrique



Expertech
MARINE

SNC-LAVALIN
QUAI STE-ANNE
EXPERTISE SOUS-MARINE

| | | | |
|----------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------|------------------|
| date : 08-11-2015 | conçu par : Mélissa Labrecque | approuvé par : Marc-André Desjardins, Ing. | page : 1 de 1 |
| révisé : | dessiné par : | | |

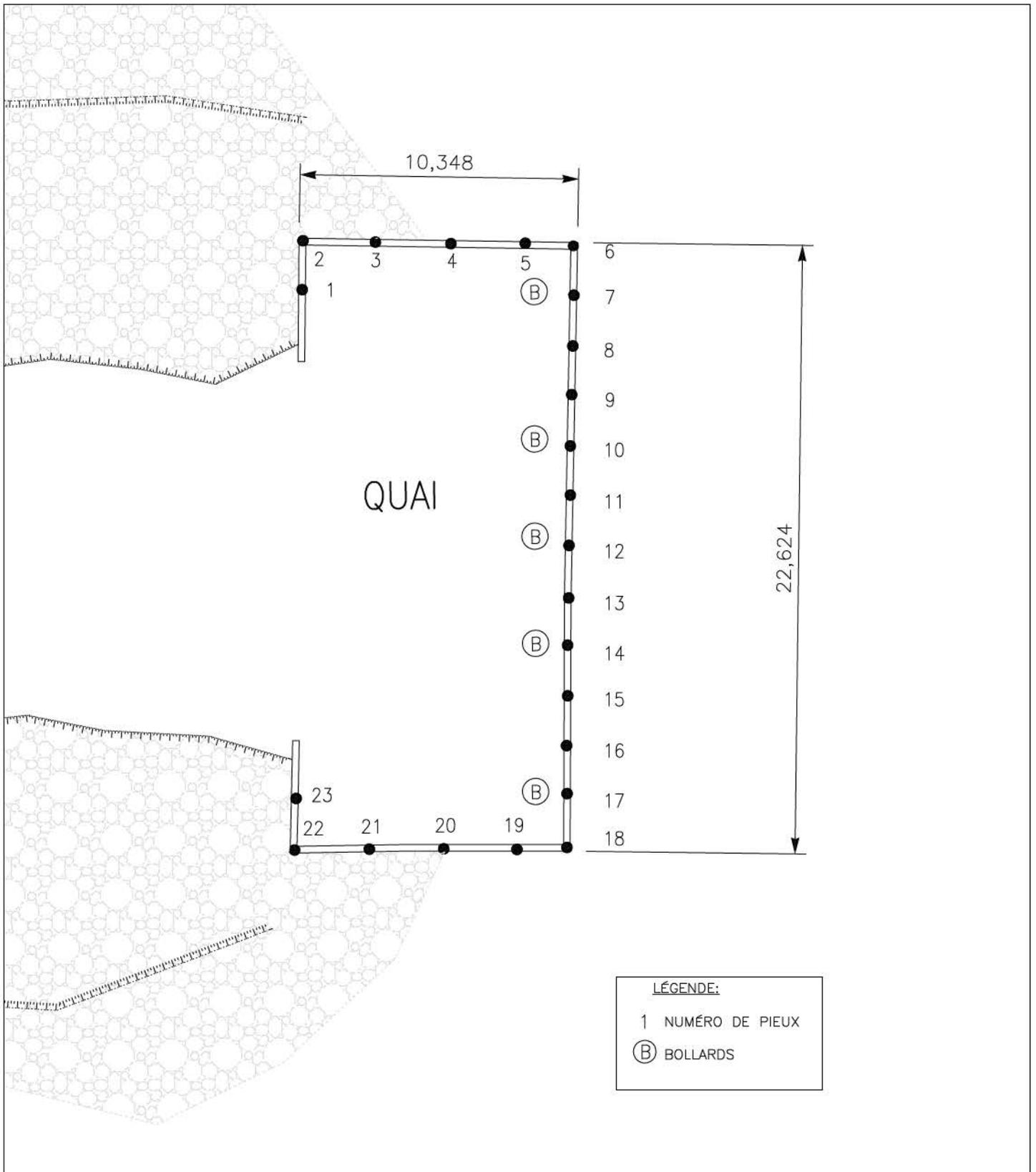
| | |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| No. de projet Expertech EM215020 | No. de dessin Expertech E01-REV000 |
|-------------------------------------|---------------------------------------|

BATHYMÉTRIES





Annexe D – Localisation des pieux et bollards



LÉGENDE:
 1 NUMÉRO DE PIEUX
 (B) BOLLARDS

| | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|---|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|----------------|-------------|
| | | | | CONÇU M.D.ROUSSEAU ING | PROJET INSPECTION QUAI SAINTÉ-ANNE DE BEAUPRÉ | | | | |
| | | | | DESSINÉ J.F.BOURET | TITRE QUAI EXISTANT NUMÉROTATION DES PIEUX ET BOLLARDS | | | | |
| | | | | VÉRIFIÉ M.D.ROUSSEAU ING | | | | | |
| No | DESCRIPTION DE LA RÉVISION | DATE(A/M/J) | * | ** | APPROUVÉ | | | | |
| REGISTRE DES RÉVISIONS * CONÇU ** APPROUVÉ | | | | | | | | | |
| | | CLIENT CORPORATION DE DÉVELOPPEMENT DU QUAI DE SAINTÉ-ANNE DE BEAUPRÉ | | | DATE 06/01/16 | | | | |
| | | | | | ÉCHELLE 1:200 | No PROJET 632976 | SUBDIVISION 0000 | SUJET 41 DK | SÉRIE 09 |



Annexe E – Bibliographie

RACINE, Pascal. Note technique. Expertise structurale – Quai de Sainte-Anne-de-Beaupré. SP. Révisée en date du 17/03/2015. 3 pages.

LAPOINTE, André. Expertise structurale – Quai de Sainte-Anne-de-Beaupré. Genivar. 20 août 2012. 3 pages.

Mise en valeur du quai de la ville de Sainte-Anne-de-Beaupré. Rapport final. DAA Stratégies. Octobre 2012. 27 pages.

Concept d'aménagement et de mise en valeur touristique pour le quai de Sainte-Anne-de-Beaupré. Rapport final. Lemay + DAA Stratégies. Mars 2015. 33 pages.

Appel d'offres. Inspection des infrastructures maritimes du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré. Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré. 11 septembre 2015. 12 pages.



Annexe F – Rapports de forages

14 mars 2016

Monsieur Michel Rousseau, ing.
Directeur de projet
SNC-Lavalin
5500 boulevard des Galeries
Québec (Québec) G2K 2E2

Objet : Investigation géotechnique préliminaire
Inspection des infrastructures maritimes du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré
N/Réf. : 632976

Monsieur,

Veillez trouver ci-joint les rapports de forage F-1 et F-2 résultants de l'investigation géotechnique préliminaire effectuée par SNC-Lavalin Environnement et géosciences (« SNC-Lavalin »), antérieurement appelée Qualitas et opérant maintenant sous l'entité légale SNC-Lavalin GEM Québec inc., dans le cadre du projet mentionné en titre. Le plan de localisation de ces forages est également inclus.

Soulignons que les descriptions des sols mentionnées dans les rapports de forage ne sont vérifiées qu'à l'endroit où les forages ont été réalisés. Les conditions rencontrées entre ces forages ou ailleurs sur le site peuvent différer de celles observées dans ces forages.

Nous espérons le tout à votre entière satisfaction et vous prions d'agréer, Monsieur, l'expression de nos sentiments les meilleurs.

Pierre-Alain Konrad, ing. M.Sc.
Ingénieur en géotechnique | Chargé de projets
Environnement et géosciences
Ingénierie des infrastructures

PAK/mcb

p. j. 1) Rapports de forage
2) Plan de localisation des forages





Un rapport de sondage permet de résumer la stratigraphie des sols et du roc, leurs propriétés ainsi que les conditions d'eau souterraine. Cette note a pour but d'expliquer la terminologie, les symboles et abréviations utilisés.

COUPE STRATIGRAPHIQUE

1. PROFONDEUR – NIVEAU

La profondeur et le niveau des différents contacts stratigraphiques sont donnés par rapport à la surface du terrain à l'endroit des sondages au moment de leur exécution. Les niveaux sont indiqués en fonction d'un système indiqué dans l'entête du rapport de sondage.

2. DESCRIPTION DES SOLS

Les sols sont décrits selon leur nature et leurs propriétés géotechniques.

Les dimensions des particules constituant un sol sont les suivantes :

| NOM | DIMENSION (mm) | |
|---------|----------------|-------|
| Argile | < | 0,002 |
| Silt | 0,002 - | 0,08 |
| Sable | 0,08 - | 5 |
| Gravier | 5 - | 80 |
| Caillou | 80 - | 300 |
| Bloc | > | 300 |

La proportion des divers éléments de sol, définis selon la dimension des particules, est donnée d'après la terminologie descriptive suivante :

| TERMINOLOGIE DESCRIPTIVE | PROPORTION DE PARTICULES (%) | |
|-----------------------------------|------------------------------|----|
| Traces | 1 - | 10 |
| Un peu | 10 - | 20 |
| Adjectif (ex. : sableux, silteux) | 20 - | 35 |
| Et (ex. : sable et gravier) | > | 35 |

2.1 COMPACTITÉ DES SOLS PULVÉRULENTS

La compacité des sols pulvérulents est évaluée à l'aide de l'indice de pénétration « N » obtenu par l'essai de pénétration standard :

| COMPACTITÉ | INDICE DE PÉNÉTRATION « N » (coups / 300 mm) | |
|---------------------|----------------------------------------------|----|
| Très lâche | < | 4 |
| Lâche | 4 - | 10 |
| Compacte ou moyenne | 10 - | 30 |
| Dense | 30 - | 50 |
| Très dense | > | 50 |

2.2 CONSISTANCE ET PLASTICITÉ DES SOLS COHÉRENTS

La consistance des sols cohérents est évaluée à partir de la résistance au cisaillement. La résistance au cisaillement non drainé de l'argile intacte (s_u) et de l'argile remaniée (s_r) est mesurée en chantier ou en laboratoire.

| CONSISTANCE | RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT, s_u (kPa) | |
|-------------|-----------------------------------------|-----|
| Très molle | < | 12 |
| Molle | 12 - | 25 |
| Ferme | 25 - | 50 |
| Raide | 50 - | 100 |
| Très raide | 100 - | 200 |
| Dure | > | 200 |

| PLASTICITÉ | LIMITE DE LIQUIDITÉ, w_L (%) | |
|------------|--------------------------------|----|
| Faible | < | 30 |
| Moyenne | 30 - | 50 |
| Élevée | > | 50 |

3. DESCRIPTION DU ROC

Le roc est décrit en fonction de sa nature géologique, de ses caractéristiques structurales et de ses propriétés mécaniques.

L'indice de qualité du roc (RQD) est déterminé selon la norme ASTM D 6032.

| CLASSIFICATION | INDICE DE QUALITÉ RQD (%) | |
|-----------------------|---------------------------|-----|
| Très mauvaise qualité | < | 25 |
| Mauvaise qualité | 25 - | 50 |
| Qualité moyenne | 50 - | 75 |
| Bonne qualité | 75 - | 90 |
| Excellente qualité | 90 - | 100 |

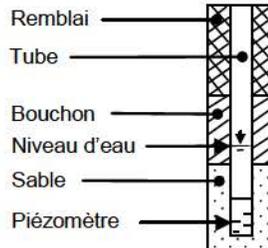
| JOINTS | ESPACEMENT MOYEN (mm) | |
|---------------------|-----------------------|------|
| Très rapprochés | 0 - | 60 |
| Rapprochés | 60 - | 200 |
| Moyennement espacés | 200 - | 600 |
| Espacés | 600 - | 2000 |
| Très espacés | > | 2000 |

| RÉSISTANCE | RÉSISTANCE À LA COMPRESSION UNIAXIALE, q_u (MPa) | |
|--------------------|----------------------------------------------------|-----|
| Extrêmement faible | < | 1 |
| Très faible | 1 - | 5 |
| Faible | 5 - | 25 |
| Moyennement forte | 25 - | 50 |
| Forte | 50 - | 100 |
| Très forte | 100 - | 250 |
| Extrêmement forte | > | 250 |



NIVEAU D'EAU

La colonne « Niveau d'eau » indique le niveau de l'eau souterraine mesuré dans un tube d'observation, un piézomètre, un puits d'observation ou directement dans un sondage. La date du relevé est également indiquée dans cette colonne. Le croquis ci-contre illustre les différents symboles utilisés.



ABRÉVIATIONS

| | |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A | Absorption, L/min-m (essai d'eau sous pression) |
| AC | Analyses chimiques |
| C | Essai de consolidation |
| C _c | Coefficient de courbure |
| C _u | Coefficient d'uniformité |
| S _u | Résistance au cisaillement à l'état intact, mesurée au scissomètre de chantier, kPa |
| S _r | Résistance au cisaillement à l'état remanié, mesurée au scissomètre de chantier, kPa |
| S _{us} | Résistance au cisaillement à l'état intact, mesurée au pénétromètre à cône (cône suédois), kPa |
| S _{rs} | Résistance au cisaillement à l'état remanié, mesurée au pénétromètre à cône (cône suédois), kPa |
| S _{up} | Résistance au cisaillement à l'état intact, mesurée au scissomètre portatif, kPa |
| S _{rp} | Résistance au cisaillement à l'état remanié, mesurée au scissomètre portatif, kPa |
| D _r | Densité relative des particules solides |
| E _M | Module pressiométrique, kPa ou MPa |
| G | Analyse granulométrique par tamisage et lavage |
| I _L | Indice de liquidité |
| I _p | Indice de plasticité, % |
| k _c | Coefficient de perméabilité (conductivité hydraulique) mesuré en chantier, m/s |
| k _L | Coefficient de perméabilité (conductivité hydraulique) mesuré en laboratoire, m/s |
| N _{dc} | Indice de pénétration (essai de pénétration dynamique au cône, DCPT) |
| N | Indice de pénétration (essai de pénétration standard, SPT) |
| P ₈₀ | Analyse granulométrique par lavage au tamis 80 µm |
| P _L | Pression limite de l'essai pressiométrique, kPa |
| P _r | Essai Proctor |
| γ | Poids volumique, kN/m ³ |
| γ' | Poids volumique déjaugé, kN/m ³ |
| q _u | Résistance à la compression uniaxiale du roc, MPa |
| R | Refus à l'enfoncement du carottier fendu |
| S | Analyse granulométrique par sédimentométrie |
| S _i | Sensibilité (s _w /s _r) |
| T.A.S. | Taux d'agressivité du sol |
| w | Teneur en eau, % |
| w _L | Limite de liquidité, % |
| w _p | Limite de plasticité, % |

ÉCHANTILLONS

1. TYPE ET NUMÉRO

La colonne « Type et numéro » correspond à la numérotation de l'échantillon. Il comprend deux lettres identifiant le type d'échantillonnage, suivi d'un chiffre séquentiel. Les types d'échantillonnage sont les suivants :

| | |
|---------------------------------------------------|-------------------------|
| CF : carottier fendu | CR : carottier diamanté |
| CG : carottier grand diamètre | VR : prélèvement manuel |
| TM : tube à paroi mince | ET : tarière |
| TU : tube échantillonneur en plastique (Geoprobe) | |

2. ÉTAT

La profondeur, la longueur et l'état de chaque échantillon sont indiqués dans cette colonne. Les symboles suivants illustrent l'état de l'échantillon :



3. RÉCUPÉRATION

La récupération de l'échantillon correspond à la longueur récupérée de l'échantillon par rapport à la longueur de l'enfoncement de l'échantillonneur, exprimée en pourcentage.

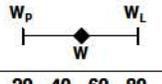
ESSAIS IN SITU ET EN LABORATOIRE

Les résultats des essais effectués en chantier et en laboratoire sont indiqués dans les colonnes « Essais in situ et en laboratoire » à la profondeur correspondante.

La liste d'abréviations suivante sert à identifier ces essais.

CLIENT : Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré
 PROJET : Inspection des infrastructures maritimes du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré
 ENDROIT : Sainte-Anne-de-Beaupré (Québec)
 DOSSIER : 632976

FORAGE : F-1
 DATE : 2016-01-07
 COORDONNÉES :
 E : 272441 N : 5208880
 AZIMUT : ° PLONGÉE : °

| PROFONDEUR (m) | ÉLEVATION (m) Géodésique | DESCRIPTION | NIVEAU D'EAU | ÉCHANTILLONS | | ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE | | | | | | | | |
|----------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------|------|----------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| | | | | TYPE ET NUMÉRO | ÉTAT | RÉCUPÉRATION (%) | N ou RQD (%) | TENEUR EN EAU ET LIMITES D'ATTERBERG (%)  | AUTRES ESSAIS | Scissomètre Nilcon | | Cône suédois | | |
| | | | | | | | | | | ▲ S _u (kPa) | ▽ S _{uc} (kPa) | ★ S _{ur} (kPa) | ☆ S _{urs} (kPa) | ○ N _{dc} (coups/300 mm) |
| 11 | | Sable silteux et graveleux, traces d'argile. Compacité moyenne à dense. | | CF-13 | | 90 | 18 | | | | | | | |
| | | | CF-14 | | 15 | 24 | | | | | | | | |
| 12 | | | CF-15 | | 70 | 35 | | | | | | | | |
| | | | CF-16 | | | | | | | | | | | |
| 13 | -8.42 | Sable silteux, traces de gravier et d'argile. Compacité moyenne. | | CF-17 | | 50 | 12 | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | -10.12 | Roc : shale désagrégé. | | CF-18 | | 85 | 112 | | 36-58-60-54 | | | | | |
| 16 | -10.97 | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | Roc : shale gris. Litage à 30° par rapport à l'axe de la carotte. Zone fracturée entre 15,85 et 16,10 m de profondeur. Zones broyées de 16,45 à 16,60 m, 16,75 à 16,85 m et de 17,40 à 17,80 m. Roc de qualité mauvaise à moyenne selon l'indice RQD. | | CR-19 | | 100 | 30 | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | -14.12 | Fin du forage | | CR-20 | | 100 | 53 | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | |

REMARQUES :

MÉTHODE DE FORAGE : Rotation de tubes NW dans les sols; carottage du roc avec carottier diamanté de calibre NQ.

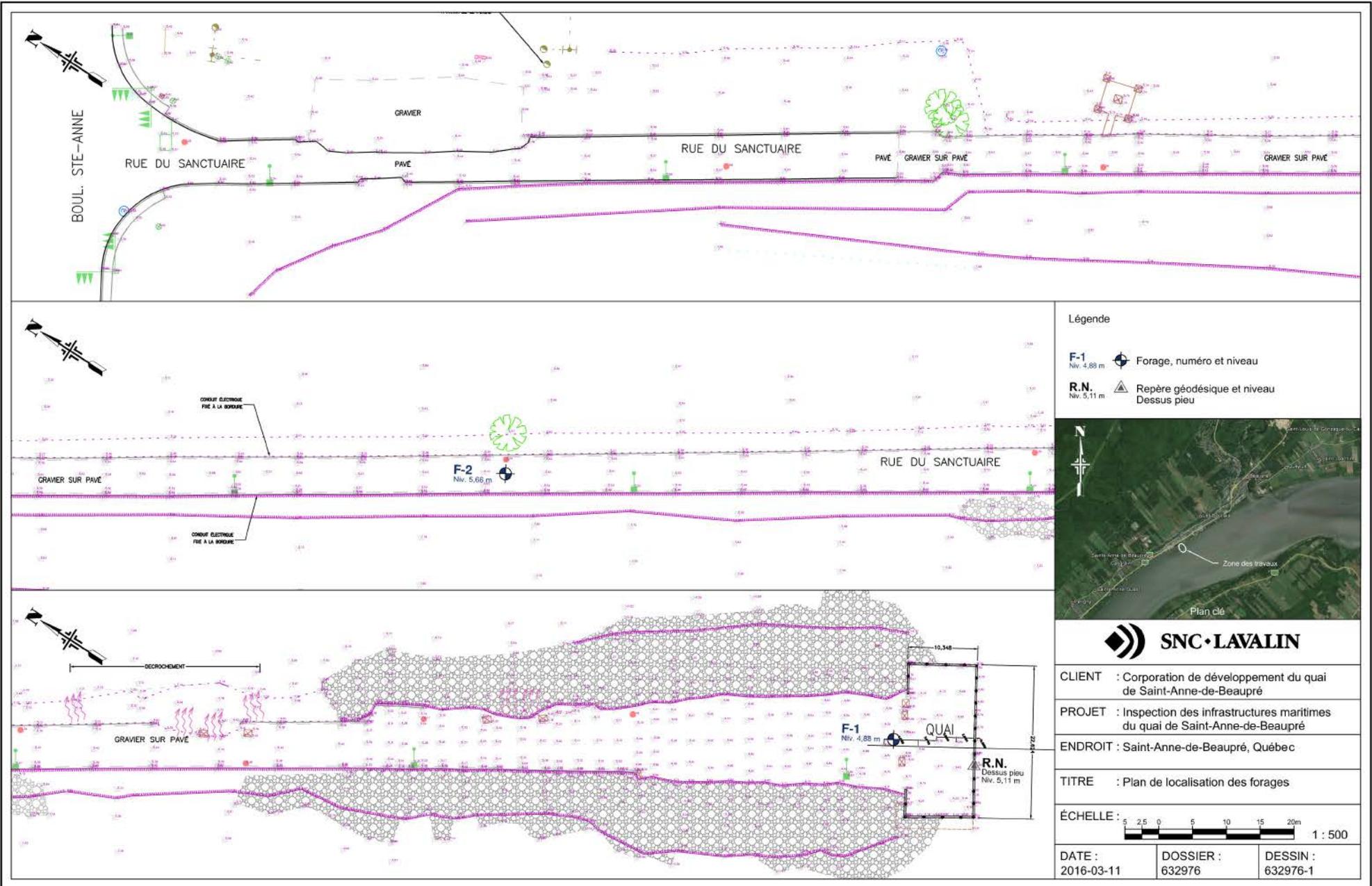
CLIENT : Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré
PROJET : Inspection des infrastructures maritimes du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré
ENDROIT : Sainte-Anne-de-Beaupré (Québec)
DOSSIER : 632976

FORAGE : F-2
DATE : 2016-01-05
COORDONNÉES :
E : 272327 **N** : 5209052
AZIMUT : ° **PLONGÉE** : °

| PROFONDEUR (m) | ÉLEVATION (m) Géodésique | DESCRIPTION | NIVEAU D'EAU | ÉCHANTILLONS | | ESSAIS IN-SITU ET EN LABORATOIRE | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------|------|----------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------|---------------|--------------------|------------------|------------------|-------------------|---------------------------|--|--|--|--|--|
| | | | | TYPE ET NUMÉRO | ÉTAT | RÉCUPÉRATION (%) | N ou RQD (%) | TENEUR EN EAU ET LIMITES D'ATTERBERG (%) W_p — W — W_L | AUTRES ESSAIS | Scissomètre Nilcon | | Cône suédois | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | ▲ S_u (kPa) | ▽ S_{uc} (kPa) | ★ S_{ur} (kPa) | ✱ S_{urs} (kPa) | ○ N_{dc} (coups/300 mm) | | | | | |
| | 5.66 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.35 | 5.31 | Gravier. Gelé. | | CF-1 | | 10 | 4 | | | | | | | | | | | | |
| | | Remblai : argile silteuse, traces de sable et de gravier. | | CF-2 | | 15 | 3 | | | | | | | | | | | | |
| | | | CF-3 | | 15 | 6 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | CF-4 | | 20 | 12 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | CF-5 | | 20 | 12 | | | | | | | | | | | | | |
| 4.00 | 1.66 | Remblai : mélange de gravier, sable, silt et argile en proportions variables. Présence de morceaux de bois. Compacité moyenne. | | CF-6 | | 25 | 20 | | | | | | | | | | | | |
| | | | CF-7 | | 100 | | | | | | | | | | | | | | |
| 5.95 | -0.29 | Argile silteuse, traces de sable. | | CF-8 | | 100 | 46 | | | | | | | | | | | | |
| 6.40 | -0.74 | Roc : Shale désagrégé. | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6.55 | -0.89 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Roc : shale gris. Litage à 30° par rapport à l'axe de la carotte. Roc de qualité mauvaise selon l'indice RQD. | | CR-9 | | 100 | 40 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8.25 | -2.59 | Fin du forage | | | | | | | | | | | | | | | | | |

REMARQUES :

MÉTHODE DE FORAGE : Rotation de tubes NW dans les sols; carottage du roc avec carottier diamanté de calibre NQ.



Légende

F-1
Niv. 4,88 m Forage, numéro et niveau

R.N.
Niv. 5,11 m Repère géodésique et niveau
Dessus pieu

SNC • LAVALIN

CLIENT : Corporation de développement du quai de Saint-Anne-de-Baupré

PROJET : Inspection des infrastructures maritimes du quai de Saint-Anne-de-Baupré

ENDROIT : Saint-Anne-de-Baupré, Québec

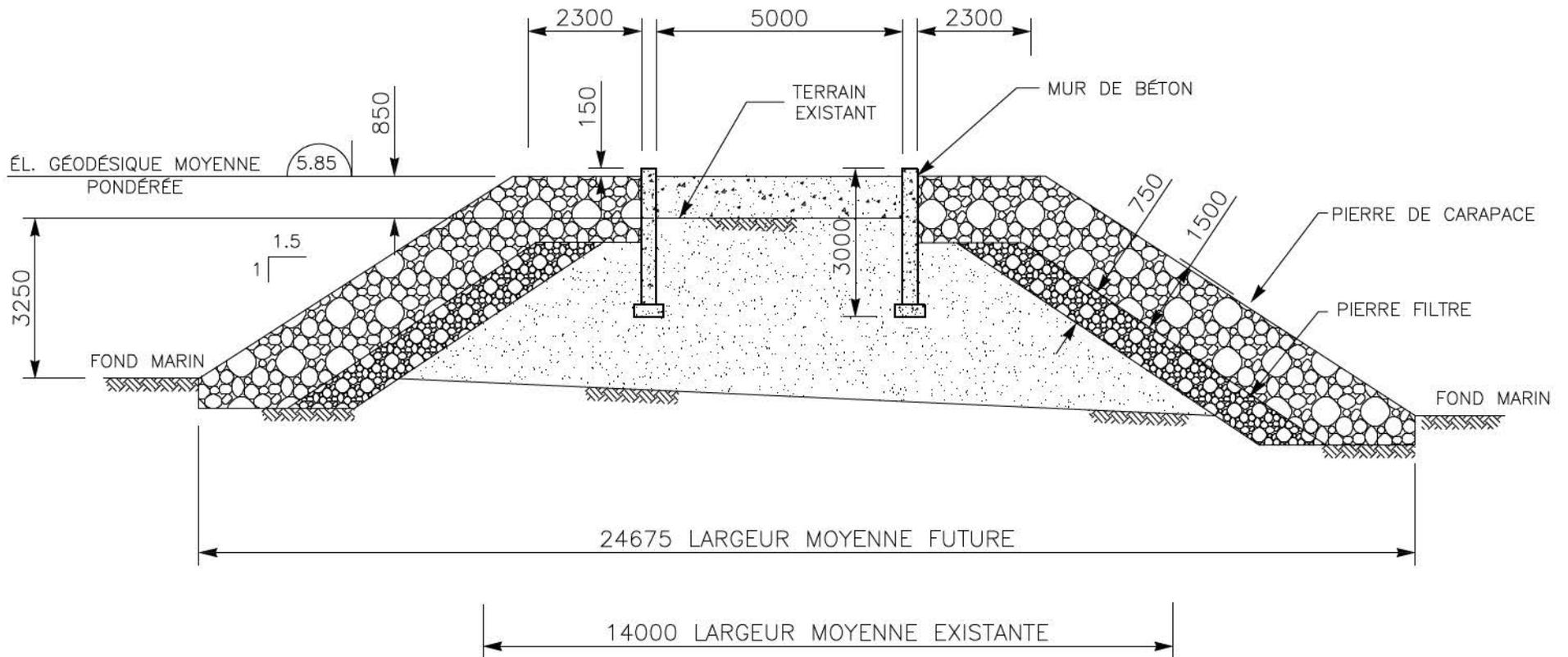
TITRE : Plan de localisation des forages

ÉCHELLE : 1 : 500

| | | |
|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| DATE : 2016-03-11 | DOSSIER : 632976 | DESSIN : 632976-1 |
|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|

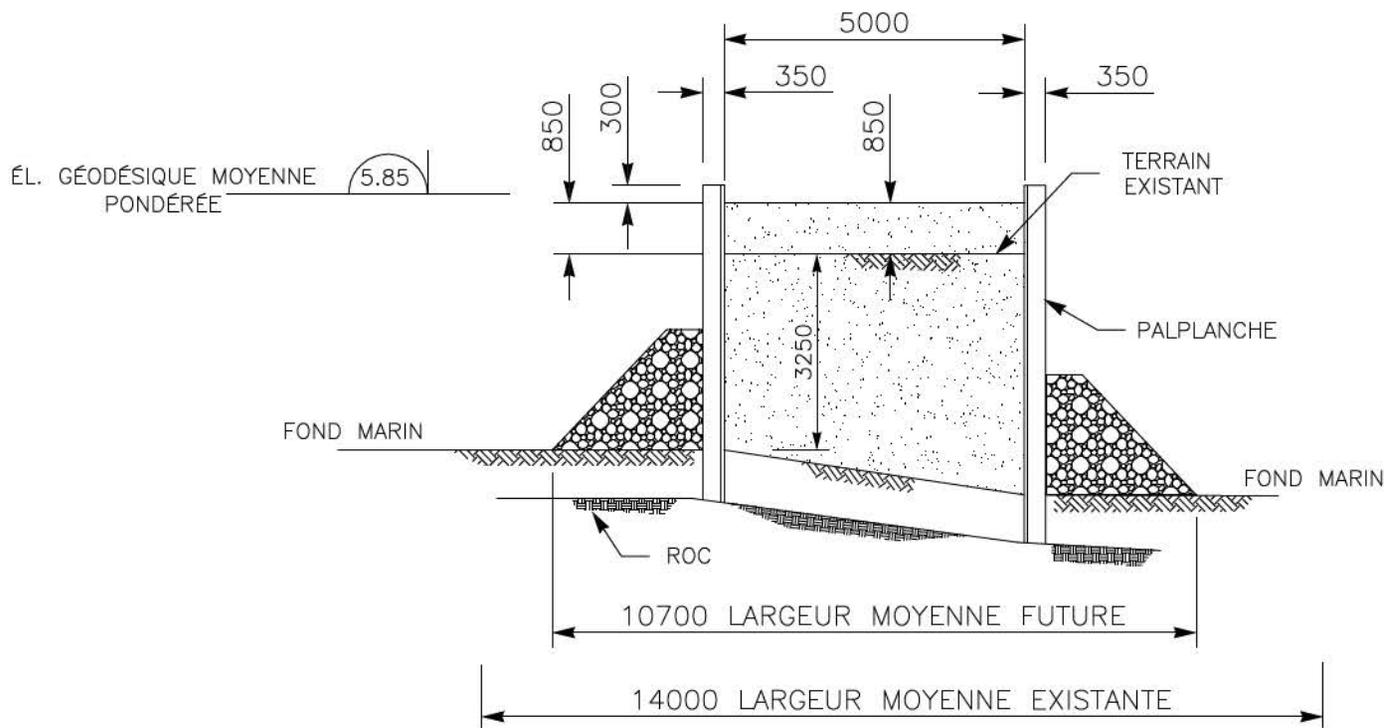


Annexe G – Croquis de concepts de réhabilitation



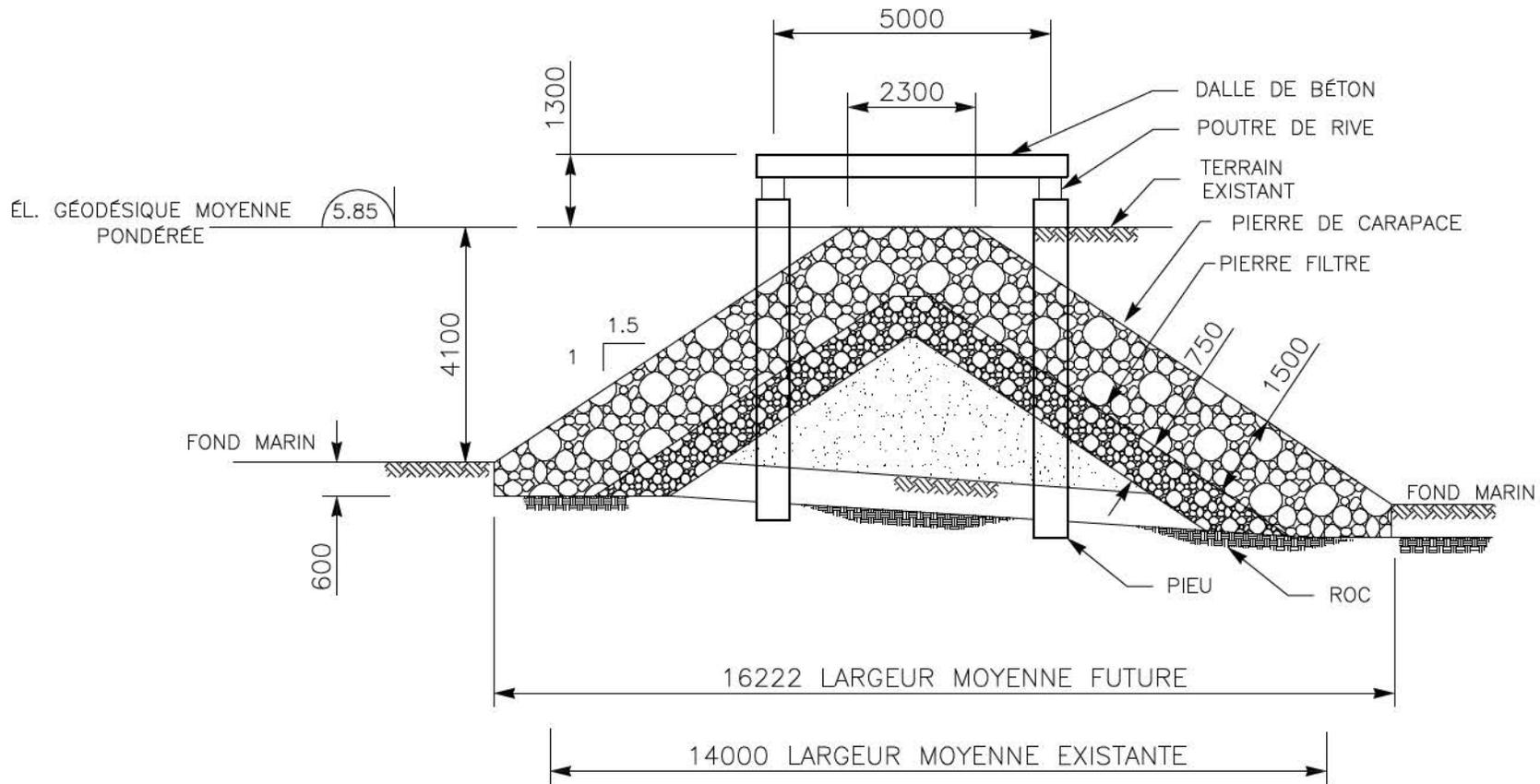
ENROCHEMENT

| | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------|---|----|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------|
| | | | | | CONÇU C.ROY ING | PROJET INSPECTION QUAI SAINTE-ANNE DE BEAUPRÉ | SCEAU |
| | | | | | DESSINÉ J.F.BOURET | TITRE ARRANGEMENT GÉNÉRAL RÉFECTION DE DIGUE SOLUTION #1 ENROCHEMENT | |
| 01 | GÉNÉRALE | 16-04-28 | | | VÉRIFIÉ M.D.ROUSSEAU ING | | |
| No | DESCRIPTION DE LA RÉVISION | DATE(A/M/J) | * | ** | APPROUVÉ | | |
| REGISTRE DES RÉVISIONS * CONÇU ** APPROUVÉ | | | | | | | |
|  SNC-LAVALIN | CLIENT CORPORATION DE DÉVELOPPEMENT DU QUAI DE SAINTE-ANNE DE BEAUPRÉ | | | | DATE 11/12/15 | No PROJET | |
| | | | | | ECHELLE INDIQUÉE | SUBDIVISION | |
| | | | | | | SWJET | SÉRIE |
| | | | | | | 41 DK | RÉV. |
| | | | | | | 04 | 01 |
| | | | | | | 632976 | |
| | | | | | | 0000 | |



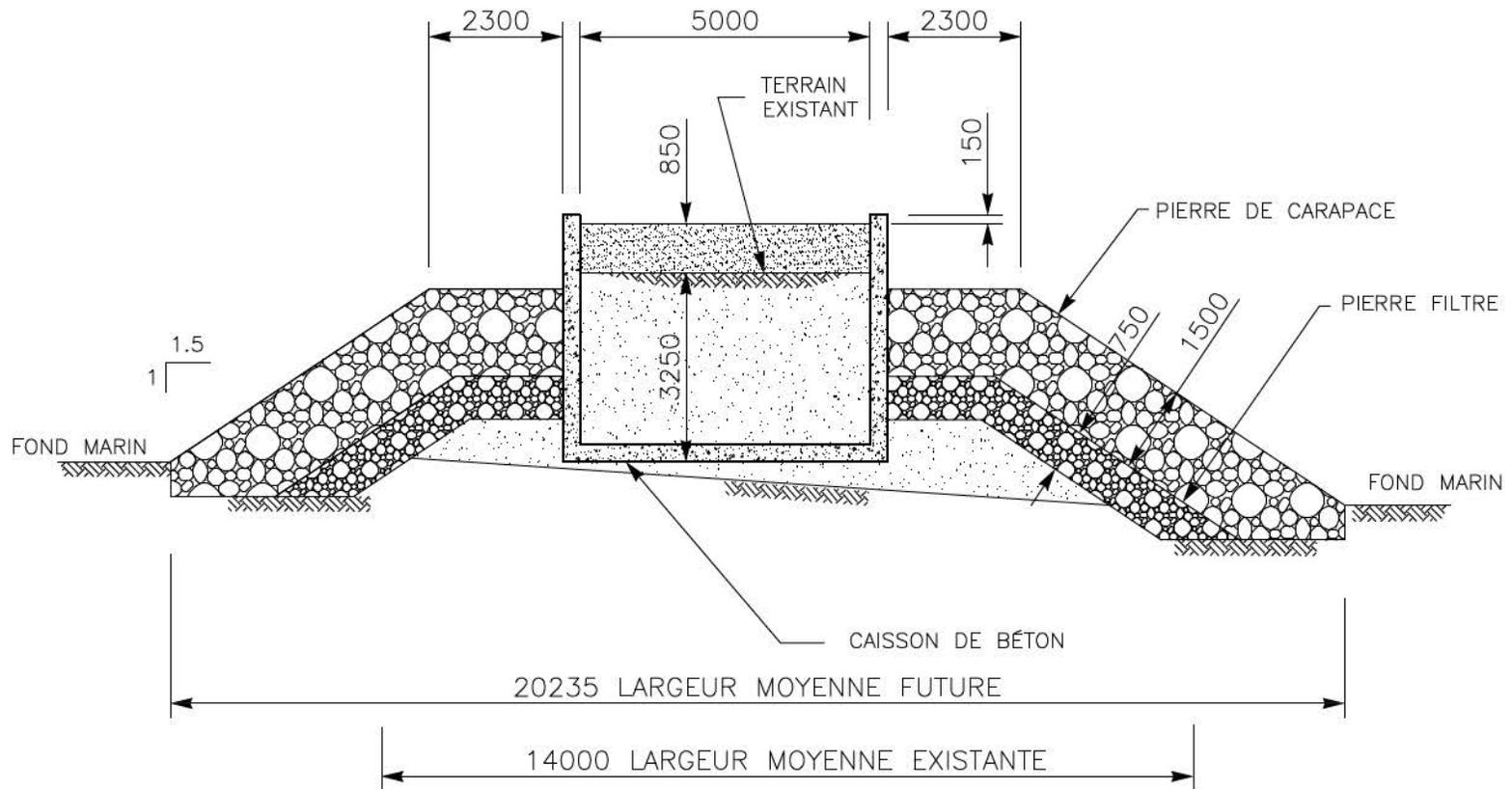
PALPLANCHES

| | | | | | | | |
|--------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|---|---------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| | | | | | CONÇU C.ROY ING | PROJET INSPECTION QUAI SAINTE-ANNE DE BEAUPRÉ | SCEAU |
| | | | | | DESSINÉ J.F.BOURET | TITRE ARRANGEMENT GÉNÉRAL RÉFECTION DE DIGUE SOLUTION #2 PALPLANCHES | |
| 01 | GÉNÉRALE | 16-04-28 | | | VÉRIFIÉ M.D.ROUSSEAU ING | | |
| No | DESCRIPTION DE LA RÉVISION | DATE(A/M/J) | * | ** | APPROUVÉ | | |
| REGISTRE DES RÉVISIONS * CONÇU ** APPROUVÉ | | | | | | | |
| SNC-LAVALIN | | CLIENT CORPORATION DE DÉVELOPPEMENT DU QUAI DE SAINTE-ANNE DE BEAUPRÉ | | DATE 11/12/15 | | | |
| | | | | ECHELLE INDIQUÉE | No PROJET 632976 | SUBDIVISION 0000 | SUJET 41 DK |



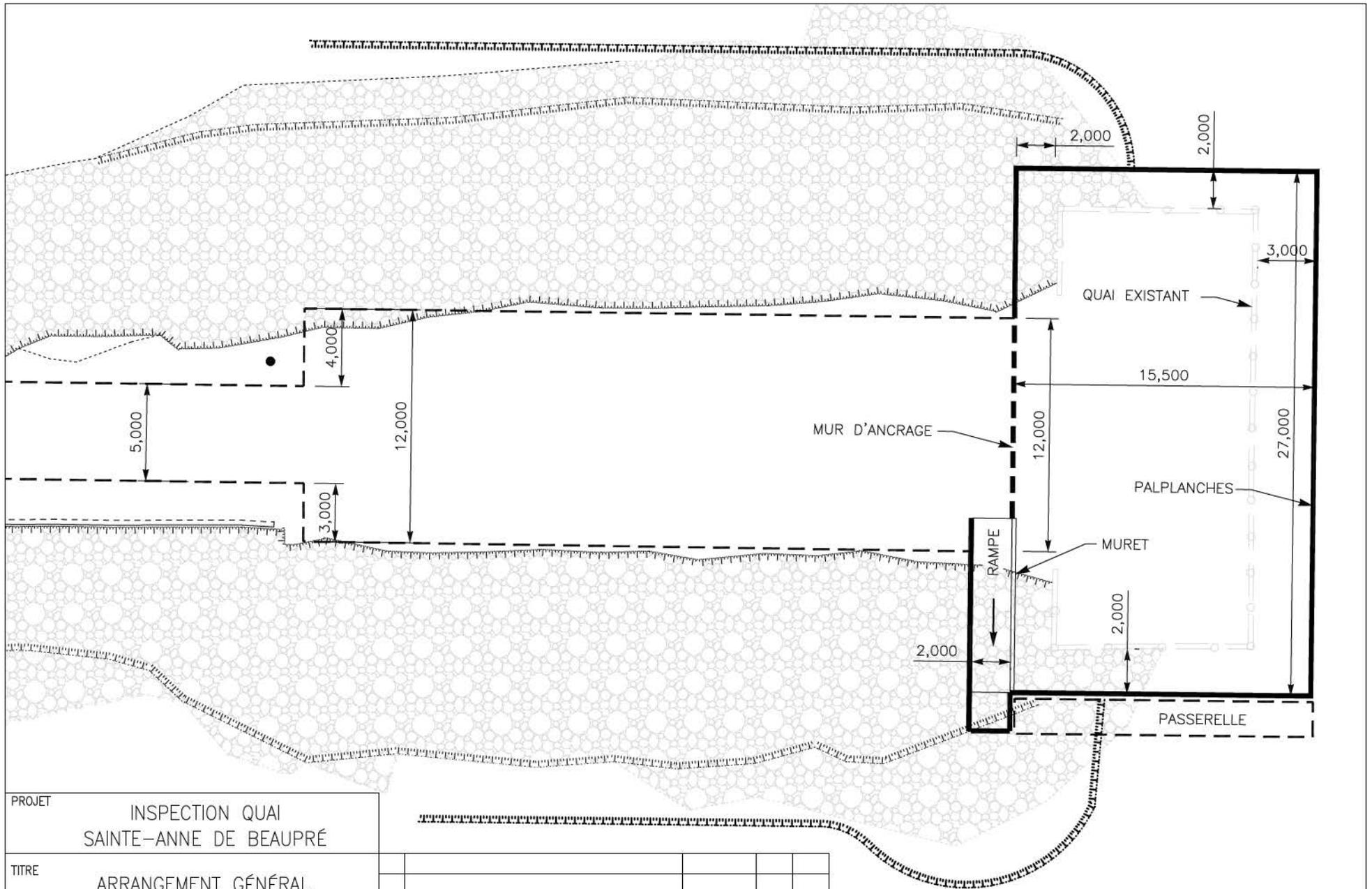
PONT

| | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|---|---------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------|-------|------|
| | | | | | CONÇU C.ROY ING | PROJET INSPECTION QUAI SAINTÉ-ANNE DE BEAUPRÉ | SCEAU | | |
| | | | | | DESSINÉ J.F.BOURET | TITRE ARRANGEMENT GÉNÉRAL RÉFECTION DE DIGUE SOLUTION #3 PONT | | | |
| 01 | GÉNÉRALE | 16/04/28 | | | VÉRIFIÉ M.D.ROUSSEAU ING | | | | |
| No | DESCRIPTION DE LA RÉVISION | DATE(A/M/J) | * | ** | APPROUVÉ | | | | |
| REGISTRE DES RÉVISIONS * CONÇU ** APPROUVÉ | | | | | | | | | |
| SNC-LAVALIN | | CLIENT CORPORATION DE DÉVELOPPEMENT DU QUAI DE SAINTÉ-ANNE DE BEAUPRÉ | | DATE 11/12/15 | | | | | |
| | | | | ÉCHELLE INDIQUÉE | No PROJET | SUBDIVISION | SUJET | SÉRIE | RÉV. |
| | | | | | 632976 | 0000 | 41, DK | 06 | 01 |



CAISSON DE BÉTON

| | | | | | CONÇU C.ROY ING | PROJET INSPECTION QUAI SAINTE-ANNE DE BEAUPRÉ | SCEAU | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|----|----|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------|-------------|-------|-------|------|--------|------|--------|----|----|
| | | | | | DESSINÉ J.F.BOURET | TITRE ARRANGEMENT GÉNÉRAL RÉFECTION DE DIGUE SOLUTION #4 CAISSON DE BÉTON | | | | | | | | | | | |
| 01 | GÉNÉRALE | 16/04/28 | | | VÉRIFIÉ M.D.ROUSSEAU ING | | | | | | | | | | | | |
| No | DESCRIPTION DE LA RÉVISION | DATE(A/M/J) | * | ** | APPROUVÉ | | | | | | | | | | | | |
| REGISTRE DES RÉVISIONS * CONÇU ** APPROUVÉ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | CLIENT CORPORATION DE DÉVELOPPEMENT DU QUAI DE SAINTE-ANNE DE BEAUPRÉ | | | DATE 11/12/15 | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>No PROJET</th> <th>SUBDIVISION</th> <th>SUJET</th> <th>SÉRIE</th> <th>RÉV.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>632976</td> <td>0000</td> <td>41, DK</td> <td>07</td> <td>01</td> </tr> </tbody> </table> | | No PROJET | SUBDIVISION | SUJET | SÉRIE | RÉV. | 632976 | 0000 | 41, DK | 07 | 01 |
| | | | | | No PROJET | | | SUBDIVISION | SUJET | SÉRIE | RÉV. | | | | | | |
| 632976 | 0000 | 41, DK | 07 | 01 | | | | | | | | | | | | | |
| ECHELLE INDIQUÉE | | | | | | | | | | | | | | | | | |



PROJET
INSPECTION QUAI
SAINTE-ANNE DE BEAUPRÉ

TITRE
ARRANGEMENT GÉNÉRAL
QUAI EXISTANT ET QUAI PROPOSÉ
À L'ÉTUDE

| No PROJET | SUBDIVISION | SUJET | SÉRIE | RÉV. |
|-----------|-------------|-------|-------|------|
| 632976 | 0000 | 41 DK | 08 | 00 |

| No | DESCRIPTION DE LA RÉVISION | DATE(A/M/J) | * | ** |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------|---|----|
| REGISTRE DES RÉVISIONS * CONÇU ** APPROUVÉ | | | | |
|  SNC-LAVALIN | | CLIENT | | |
| | | CORPORATION DE DÉVELOPPEMENT DU QUAI DE SAINTE-ANNE DE BEAUPRÉ | | |

| | | SCEAU | |
|---------|------------------|----------|------------------|
| CONÇU | M.D.ROUSSEAU ING | VÉRIFIÉ | M.D.ROUSSEAU ING |
| DESSINÉ | J.F.BOURET | APPROUVÉ | |
| | | DATE | 28/04/16 |
| | | ECHELLE | AUCUNE |



Annexe H – Bathymétrie



SNC • LAVALIN

Bâtisseurs d'avenir

5500, boulevard des Galeries, bureau 200
Québec (Québec) G2K 2E2

 418.621.5500  418.621.0121

[.SNCLAVALIN.COM](http://SNCLAVALIN.COM)



Annexe 3
Rapport de conception (Norda Stelo, 2018)



Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré

Réhabilitation du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré

N/Réf. : 115642.001

Rapport de conception

1015, avenue Wilfrid-Pelletier
Québec QC, Canada G1W 0C4
Tél. : 418 654-9600 Téléc. : 418 654-9699
www.norda.com

Mars 2018



Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré

Réhabilitation du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré

N/Réf. : 115642.001

Rapport de conception

Préparé par :

Stéphan Ferrero, ing. (n° 121171)

Préparé par :

Nicolas Ouellet, ing. (n° 5000981)

Avec la collaboration de :
Lester Trujillo-Gonzalez, ing. Ph. D.
Annie Taillon, biogéographe, M. Sc. Eau

Mars 2018

AVIS : Le présent document est encadré par la Loi sur le droit d'auteur et Norda Stelo Inc. en est le titulaire. Toute reproduction, production qui s'en inspire ou quelque contrefaçon que ce soit est donc formellement interdite. Ce document demeure la propriété de Norda Stelo Inc. et cette dernière est la seule à pouvoir autoriser de façon écrite la reproduction du présent document. Le contenu de ce dernier, dans son ensemble, est par ailleurs limité et réservé aux fins qu'il poursuit et qui y sont mentionnées.

TABLE DES MATIÈRES

| | | |
|-------|--------------------------------------------------|----|
| 1 | DESCRIPTION DU MANDAT | 1 |
| 2 | ÉTAT DU QUAI EXISTANT..... | 2 |
| 3 | PRINCIPALES CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES..... | 3 |
| 4 | CRITÈRES DE CONCEPTION | 5 |
| 4.1 | Critères généraux | 5 |
| 4.2 | Navires de conception | 6 |
| 4.3 | Charges de calcul | 6 |
| 4.3.1 | Surcharge d'exploitation | 6 |
| 4.3.2 | Charge sismique..... | 6 |
| 4.3.3 | Charges climatiques | 6 |
| 4.3.4 | Charges d'accostage..... | 6 |
| 4.3.5 | Charges d'amarrage..... | 7 |
| 4.4 | Taux de corrosion | 7 |
| 4.5 | Critères géotechniques | 7 |
| 4.6 | Critères de calcul..... | 7 |
| 4.6.1 | Combinaison des charges | 7 |
| 4.6.2 | Résistance des éléments d'acier et de béton..... | 8 |
| 5 | RECONSTRUCTION DE LA DIGUE D'APPROCHE..... | 9 |
| 5.1 | Types d'ouvrages proposés | 9 |
| 5.1.1 | Végétalisation | 9 |
| 5.1.2 | Enrochement | 9 |
| 5.1.3 | Mur de soutènement en béton..... | 10 |
| 6 | RECONSTRUCTION DE LA TÊTE DE QUAI..... | 11 |
| 6.1 | Options évaluées..... | 11 |
| 6.2 | Option retenue..... | 12 |
| 6.3 | Détermination de l'élévation du quai | 13 |
| 7 | ESTIMATION DES COÛTS | 17 |

LISTE DES TABLEAUX

| | | |
|-------------|----------------------------------------------------|----|
| Tableau 4.1 | Navires de conception..... | 6 |
| Tableau 4.2 | Combinaison des charges..... | 8 |
| Tableau 4.3 | Résistance des matériaux..... | 8 |
| Tableau 6.1 | Options de reconstruction de la tête de quai | 11 |

LISTE DES FIGURES

| | | |
|------------|----------------------------------------|----|
| Figure 4.1 | Aménagement proposé | 5 |
| Figure 6.1 | Aménagement proposé – Vue en plan..... | 15 |
| Figure 6.2 | Aménagement proposé – Coupe type | 16 |

LISTE DES ANNEXES

| | |
|----------|----------------------------|
| Annexe A | Étude géotechnique |
| Annexe B | Étude hydraulique |
| Annexe C | Plans des travaux proposés |
| Annexe D | Estimation des coûts |

1 DESCRIPTION DU MANDAT

La Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré (ci-après nommée la Corporation) souhaite transformer le quai pour lui redonner un usage sécuritaire et une fonctionnalité qui répondront à certains besoins récréotouristiques. Les activités visées par la Corporation sont :

- Les croisières (100 à 250 passagers);
- La pêche récréative;
- L'utilisation de petites embarcations (kayak, canot) via une passerelle amovible reliée à un ponton.

Le quai et sa digue d'approche sont actuellement dans un état de détérioration avancé et ne sont plus utilisés par les navires de croisière depuis 2012.

Le mandat octroyé à Norda Stelo par la Corporation, en septembre dernier, suite à un appel d'offres public, vise les principales étapes suivantes :

- Élaboration d'un rapport de conception sur la base des intrants du projet;
- Préparation des plans et devis;
- Réalisation d'une étude d'impact sur l'environnement;
- Accompagnement pour les consultations publiques et audiences (s'il y a lieu);
- Appel d'offres et surveillance des travaux.

Le présent rapport se veut un outil pour regrouper les principaux éléments qui composent la base de conception du projet afin de permettre un temps d'arrêt à la Corporation pour bien analyser les tenants et aboutissants du projet avant d'entamer l'étape des plans et devis.

La conception du projet est basée sur les principaux objectifs du projet qui ont été soulevés par la Corporation lors de la rencontre de démarrage :

1. Prévoir un ouvrage avec une durée de vie utile de 30 ans minimum;
2. Construire un quai qui répondra aux contraintes fixées par les navires de conception présentés par la Corporation et viser une opération avec le minimum d'entretien (dragage);
3. Choisir le type de construction qui sera économique, durable et qui exigera peu d'entretien;
4. Adapter la conception pour minimiser le plus possible l'empiètement en milieux humides et hydrique.

2 ÉTAT DU QUAI EXISTANT

Le rapport d'inspection des infrastructures maritimes du quai préparé par SNC-Lavalin en juin 2016 précise l'état général de la digue d'approche, du réseau électrique ainsi que du quai. Ce rapport vient confirmer l'état avancé de dégradation des infrastructures.

En conclusion, étant donné l'état avancé de dégradation du quai, de certaines portions de la digue d'approche, des aménagements électriques et du système de passerelle, il est convenu de revoir la conception complète des ouvrages en vue d'une reconstruction qui permettra à la Corporation de rencontrer ses objectifs.

3 PRINCIPALES CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES

La principale contrainte environnementale liée à la conception du projet a trait à l'empiètement permanent prévu en milieux humides (marais à scirpe) et hydrique (fleuve Saint-Laurent). Il s'agit de milieux constituant des habitats pour la faune, notamment les poissons et les oiseaux. Conséquemment, le projet est assujéti à la *Loi sur la qualité de l'environnement* (LQE) et à la *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune*. De par leur nature et envergure, les travaux projetés sont des travaux qui sont visés par l'obligation de réaliser une étude d'impact en vertu de la LQE.

Après le processus d'étude d'impact et l'émission du décret, il faudra donc déposer une demande de certificat d'autorisation en vertu de l'article 22 au MDDELCC et en vertu de la *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune* du MFFP, ainsi qu'une demande d'examen et d'autorisation au MPO en vertu de la *Loi sur les pêches* et de la *Loi sur les espèces en péril*.

Au provincial, il faudra justifier le projet en regard de la séquence « *Éviter-Minimiser-Compenser* » décrite dans le document : Les milieux humides et l'autorisation environnementale (MDDEP, 2 012: <http://www.mddelcc.gouv.gc.ca/eau/rives/milieux-humides-autorisations-env.pdf>; voir le texte de la page 20) :

La conception d'un projet devrait toujours débiter par l'évaluation de scénarios d'évitement, et le passage à chaque étape de la séquence d'atténuation devrait être justifié. La compensation ne vise pas à justifier un projet dont la conception initiale ne serait pas adaptée au site d'intervention.

Cette séquence permet de limiter les pertes de milieux humides (éviter), de proposer des éléments de conception et de réalisation optimisant la qualité des projets tout en réduisant les impacts sur le milieu récepteur (minimiser) et d'établir l'acceptabilité environnementale des mesures de compensation proposées (compenser). La séquence d'atténuation est un processus par étapes dont l'objectif est de réduire les dommages causés à l'environnement par un projet en proposant des solutions de rechange. Dans le cadre de l'étude d'impact, il faudra présenter les variantes qui ont été envisagées et qui ont mené au choix de la solution retenue.

Ce n'est qu'une fois que le MDDELCC aura accepté les justifications des étapes *Éviter et Minimiser* que la compensation sera envisagée. Avec le régime d'autorisation qui sera en vigueur à partir du 23 mars 2018, il faudra fournir une compensation financière au *Fonds de protection de l'environnement et du domaine hydrique de l'État*. Il sera cependant possible, à la discrétion du ministre, de substituer des travaux de restauration ou de création de milieux humides et hydriques à la compensation financière.

Au fédéral, il est possible qu'un projet de compensation soit exigé par le MPO afin de contrebalancer les dommages sérieux aux poissons et à leurs habitats, le cas échéant.

En ce qui a trait aux espèces floristiques menacées, vulnérables ou susceptibles d'être ainsi désignées, les informations obtenues du CDPNQ indiquent la présence, pour le secteur du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré et dans une zone d'influence de cette dernière, de trois (3) mentions d'espèces floristiques susceptibles d'être ainsi désignées. Ces espèces n'ont pas été vues lors de la visite du site en octobre. Toutefois, la période de la visite était tardive, de sorte qu'une autre visite devra être effectuée en période d'identification optimale pour ces espèces (août-septembre 2018). Advenant la présence de l'une ou de l'autre dans le secteur visé par l'enrochement, des mesures d'atténuation (balisage) ou de compensation (déplacement des plants) devront être prévues.

Pour les espèces fauniques, le CDPNQ nous a avisés, de la présence, pour notre zone d'étude et pour une zone d'influence de cette dernière, d'une mention d'une espèce susceptible d'être désignée, soit le martinet ramoneur (*Chaetura pelagica*). Toutefois, comme le projet ne vise aucun déboisement, il n'est pas susceptible de porter atteinte à l'habitat de cette espèce. Par ailleurs, des espèces de poissons apparaissant sur la liste des espèces en péril du Canada et sur la liste des espèces désignées comme menacées ou vulnérables au Québec et susceptibles d'être désignées ainsi fréquentent le fleuve Saint-Laurent dans le secteur à l'étude (bar rayé, esturgeon noir, anguille d'Amérique).

Lors de la réalisation des travaux, il faudra respecter certaines mesures d'atténuation, dont celles de minimiser l'émission de MES dans l'eau, d'éviter les déversements accidentels d'hydrocarbures et de respecter les périodes de réalisation des travaux en milieu aquatique.

Selon la conception présentée dans le présent rapport de conception, l'aire d'empiètement dans le littoral (milieux humides et hydrique) a été évaluée en comparant le pied de talus actuel versus le nouveau pied de talus proposé par l'enrochement auquel s'ajoute l'empiètement créé par l'augmentation de la surface du quai. Selon notre évaluation préliminaire, cette aire est évaluée à **1 900 mètres carrés**.

4 CRITÈRES DE CONCEPTION

4.1 Critères généraux

- Durée de vie utile des infrastructures : 30 ans (sans protection cathodique);
- L'aménagement proposé pour la tête de quai reprend intégralement celui présenté dans le rapport d'expertise produit par la firme SNC-Lavalin et daté de juin 2016 :

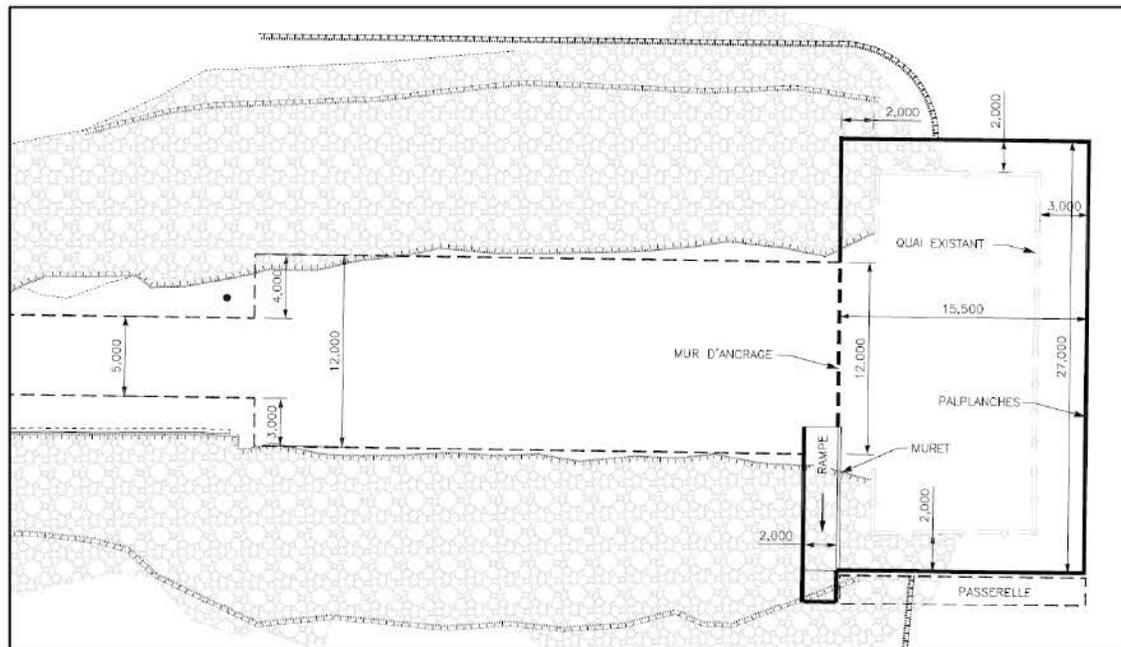


Figure 4.1 Aménagement proposé

- La profondeur d'eau minimale en façade du quai projeté : -2,40 m (par rapport à la B.M.I.G.M. fixée à 0,00 m);
- Facteur de conversion marégraphique-géodésique : 2,388 m (géodésique = marégraphique -2,388 m);
- Conditions de marée :
 - Pleine mer supérieure de grande marée (P.M.S.G.M.) : +6,74 m (4,35 m géodésique);
 - Basse mer inférieure de grande marée (B.M.I.G.M.): +0,10 m (-2,29 m géodésique).

4.2 Navires de conception

Les spécifications techniques des navires de conception sont résumées au tableau 4.1. Les valeurs inscrites dans ce tableau ont été validées auprès de Croisières AML.

Tableau 4.1 Navires de conception

| Nom | Longueur (m) | Largeur (m) | Tirant d'eau (m) | Déplacement (Tonne) |
|--------------------|--------------|-------------|------------------|---------------------|
| Vent des Îles | 24,4 | 6,8 | 1,60 | 130 |
| AML Zéphyr | 23,8 | 7,9 | 1,14 | 171 |
| AML Cavalier Maxim | 56,9 | 12,2 | 2,44 | 1 682 |
| AML Levant | 34,2 | 8,8 | 1,54 | 380 |

L'accès aux navires se fera via une passerelle d'embarquement. Cette dernière devra être conçue pour s'adapter aux différentes contraintes physiques propres à chacun des navires de conception.

4.3 Charges de calcul

4.3.1 Surcharge d'exploitation

Une surcharge uniformément répartie de 12,0 kPa est considérée en surface du quai. La passerelle d'embarquement sera conçue pour une surcharge uniformément répartie de 4,8 kPa.

4.3.2 Charge sismique

La charge sismique admise correspond à une probabilité de dépassement de 10 % en 50 ans, équivalent à une probabilité de 0,21 % par année ou de 100 % en 475 ans. La valeur de calcul de l'accélération maximale du sol est de 0,157 g.

4.3.3 Charges climatiques

Les charges de neige, de vent et de pluie sont celles définies dans le Code national du bâtiment du Canada (CNB), édition 2015.

4.3.4 Charges d'accostage

Les caractéristiques requises pour les défenses d'accostage sont déterminées en fonction de l'énergie d'accostage à reprendre, calculées à partir de formules empiriques de calcul d'énergie. L'énergie d'accostage est déterminée en fonction du navire de conception présentant la masse en déplacement la plus élevée. Les forces d'accostage transmises à la structure peuvent ensuite être obtenues en fonction de la capacité d'absorption d'énergie des défenses sélectionnées.

4.3.5 Charges d'amarrage

Les bollards d'amarrage sont dimensionnés à partir des forces du vent qui pousse sur la portion émergée du navire, ainsi que des forces du courant marin qui s'applique sur la portion immergée du navire. Les charges sur chacun des bollards sont ensuite déterminées en fonction de la disposition de chacune des amarres du navire de conception.

4.4 Taux de corrosion

Les taux de corrosion pour le site du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré sont déterminés à partir des pertes d'épaisseur des pieux et des plaques des quais existants qui ont été mesurées par ultrason en 2015 après ± 29 ans d'existence. Un taux de corrosion de 0,12 mm/an sera considéré pour la conception des éléments d'acier exposés aux éléments. Compte tenu de la faible profondeur d'eau en façade du quai, un taux de corrosion unique sera considéré sur l'ensemble de la façade de quai.

4.5 Critères géotechniques

La conception du quai sera réalisée en considérant les paramètres géotechniques recommandés dans l'étude géotechnique réalisée par GHD en 2018 (voir annexe **A**).

Le niveau du fond marin de conception sera déterminé à partir du relevé bathymétrique présenté en annexe du rapport de la firme SNC-Lavalin. Pour chaque secteur du quai, le profil du fond marin de conception sera déterminé en fonction de l'endroit où celui-ci y est le plus défavorable du point de vue structural. De plus, puisque le niveau du fond marin pourrait varier légèrement dans le temps en fonction des courants ou sous les forces générées par les hélices des navires, une petite portion du remblai présent en façade sera négligée lors de la conception.

4.6 Critères de calcul

4.6.1 Combinaison des charges

Les murs de quai ainsi que les tirants de retenue sont calculés aux contraintes admissibles selon les combinaisons de charge énumérées au tableau 4.2.

Tableau 4.2 Combinaison des charges

| Cas de chargement | Combinaison |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| LC1 | 1,00 (Ea + Ep + Ew) + 1,00 L |
| LC2 | 1,00 (Ea + Ep + Ew) + 0,50 L + 1,00 B |
| LC3 | 1,00 (Ea + Ep + Ew) + 0,50 L + 1,00 G |
| LC4 | 1,00 (Ea + Ep + Ew) + 0,50 L + 1,00 EQ |
| <u>Légende</u> Ea : poussée active des terres Ep : poussée passive des terres Ew : poussée hydrostatique L : surcharge d'utilisation (12,0 kPa) B : charge de bollard G : charge de glace EQ : séisme | |

Les autres composantes d'acier et de béton sont calculées aux états limites selon les combinaisons de charges définies soit dans le Code national du bâtiment du Canada (CNB 2015), ou soit dans la norme des ponts (S6-14).

4.6.2 Résistance des éléments d'acier et de béton

La résistance des matériaux considérée pour la conception des différentes composantes du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré est résumée dans le tableau suivant :

Tableau 4.3 Résistance des matériaux

| Éléments | Résistance des éléments |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Murs de quai | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sans séisme : 0,60 Fy ▪ Avec séisme : 0,90 Fy |
| Tirants | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sans séisme : 0,50 Fy ▪ Avec séisme : 0,80 Fy |
| Autres éléments | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Selon les prescriptions du Code national du bâtiment du Canada (CNB 2015) et/ou de la norme des ponts (S6-14). |

5 RECONSTRUCTION DE LA DIGUE D'APPROCHE

5.1 Types d'ouvrages proposés

5.1.1 Végétalisation

Selon les résultats de l'évaluation de transformation des vagues qui a été complétée (voir annexe B), l'utilisation de végétation indigène pour la protection des talus sera suffisante en amont du chaînage 0+160 seulement, soit approximativement à partir de la balise de navigation. Dans ce secteur, le talus en pierre et béton projeté pourrait être ajusté pour y aménager des plantations.

5.1.2 Enrochement

Dans le cadre de ce mandat, une revue des élévations initialement proposées dans le rapport de SNC-Lavalin (2016) pour le quai et les enrochements a été complétée en simulant une génération de vagues à partir des vents enregistrés à la station la plus proche et représentative pour notre situation. Selon notre estimation, la hauteur de vague au large peut varier entre 1,24 et 1,73 m pour des récurrences entre 2 et 100 ans. Dans notre cas, la hauteur de vague retenue est celle de récurrence 50 ans, et selon la distribution de type Gumbel, celle-ci est de 1,65 m. Une analyse de la transformation des vagues entre le large et le site à l'étude a ensuite été effectuée en fonction de la bathymétrie disponible. Les détails techniques de cette analyse sont présentés à l'annexe B. Les résultats obtenus identifient des hauteurs de vagues significatives en face des ouvrages selon la récurrence voulue.

Tenant compte des hauteurs de vagues et des conditions de glace propres au site, des dimensions de pierres ont été établies.

En résumé, il est recommandé d'utiliser des enrochements placés selon une pente de 1,5 :1 (H/V) et des pierres de carapace des dimensions suivantes:

Côté est de la digue d'approche :

- 1 à 3 t pour les 140 m à l'extrémité du quai (épaisseur de couche de 1,9 m) et pierre filtre 100 à 300 kg (épaisseur de couche de 0,86 m);
- 0,5 à 1,5 t pour les 150 prochains mètres jusqu'à la balise de navigation (épaisseur de couche de 1,5 m) et pierre filtre 50 à 150 kg (épaisseur de couche de 0,7 m);
- Une plantation entre la tour de navigation et la racine de la digue d'approche.

Côté ouest de la digue d'approche :

- 1 à 3 t pour les 140 m à l'extrémité du quai (épaisseur de couche de 1,9 m) et pierre filtre 100 à 300 kg (épaisseur de couche de 0,86 m);

- 0,5 à 1,5 t (épaisseur de couche de 1,46 m) pour le reste de la digue d'approche jusqu'à la balise de navigation, soit une longueur de 150 m et pierre filtre 50 à 150 kg (épaisseur de couche de 0,7 m).

Les élévations proposées pour la pierre, en fonction des résultats de l'analyse de transformation des vagues, ainsi que les détails de construction préliminaires sont présentés à l'annexe C.

5.1.3 Mur de soutènement en béton

La construction d'un mur de soutènement est proposée afin de réduire le risque d'affouillement et pour protéger l'infrastructure routière contre l'effet potentiel des vagues. Ce mur de soutènement aura une élévation variable en fonction de son positionnement dans la digue d'approche (plus haut dans le premier 100 m à partir du quai). Il sera important de prévoir des ouvertures de drainage à tous les 10 m environ afin de permettre un écoulement de l'eau vers l'enrochement.

6 RECONSTRUCTION DE LA TÊTE DE QUAÏ

6.1 Options évaluées

Pour la reconstruction de la tête de quai, différentes options ont été évaluées. Le tableau suivant résume les avantages et inconvénients de chacune de ces options.

Tableau 6.1 Options de reconstruction de la tête de quai

| Type de réparation | Avantages | Inconvénients |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mur de palplanches | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mise en place relativement simple. ▪ Cette option pourrait être l'option la plus économique. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ L'utilisation de palplanches ne permet pas la réalisation d'ancrage au roc (peu de flexibilité lors de la construction). |
| Cellule de palplanche | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Les cellules de palplanche nécessitent une fiche minimale dans le fond marin (aucun ancrage au roc requis) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ce type de structure nécessite l'utilisation de gabarit de battage qui présente un investissement important étant donné que seulement deux (2) cellules seraient requises. ▪ Pour mettre en place ce type de structure à l'emplacement projeté, il serait nécessaire de démolir et d'excaver complètement le quai existant. ▪ Ce type de structure rend complexe la réalisation d'une façade d'accostage permettant d'accueillir des navires de différents gabarits. |
| Mur pieux-palplanches | <ul style="list-style-type: none"> ▪ L'utilisation de pieux circulaires permet le nettoyage du pieu pour la réalisation d'ancrage au roc. ▪ Grande flexibilité au niveau de la mise en place. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ La réalisation d'ancrages au roc est relativement coûteuse. |
| Mur berlinois | <ul style="list-style-type: none"> ▪ L'utilisation de pieux circulaires permet le nettoyage du pieu pour la réalisation d'ancrage au roc. ▪ Grande flexibilité au niveau de la mise en place. ▪ L'espacement entre chacun des pieux peut être optimisé de façon à minimiser la quantité d'ancrage au roc requis. ▪ L'utilisation de mur de béton entre les pieux pourrait présenter une option très durable. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ La réalisation d'ancrages au roc est relativement coûteuse. ▪ La mise en place des murs de fermeture peut être une opération laborieuse et nécessite un enlignement quasi parfait des pieux. ▪ La réduction de quantité d'ancrage devra être compensée par une profondeur d'ancrage plus grande. ▪ Ce type de mur est plus susceptible à la perte de remblai due aux nombreux joints. ▪ Réparation difficile en cas de dommages futurs. |

Du point de vue des coûts, la mise en place de mur de palplanche nous semble l'option la plus avantageuse. Cependant, compte tenu des informations géotechniques actuellement disponibles et en fonction des analyses préliminaires, il s'avère que la longueur de fiche disponible pourrait être insuffisante par endroits pour permettre de reprendre les efforts de façon sécuritaire. Puisque des ancrages au roc sont actuellement à prévoir, cette option nous semble difficilement réalisable.

La réalisation de cellule ronde en palplanche serait très bien adaptée aux conditions géotechniques en place puisqu'elles nécessitent une fiche de faible profondeur. Cependant les coûts économisés par l'absence d'ancrage seront compensés par les coûts reliés au gabarit de plantage, à l'excavation complète du quai existant, ainsi que pour adapter sa façade d'accostage aux différents navires de conception. Puisque des coûts comparables sont à prévoir entre les trois options de reconstruction restante, cette option nous semble un peu moins intéressante.

La reconstruction de la tête de quai en mur pieux-palplanches ou en mur berlinois nous semble deux options qui pourraient être envisagées. La présence de blocs de granite dans le remblai tel que détecté sur le forage F-1-2017 pourrait toutefois compliquer la mise en place des pieux dans un enlignement parfait ce qui pourrait complexifier la réalisation d'un mur berlinois. Pour cette raison, ainsi qu'en considérant les avantages et inconvénients de chacune des options, la reconstruction de la tête de quai en mur pieux-palplanches nous semble l'option à privilégier.

6.2 Option retenue

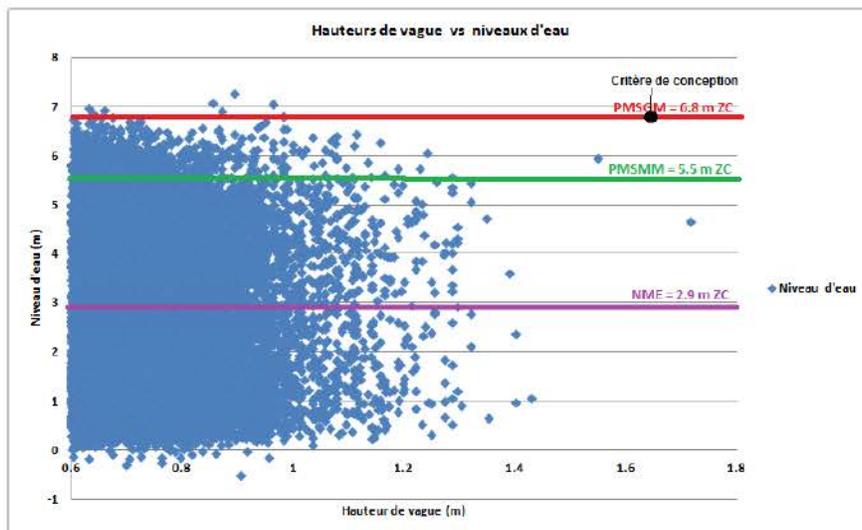
Étant donné sa grande flexibilité et sa relative facilité de mise en place, la construction d'un quai en pieux-palplanches nous semble l'option à retenir. L'utilisation de pieux circulaires permet la réalisation d'ancrage au roc lorsque cela est requis, permettant ainsi de s'adapter facilement aux conditions réelles rencontrées lors de la réalisation des travaux. Les figures 6.1 et 6.2 représentent cette option.

Puisque le roc de surface est fracturé et de très mauvaise qualité, il ne sera pas possible de simplement mettre un ancrage à la base des pieux pour transférer les forces de cisaillement résiduelles à la masse rocheuse. Pour transférer les efforts latéraux, il est toutefois possible de considérer le roc fracturé comme un sol granulaire de très bonne qualité. La réalisation d'une emboiture au roc de bon diamètre permettrait ainsi de développer une butée suffisante pour transférer les efforts latéraux résiduels dans la portion fracturée du roc. Ainsi, il ne sera pas requis de prolonger l'emboiture jusqu'au roc sain. La position du roc sur la figure 6.2 représente une valeur moyenne de l'élévation du dessus du roc fracturé des deux forages géotechniques réalisés en façade du quai (F-1-2017 et F-2-2007).

6.3 Détermination de l'élévation du quai

L'élévation du quai est fixée en fonction des conclusions de l'étude hydraulique jointe en annexe. L'élévation proposée est de 6,10 m (géodésique) ou 8,49 (marégraphique). Ceci représente un rehaussement de 1,10 m par rapport au quai existant.

Il est important de comprendre que les élévations finales proposées pour le quai et la jetée sont fixées en considérant les marées et les conditions de vagues les plus pénalisantes, et ce comme si elles survenaient en même temps (ce qui en diminue davantage la récurrence). La figure suivante montre les valeurs synchrones entre les niveaux d'eau et les hauteurs de vague, ainsi que le critère de conception retenu (Hauteur de vague au large de 1.65 m et niveau d'eau égal à la PMSGM = + 6.8 m (ZC)).

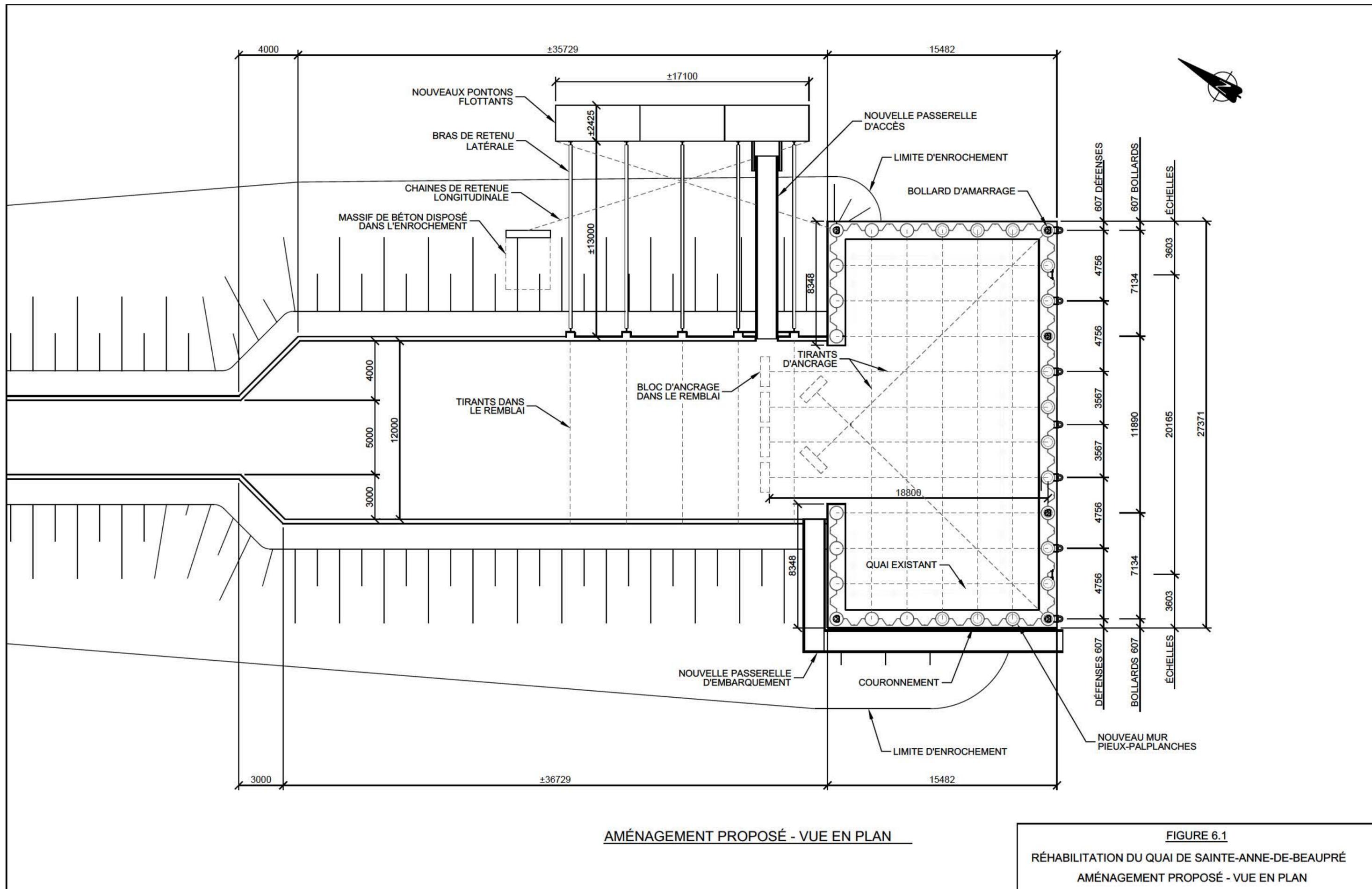


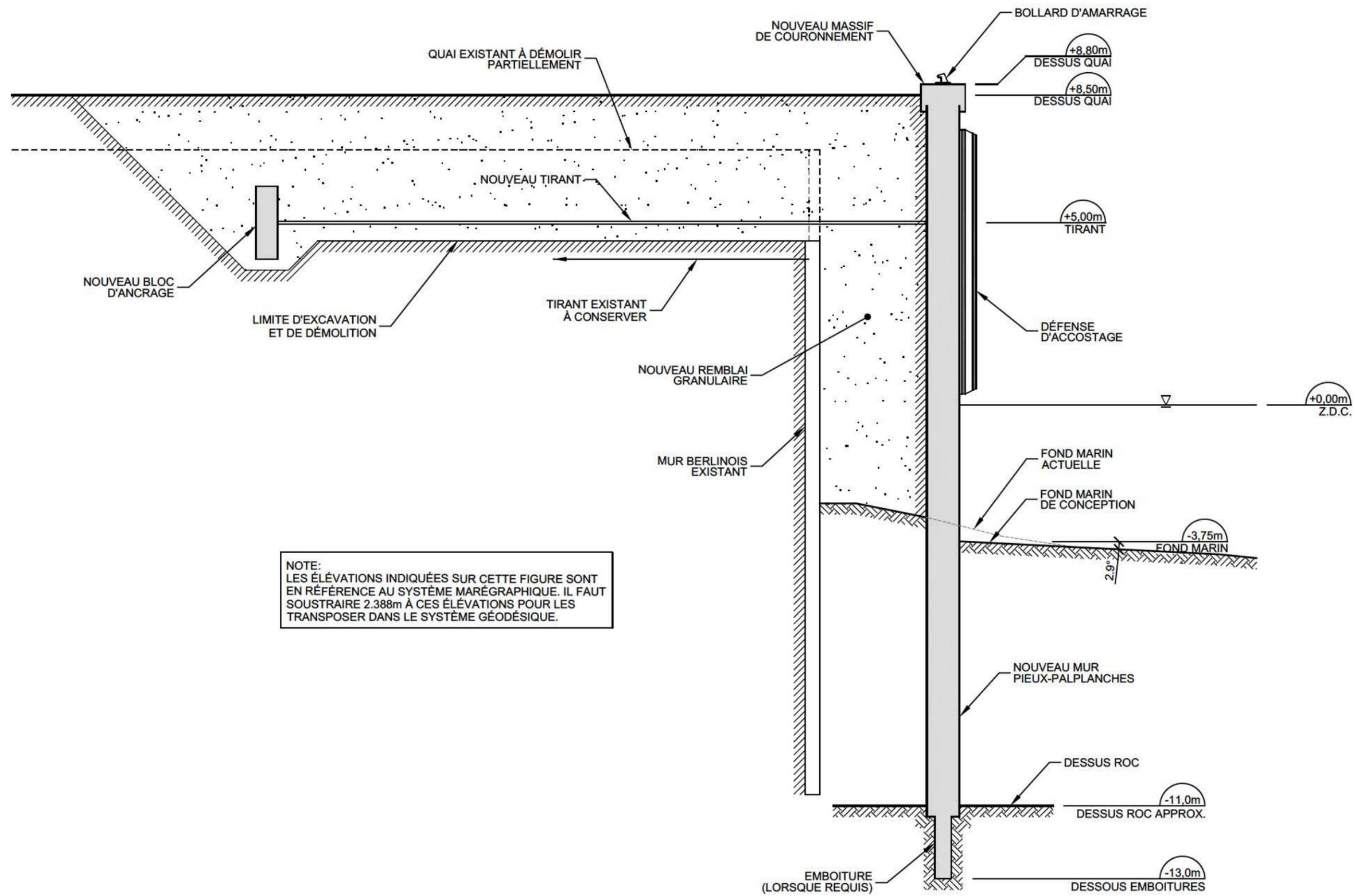
Dans cette figure on observe que nous avons fait un choix conservateur. De plus, il faut aussi mentionner que la période d'analyse retenue pour nos analyses est l'année complète (12 mois), cas extrême qui risque de se produire lors de températures hivernales particulièrement douces, mais que constitue déjà un approche conservateur.

En résumé, la proposition d'utiliser la vague d'une récurrence 50 ans nous apparaît être un choix approprié dans le contexte du projet qui a les caractéristiques suivantes :

- On fait une analyse de la génération des vagues sur l'année au complet (12 mois).
- Nous avons utilisé la station des vents à Saint-François, station qui se trouve sur le quai, et n'est pas trop influencée par le sol, les montagnes et les accidents du terrain, donc elle constitue un choix sécuritaire.
- Nous considérons que les marées et les conditions de vagues les plus pénalisantes arrivent au même temps (ce qui en diminue davantage la récurrence).

- L'opération prévue du quai est saisonnière (été et automne), ce qui sera en dehors des périodes de tempêtes et grandes marées qui surviennent généralement tard l'automne ou au printemps lorsqu'il n'y a pas de couvert de glace.
- Le quai ne sera pas utilisé lors des fortes tempêtes, donc les risques pour les usagers sont minimes.





NOTE:
 LES ÉLÉVATIONS INDIQUÉES SUR CETTE FIGURE SONT
 EN RÉFÉRENCE AU SYSTÈME MARÉGRAPHIQUE. IL FAUT
 SOUSTRAIRE 2.388m À CES ÉLÉVATIONS POUR LES
 TRANSPOSER DANS LE SYSTÈME GÉODÉSIQUE.

AMÉNAGEMENT PROPOSÉ - COUPE TYPE

FIGURE 6.2
 RÉHABILITATION DU QUAI DE SAINTE-ANNE-DE-BEAUPRÉ
 AMÉNAGEMENT PROPOSÉ - COUPE TYPE

7 ESTIMATION DES COÛTS

Une estimation des coûts est présentée à l'annexe D du présent rapport. Le tout est présenté comme si les travaux sont réalisés en une seule phase, ce qui est souhaitable pour optimiser les coûts du projet.

En ce qui concerne le revêtement des surfaces de roulement, le tout est prévu en pavage.

Le coût total des travaux est estimé à 9 575 224 \$, incluant les taxes, frais contingents (15 %) et imprévus (15 %).

Les frais de contingences sont les frais liés aux honoraires professionnels (conception, études, surveillance, contrôle des matériaux). Le pourcentage peut varier d'un projet à l'autre. La valeur de 15 % semble être un montant réaliste dans ce type de projet.

Les frais d'imprévus de 15 % tiennent compte du niveau de précision de l'estimation à cette étape-ci du projet. Lorsque les plans et devis seront complétés, nous ajusterons cette valeur à 5 % qui sera le pourcentage pour les imprévus de chantier.

Il est important de noter que les coûts des éléments suivants sont exclus de cette évaluation :

- Tous les aménagements architecturaux ou de mise en valeur du site;
- Aménagement de passerelles et pontons pour petites embarcations;
- Frais financiers liés aux mesures de compensation ou à de potentiels travaux de restauration de milieux humides;
- Frais d'acquisition ou de servitudes;
- Frais de financement temporaire.



Annexe A
Étude géotechnique



Ceci est un document préliminaire. La version finale de ce document pourrait différer de la présente version préliminaire. Par conséquent, nul ne peut se fier au contenu de ce document préliminaire. GHD décline toute responsabilité découlant de décisions prises en se basant sur ce document préliminaire.



Étude géotechnique et caractérisation environnementale préliminaire

Réhabilitation du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré
Sainte-Anne-de-Beaupré, Québec

Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré

GHD | 445, avenue Saint-Jean-Baptiste, bureau 390, Québec (Québec) G2E 5N7, Canada
11143038 | A1 | Rapport n° 1 | 14 décembre 2017



Table des matières

| | | |
|-------|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. | Introduction..... | 1 |
| 2. | Description sommaire du site et du projet..... | 1 |
| 3. | Travaux d'investigation..... | 2 |
| 3.1 | Volet géotechnique | 2 |
| 3.1.1 | Forages stratigraphiques..... | 2 |
| 3.1.2 | Localisation et nivellement | 3 |
| 3.1.3 | Travaux de laboratoire..... | 4 |
| 3.2 | Volet environnemental | 4 |
| 4. | Description sommaire des sols et du roc | 5 |
| 4.1 | Tête du quai | 5 |
| 4.1.1 | Gravier sableux..... | 5 |
| 4.1.2 | Sable..... | 6 |
| 4.1.3 | Roc | 7 |
| 4.2 | Digue d'approche | 7 |
| 4.2.1 | Enrobé bitumineux..... | 8 |
| 4.2.2 | Remblai granulaire..... | 8 |
| 4.2.3 | Remblai hétérogène | 8 |
| 4.2.4 | Sols naturels | 8 |
| 4.2.5 | Roc | 9 |
| 4.3 | Résistance en compression uniaxiale | 10 |
| 5. | Eau souterraine | 10 |
| 6. | Recommandations et commentaires..... | 11 |
| 6.1 | Description du projet..... | 11 |
| 6.2 | Palplanches ou pieux/palplanches | 11 |
| 6.3 | Excavations..... | 12 |
| 6.3.1 | Drainage temporaire..... | 13 |
| 6.4 | Enrochement..... | 14 |
| 6.5 | Recommandations générales de construction et autres considérations | 14 |
| 7. | Caractérisation environnementale préliminaire..... | 15 |
| 7.1.1 | Laboratoire d'analyses | 15 |
| 7.1.2 | Critères d'interprétation | 15 |
| 7.1.3 | Résultats des analyses chimiques | 16 |
| 7.1.4 | Contrôle de la qualité..... | 17 |
| 7.2 | Conclusions et recommandations environnementales..... | 17 |



| | |
|-------------------------------------------|----|
| 8. Portée et limitations de l'étude | 17 |
|-------------------------------------------|----|

Liste des tableaux

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau 3.1 Coordonnées géodésiques et élévations marégraphiques | 3 |
| Tableau 3.2 Essais de laboratoire réalisés..... | 4 |
| Tableau 4.1 Synthèse stratigraphique de la tête du quai – profondeur (élévation géodésique) en mètre | 5 |
| Tableau 4.2 Résultat d'une analyse granulométrique – Tête du quai..... | 6 |
| Tableau 4.3 Résultats des analyses granulométriques et sédimentométriques – tête du quai | 6 |
| Tableau 4.4 Synthèse stratigraphique de la digue d'approche - Profondeur (élévation) en mètre..... | 7 |
| Tableau 4.5 Résultats des analyses granulométriques et sédimentométriques (remblai hétérogène) 8 | |
| Tableau 4.6 Résultats des analyses granulométriques et sédimentométriques (silt) | 9 |
| Tableau 4.7 Limites d'Atterberg (silt)..... | 9 |
| Tableau 4.8 Résultats des essais en compression uniaxiale non confinée | 10 |
| Tableau 5.1 Niveau de l'eau souterraine relevé dans les tubes d'observation | 11 |
| Tableau 6.1 Paramètres géotechniques des sols – conception de palplanches ou pieux/palplanches | 12 |
| Tableau 6-2 Critères d'acceptation du roc d'enrochement..... | 14 |
| Tableau 7.1 Classification environnementale des résultats des sols..... | 16 |

Liste des figures

Figures à la suite du texte

| | |
|----------|----------------------------------|
| Figure 1 | Plan clé du secteur à l'étude |
| Figure 2 | Plan de localisation des forages |

Liste des annexes

| | |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Annexe A | Rapports de forages |
| Annexe B | Rapport photographique des échantillons de roc (sec et mouillé) |
| Annexe C | Résultats des essais de laboratoire |
| Annexe D | Certificat d'analyses chimiques environnementales réalisées par Maxxam Analytique inc. |
| Annexe E | « Grille de gestion des sols excavés » du « Guide d'intervention » du MDDELCC |



1. Introduction

Les services techniques de GHD ont été retenus par M. Bernard Paré, directeur général, de la Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré (ci-après nommée Client), afin de réaliser une étude géotechnique et une caractérisation environnementale préliminaire des sols pour la réhabilitation complète du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré, Québec.

Les termes du présent mandat sont présentés dans notre offre de service professionnel portant le n° 11143038-98-A1, datée du 1^{er} novembre 2017. Cette dernière a fait l'objet d'une entente contractuelle signée par le Client le 3 novembre 2017.

Les travaux de forages effectués dans le cadre de cette étude géotechnique avaient pour but de déterminer la nature et les caractéristiques géotechniques des sols et du roc en place afin de fournir au concepteur (Norda Stelo) les recommandations nécessaires pour la réhabilitation du quai. Ces recommandations concernent principalement les paramètres géotechniques requis pour la conception de l'ouvrage (palplanches ou pieux/palplanches ancrés au roc), les recommandations pour la préparation du terrain (excavation) ainsi que la gestion de l'eau souterraine.

Pour le volet environnemental, l'objectif de l'échantillonnage était de vérifier la qualité environnementale des sols (niveau de contamination) à l'endroit des forages prévus pour la présente étude géotechnique. Cette vérification a été faite dans le but d'émettre des recommandations concernant la gestion d'éventuels déblais excavés puisque les travaux projetés pourraient impliquer l'excavation de sols qui devront être acheminés hors site.

Le présent rapport fait état des travaux réalisés sur le terrain et en laboratoire, rend compte des résultats obtenus et présente des recommandations ainsi que des commentaires relatifs au projet précité. Il comprend un plan clé du secteur à l'étude (figure 1) ainsi qu'un plan de localisation des forages (figure 2), les rapports de forages (annexe A), le rapport photographique des échantillons de roc (sec et mouillé) (annexe B), les résultats des essais de laboratoire (annexe C), le certificat d'analyses chimiques environnementales réalisées par Maxxam Analytique inc. (annexe D) et la « Grille de gestion des sols excavés » du « Guide d'intervention » du MDDELCC (annexe E).

Ce rapport est assujéti à un certain nombre de conditions limitatives découlant de la nature inhérente aux profils géologique, géotechnique et hydrogéologique de tout site faisant l'objet d'investigation par sondages. La portée de l'étude réalisée et les limitations qui s'y appliquent sont énoncées à la suite du texte technique. Ces conditions limitatives font partie intégrante de ce rapport et le lecteur est prié d'en prendre connaissance afin de faciliter la compréhension, l'interprétation et l'utilisation du présent document.

2. Description sommaire du site et du projet

Le site à l'étude se trouve dans la ville de Sainte-Anne-de-Beaupré, Québec. Le quai de Sainte-Anne-de-Beaupré à l'étude est accessible par la rue du Sanctuaire via la route 138/boulevard Sainte-Anne. Le quai actuel est composé de deux parties, soit la digue d'approche et la tête du



quai. Cette dernière contient un système de débarquement pour les bateaux et embarcations passant dans le fleuve Saint-Laurent.

Des affaissements sur la digue d'approche et sur les bords de la tête du quai ont été observés sur le site pendant notre campagne de sondages.

Dans le cadre de ce projet, les travaux de réhabilitation projetés comprennent les deux volets suivants :

- 1- Réfection de la digue d'approche incluant la remise à niveau de la première partie de la digue et l'élargissement de la digue près de la tête du quai.
- 2- La reconstruction du quai existant par l'ajout de palplanches ou pieux/palplanches ancrés au roc afin d'agrandir la surface actuelle du quai de 2 m vers l'est et l'ouest ainsi que de 3 m vers le sud.

Il est à noter qu'une étude géotechnique a été réalisée par SNC-Lavalin en 2016, mais celle-ci ne fournissait pas suffisamment d'information au concepteur. Seuls les rapports de forages et un plan de cette étude ont été fournis à GHD.

Un plan clé du secteur à l'étude (figure 1) ainsi qu'un plan de localisation (figure 2) sont présentés à la suite du texte.

3. Travaux d'investigation

3.1 Volet géotechnique

Les travaux de reconnaissance des sols visant à déterminer la nature et certaines propriétés des sols en place ont inclus la réalisation de huit (8) forages stratigraphiques, des essais *in situ* complétés par un relevé de nivellement des points de forages et la réalisation d'essais en laboratoire.

Une description des travaux réalisés est présentée aux sous-sections suivantes.

3.1.1 Forages stratigraphiques

Les forages stratigraphiques, identifiés F-1-2017 à F-8-2017, ont été réalisés entre le 7 et le 22 novembre 2017. Ces sondages ont été effectués sous la supervision constante d'un membre de notre personnel technique. Les forages F-3-2017 à F-8-2017 ont été exécutés directement sur la digue d'approche alors que les forages F-1-2017 et F-2-2017 ont été réalisés à environ 1 m devant la façade sud du quai. Notons que ces deux forages ont été effectués à l'aide d'une plateforme en porte-à-faux afin qu'ils puissent être réalisés directement au-dessus de l'eau. La portée du porte-à-faux utilisé limitait la réalisation des forages à 1 m du mur du quai.

Le programme de forages (nombre, emplacement et profondeur) a été établi par le concepteur du Client avec l'approbation de GHD, dans le but de couvrir la plus grande superficie de la zone des travaux de la réhabilitation du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré.



Les forages ont été réalisés au moyen d'une foreuse sur remorque pour les forages F-3-2017 à F-6-2017 et d'une foreuse montée sur un chenillard pour les forages F-1-2017, F-2-2017, F-7-2017 et F-8-2017. L'avancement des forages a été effectué par rotation du tubage de calibre « NW » et lavage. L'équipement utilisé a permis de récupérer des échantillons de sols de façon régulière au moyen d'un carottier fendu conformément à la norme NQ 2501-140. Ce dernier permet également d'obtenir des informations sur la compacité des couches de sols traversées, en obtenant des indices de pénétration standard appelés « N », correspondant à l'essai de pénétration standard (SPT). Les indices de pénétration standard mesurés renseignent sur la capacité portante admissible des sols en place.

Des échantillons du roc sous forme de carottes ont été prélevés en continu dans l'ensemble des forages réalisés, en utilisant un carottier diamanté de calibre « NQ ». Les carottes de roc ont été décrites au moment des travaux et l'indice de qualité du roc, « Rock Quality Designation » (RQD), a été mesuré pour les courses prélevées. Les cailloux et/ou blocs ont été recueillis à l'aide d'un carottier à diamants de calibre « NX ».

Un tube ouvert a été installé dans les forages F-3-2017 à F-8-2017 afin de mesurer le niveau de l'eau souterraine dans les sols.

La description des conditions de sols et de roc rencontrées à l'emplacement des forages est présentée à la section 4 ainsi qu'à l'annexe A du rapport. Des notes explicatives relativement aux rapports de forages, à la description des unités stratigraphiques et à la méthodologie des essais *in situ* sont aussi présentées à l'annexe A de ce document. De plus, des photographies du roc sec et mouillé sont présentées à l'annexe B.

3.1.2 Localisation et nivellement

Le plan de localisation des forages projetés (annexe 3 de l'appel d'offres) a servi de document de référence à notre personnel technique pour procéder au positionnement des huit (8) forages sur le site à investiguer. L'implantation au sol de ces sondages a été réalisée par notre personnel technique à l'aide d'un GPS portatif de type Garmin sur la digue d'approche et à l'aide de repères physiques existants pour les forages réalisés au bout de la tête du quai. Ces derniers ont été relevés sur le dessus de la plateforme de forage en porte-à-faux.

À la suite de la réalisation des forages, un relevé de nivellement en système géodésique (X, Y, Z) et en système marégraphique a été effectué par Groupe Géniarp qui est une firme spécialisée dans ce domaine. Les données en système marégraphique ont été approuvées par le Service hydrographique du Canada.

Les coordonnées géodésiques (SCOPQ [MTM], NAD83, Fuseau 7) et les élévations obtenues pour les différents forages sont présentées au tableau 3.1 ainsi que sur les rapports de forages de l'annexe A.

Tableau 3.1 Coordonnées géodésiques et élévations marégraphiques

| Forage | NAD-83, MTM zone 7 (m) | | Élévation géodésique (m) | Élévation marégraphique (m) |
|----------|------------------------|-----------|--------------------------|-----------------------------|
| | Nord | Est | | |
| F-1-2017 | 5 208 862,8 | 272 440,7 | 5,12 | 7,51 |



Tableau 3.1 Coordonnées géodésiques et élévations marégraphiques

| Forage | NAD-83, MTM zone 7 (m) | | Élévation géodésique (m) | Élévation marégraphique (m) |
|----------|------------------------|-----------|--------------------------|-----------------------------|
| | Nord | Est | | |
| F-2-2017 | 5 208 870,5 | 272 453,2 | 5,41 | 7,79 |
| F-3-2017 | 5 209 196,6 | 272 228,6 | 5,56 | 7,95 |
| F-4-2017 | 5 209 136,6 | 272 269,2 | 5,62 | 8,01 |
| F-5-2017 | 5 209 094,7 | 272 294,9 | 5,54 | 7,93 |
| F-6-2017 | 5 209 007,5 | 272 353,8 | 5,48 | 7,87 |
| F-7-2017 | 5 208 970,4 | 272 377,2 | 5,41 | 7,80 |
| F-8-2017 | 5 208 919,6 | 272 414,2 | 5,18 | 7,564 |

Les emplacements des forages réalisés sont présentés sur la figure 2 à la suite du texte.

3.1.3 Travaux de laboratoire

Tous les échantillons de sols et de roc récupérés dans les forages ont été transportés à notre laboratoire, où ils ont fait l'objet d'une description visuelle plus approfondie par un ingénieur en géotechnique. Les essais de laboratoire présentés au tableau 3.2 ont été effectués sur des échantillons représentatifs des sols rencontrés.

Tableau 3.2 Essais de laboratoire réalisés

| Essai | Norme | Nombre |
|-----------------------------------------------|----------------------------|--------|
| Analyse granulométrique | LC 21-040 | 9 |
| Sédimentométrie | NQ 2501-025 | 6 |
| Teneur en eau | LC 21-021 | 4 |
| Limite d'Atterberg | NQ 2501-092 | 4 |
| Résistance en compression de la roche intacte | ASTM D 7012 et ASTM D 4543 | 4 |

Les résultats obtenus sont présentés à la section 4 ainsi qu'à l'annexe C du présent rapport. Les échantillons récupérés dans les forages seront conservés pour une période d'un (1) an après l'émission du présent rapport, après quoi ils seront détruits, à moins d'avis contraire de la part du Client.

3.2 Volet environnemental

Une procédure rigoureuse de gestion, basée sur les principes énoncés dans le « Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales » du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), a été suivie lors du prélèvement, de l'identification, de l'entreposage temporaire et du transport des échantillons, de façon à assurer leur conservation et leur intégrité jusqu'à leur acheminement au laboratoire analytique retenu aux fins du mandat.



Pour les forages, avant chaque prélèvement d'échantillons de sols, la cuillère fendue et les instruments utilisés ont été lavés et brossés à l'eau savonneuse, puis rincés successivement à l'eau déminéralisée, à l'acétone, à l'hexane, à l'acétone et, finalement, à l'eau déminéralisée.

Tous les échantillons prélevés ont été soigneusement placés dans des pots neufs en verre, scellés et munis d'un couvercle hermétiquement vissé.

4. Description sommaire des sols et du roc

Pour faciliter la lecture du rapport, la description des sols et/ou du roc se fera selon deux secteurs, soit la tête du quai et la digue d'approche. Sommairement, pour la partie quai, la stratigraphie est constituée d'une couche de gravier sableux suivie d'une couche de sable graveleux reposant sur le roc. Pour la digue d'approche, sous l'enrobé bitumineux et/ou le remblai granulaire, la stratigraphie est composée principalement d'un horizon de blocs et/ou cailloux avec des morceaux de bois contenant des proportions variables de sable, gravier et silt suivi d'une couche de silt de sols naturels reposant sur le roc.

Une description détaillée de la stratigraphie des sols et du roc rencontrés est présentée aux sous-sections suivantes ainsi qu'à l'annexe A du rapport.

4.1 Tête du quai

Le tableau 4.1 suivant fait la synthèse des unités stratigraphiques rencontrées aux endroits des forages réalisés sur la façade sud du quai à l'étude. Rappelons que ces forages ont été réalisés en porte-à-faux à partir de la tête du quai. Les profondeurs mentionnées dans la section sont en fonction du dessus de la plateforme de travail.

Tableau 4.1 Synthèse stratigraphique de la tête du quai – profondeur (élévation géodésique) en mètre

| Forage | Vide et/ou colonne d'eau - Épaisseur (m) | Gravier sableux (m) | Sable (m) | Roc friable (m) | Roc (m) |
|-----------------|------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------|
| F-1-2017 (5,12) | 9,91 | 9,91 à 12,80 (-4,79 à -7,68) | 12,80 à 17,48 (-7,68 à -12,36) | 17,48 à 18,69 (-12,36 à -13,57) | 18,69 à 23,88 ⁽¹⁾ (13,57 à -18,76) |
| F-2-2017 (5,41) | 10,21 | 10,21 à 12,50 (-4,80 à -7,09) | 12,50 à 19,00 (-7,09 à -13,59) | 19,00 à 19,61 (-13,59 à -14,20) | 19,61 à 24,84 ⁽¹⁾ (-14,20 à -19,43) |

⁽¹⁾ : Profondeur de la fin du forage.

4.1.1 Gravier sableux

À l'endroit des forages F-1-2017 et F-2-2017, un dépôt constitué de gravier sableux à sable et gravier contenant un peu de silt a été observé dans le fond marin, soit à des élévations respectives de -4,79 et -4,80 m. Ce dépôt est de couleur grise et saturé. Selon l'indice « N » qui varie généralement de 2 à 26, la compacité de cette couche est qualifiée de lâche à compacte. Son



épaisseur varie de 2,89 et 2,29 m aux emplacements des forages F-1-2017 et F-2-2017, respectivement.

Une (1) analyse granulométrique par tamisage effectuée sur un échantillon représentatif de ce dépôt a révélé les proportions indiquées au tableau 4.2.

Tableau 4.2 Résultat d'une analyse granulométrique – Tête du quai

| Forage | Échantillon | Profondeur (Élévation) (m) | Proportion (%) | | |
|----------|-------------|-------------------------------|----------------|-------|----------------|
| | | | Gravier | Sable | Silt et argile |
| F-1-2017 | CF-4 | 11,74 à 12,34 (-6,62 à -7,22) | 40 | 49 | 11 |

Les résultats de laboratoire sont également présentés en annexe C du présent rapport.

4.1.2 Sable

Sous la couche de gravier sableux, aux emplacements des forages F-1-2017 et F-2-2017, une couche de sable un peu de gravier à graveleux contenant un peu de silt a été rencontrée à une profondeur de 12,80 et 12,50 m (élevations géodésiques de -7,68 et -7,09 m), respectivement. Cette couche est généralement humide et de couleur grise. Selon l'indice « N » qui varie généralement de 12 à 45, la compacité de cette couche varie de compacte à dense. Un bloc de granit rose a également été rencontré à l'intérieur de cette couche à l'endroit du forage F-1-2017. L'épaisseur de cette couche est de 4,68 et 6,50 m aux emplacements des forages F-1-2017 et F-2-2017, respectivement.

À l'emplacement du forage F-1-2017, un horizon de compacité très lâche (indice « N » de 3) constitué de silt et sable, un peu d'argile et traces de gravier de 0,87 m d'épaisseur a été rencontré à une profondeur de 16,61 m (élévation géodésique de -11,49 m), soit dans la partie inférieure de la couche.

Trois (3) analyses granulométriques par tamisage et une (1) sédimentométrie effectuées sur des échantillons représentatifs de ce dépôt ont révélé les proportions indiquées au tableau 4.3.

Tableau 4.3 Résultats des analyses granulométriques et sédimentométriques – tête du quai

| Forage | Échantillon | Profondeur (Élévation) (m) | Proportion (%) | | | |
|----------|-------------|---------------------------------|----------------|-------|----------------|----|
| | | | Gravier | Sable | Silt et argile | |
| F-1-2017 | CF-12 | 16,61 à 17,22 (-11,49 à -12,10) | 4 | 35 | 44 | 17 |
| F-2-2017 | CF-5 | 13,56 à 14,17 (-8,15 à -8,76) | 20 | 64 | 16 | |
| F-2-2017 | CF-9 | 16,61 à 16,92 (-11,20 à -11,51) | 24 | 65 | 11 | |

Les résultats de laboratoire sont également présentés en annexe C du présent rapport.



4.1.3 Roc

Sous les dépôts granulaires rencontrés, à l'endroit des forages F-1-2017 et F-2-2017, le roc a été rencontré à une profondeur variant de 17,48 et 19,0 m respectivement (élevations géodésiques de -12,36 et -13,59 m).

La partie supérieure du roc est généralement constituée de *shale* (roche sédimentaire) gris friable et il devient relativement plus sain par la suite. Basée sur l'indice « RQD » (*Rock Quality Designation*) qui représente une appréciation indirecte du nombre de fractures du roc, la qualité du roc varie généralement de très mauvaise qualité (0 à 14 %) à moyenne qualité en profondeur (74 %).

En plus de son degré de fracturation relativement élevé, il a été difficile d'obtenir des échantillons de qualité (principalement par rapport au respect de la géométrie des échantillons) pour la réalisation selon les normes des essais de laboratoire (essais en compression) discutés à la section 4.3.

Les rapports de forage, présentés à l'annexe A, indiquent les taux de récupération du roc durant les opérations de forage ainsi que les indices « RQD ».

De plus, un rapport photographique (à l'état sec et mouillé) de tous les échantillons du roc qui ont été prélevés à l'endroit de tous les forages est présenté également à l'annexe B.

4.2 Digue d'approche

Le tableau 4.4 suivant fait la synthèse des unités stratigraphiques rencontrées aux endroits des forages réalisés sur la digue d'approche.

Tableau 4.4 Synthèse stratigraphique de la digue d'approche - Profondeur (élévation) en mètre

| Forage (élévation) | Enrobé bitumineux (m) | Remblai granulaire (m) | Remblai hétérogène (m) | Sols naturels | Roc (m) |
|-----------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------|
| | | | | Silt (m) | |
| F-3-2017 (5,56) | 0,00 à 0,05 (5,56 à 5,51) | 0,05 à 0,53 (5,51 à 5,03) | 0,53 à 2,44 (5,03 à 3,12) | 2,44 à 5,72 (3,12 à -0,16) | 5,72 à 7,24 ⁽¹⁾ (-0,16 à -1,68) |
| F-4-2017 (5,62) | -- | 0,00 à 0,46 (5,62 à 5,16) | 0,46 à 4,27 (5,16 à 1,35) | 4,27 à 6,17 (1,35 à -0,55) | 6,17 à 7,70 ⁽¹⁾ (-0,55 à -2,08) |
| F-5-2017 (5,54) | -- | 0,00 à 0,46 (5,54 à 5,08) | 0,46 à 4,88 (5,08 à 0,66) | 4,88 à 6,10 (0,66 à -0,56) | 6,10 à 7,62 ⁽¹⁾ (-0,56 à 2,08) |
| F-6-2017 (5,48) | 0,00 à 0,03 (5,48 à 5,45) | 0,03 à 0,66 (5,45 à 4,82) | 0,66 à 4,27 (4,82 à 1,21) | 4,27 à 6,55 (1,21 à -1,07) | 6,55 à 8,13 ⁽¹⁾ (-1,07 à -2,65) |
| F-7-2017 (5,41) | 0,00 à 0,03 (5,41 à 5,38) | 0,03 à 0,51 (5,38 à 4,90) | 0,51 à 4,88 (4,90 à 0,53) | 4,88 à 6,60 (0,53 à -1,19) | 6,60 à 8,53 ⁽¹⁾ (-1,19 à -3,12) |
| F-8-2017 (5,18) | 0,00 à 0,03 (5,18 à 5,15) | 0,03 à 0,53 (5,15 à 4,65) | 0,53 à 4,27 (4,65 à 0,91) | 4,27 à 9,30 (0,91 à -4,12) | 9,30 à 10,34 ⁽¹⁾ (-4,12 à -5,16) |

(1) profondeur de la fin du forage.

-- : signifie que cette couche n'a pas été observée.



4.2.1 Enrobé bitumineux

En surface de la digue, à l'endroit des forages F-3-2017 et F-6-2017 à F-8-2017, un enrobé bitumineux d'une épaisseur variant de 30 à 50 mm a été observé.

4.2.2 Remblai granulaire

En surface, à l'endroit des forages F-4-2017 et F-5-2017, et sous l'enrobé bitumineux, à l'endroit des forages F-3-2017 et F-6-2017 à F-8-2017, un remblai granulaire constitué principalement de sable contenant des proportions variables de gravier et des traces à un peu de silt a été rencontré. Ce remblai est généralement humide et de couleur grise à noire. Selon l'indice « N » qui varie de 18 à 47, la compacité de ce dépôt varie de compacte à dense. De l'enrobé bitumineux a été observé à l'intérieur de ce remblai à l'endroit des forages F-4-2017 à F-8-2017. L'épaisseur de ce remblai varie de 0,46 à 0,63 m à l'endroit de ces forages.

4.2.3 Remblai hétérogène

Sous le remblai granulaire, un remblai hétérogène généralement constitué de blocs et/ou cailloux et des morceaux de bois contenant également des proportions variables de gravier, sable et silt a été rencontré aux emplacements des forages F-4-2017 à F-8-2017 à une profondeur variant de 0,46 à 0,66 m. La compacité de ce remblai est difficilement identifiable, car il contient trop de blocs et/ou cailloux et ceux-ci peuvent biaiser les résultats des indices « N ».

À l'endroit du forage F-3-2017, ce remblai est composé d'un silt sableux, un peu d'argile et gravier. Il a été rencontré à une profondeur de 0,53 m et son épaisseur est de 1,91 m. Des blocs et/ou cailloux ont également été observés dans ce forage.

Une analyse granulométrique par tamisage et une sédimentométrie effectuées sur un échantillon de cette couche à l'endroit du forage F-3-2017 ont révélé les proportions indiquées au tableau 4.5.

Tableau 4.5 Résultats des analyses granulométriques et sédimentométriques (remblai hétérogène)

| Forage | Échantillon | Profondeur (Élévation) (m) | Proportion (%) | | | |
|----------|-------------|--------------------------------|----------------|-------|------|--------|
| | | | Gravier | Sable | Silt | Argile |
| F-3-2017 | CFE-3 | 1,50 à 2,11 (-1,53 à -2,13) | 14 | 22 | 54 | 10 |

Ces résultats de laboratoire sont également présentés à l'annexe C du présent rapport.

4.2.4 Sols naturels

Aux emplacements des forages F-3-2017 à F-8-2017, des sols naturels constitués principalement de silt contenant des traces de sable à sableux et des traces à un peu d'argile et de gravier ont été rencontrés à une profondeur variant de 2,44 à 4,88 m. Ce dépôt contient également des morceaux de bois ainsi que des cailloux et/ou blocs. L'épaisseur de cette couche varie de 1,22 à 5,03 m.

Quatre (4) analyses granulométriques par tamisage et quatre (4) sédimentométries ont été effectuées sur des échantillons représentatifs de cette couche. Les résultats de ces essais sont présentés au tableau 4.6 suivant.



Tableau 4.6 Résultats des analyses granulométriques et sédimentométriques (silt)

| Forage | Échantillon | Profondeur (Élévation) (m) | Proportion (%) | | | |
|----------|-------------|--------------------------------|----------------|-------|------|--------|
| | | | Gravier | Sable | Silt | Argile |
| F-4-2017 | CFE-9 | 4,88 à 5,49 (0,74 à 0,13) | 0 | 7 | 83 | 10 |
| F-5-2017 | CFE-10 | 5,49 à 6,10 (0,05 à -0,56) | 0 | 13 | 71 | 6 |
| F-6-2017 | CFE-8 | 4,27 à 4,88 (1,21 à 0,60) | 5 | 20 | 71 | 4 |
| F-8-2017 | CFE-12 | 6,71 à 7,31 (-1,53 à -2,13) | 0 | 11 | 82 | 7 |

Les résultats des autres essais réalisés en laboratoire ont permis de déterminer certaines propriétés de cette couche généralement de nature cohérente. Ces propriétés sont présentées au tableau 4.7 suivant.

Tableau 4.7 Limites d'Atterberg (silt)

| Forage | Échant. | Profondeur (Élévation) (m) | Limite de liquidité (%) | Limite de plasticité (%) | Indice de plasticité | Indice de liquidité | Teneur en eau naturelle (%) |
|----------|---------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|---------------------|-----------------------------|
| F-4-2017 | CFE-9 | 4,88 à 5,49 (0,74 à 0,13) | 42 | 25 | 17 | 0,53 | 34 |
| F-5-2017 | CFE-10 | 5,49 à 6,10 (0,05 à -0,56) | 26 | 19 | 7 | 1,14 | 27 |
| F-6-2017 | CFE-8 | 4,27 à 4,88 (1,21 à 0,60) | 51 | 31 | 20 | 0,40 | 43 |
| F-8-2017 | CFE-12 | 6,71 à 7,31 (-1,53 à -2,13) | 38 | 26 | 12 | 1,25 | 41 |

Malgré la faible proportion d'argile, les résultats des limites d'Atterberg indiquent que ce dépôt est relativement plastique; en effet les indices de plasticité varient de 7 à 20. La consistance de cette couche a été estimée de raide à très raide. Ces résultats de laboratoire sont également présentés à l'annexe C du présent rapport.

4.2.5 Roc

Sous les sols naturels, à l'endroit des forages F-3-2017 à F-8-2017, le roc a été rencontré à une profondeur variant de 5,72 à 9,30 m, ce qui correspondent à des élévations géodésiques variant de -0,16 à -4,12 m. La profondeur et l'élévation du roc observées à chaque forage sont présentées au tableau 4.4.

Le roc rencontré est un *shale* (roche sédimentaire) gris avec un degré de fracturation élevé. Basée sur l'indice « RQD », la qualité du roc varie généralement de très mauvaise à moyenne qualité (0 à 72 %). Un horizon friable et très fracturé a été observé dans sa partie supérieure à l'endroit de la plupart des forages.



En plus de son degré de fracturation relativement élevé, il a été difficile d'obtenir des échantillons de qualité (principalement par rapport au respect de la géométrie des échantillons) pour la réalisation selon les normes des essais de laboratoire discutés à la section 4.3.

Les rapports de forage, présentés à l'annexe A, indiquent les taux de récupération du roc durant les opérations de forage ainsi que les indices « RQD ».

De plus, un rapport photographique (à l'état sec et mouillé) de tous les échantillons du roc qui ont été prélevés à l'endroit de tous les forages est présenté également à l'annexe B.

4.3 Résistance en compression uniaxiale

Au total, quatre (4) essais de résistance en compression uniaxiale (C_o) avec mesures du poids volumique ont été effectués sur différents échantillons de roc prélevés dans les forages.

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 4.8 suivant et les résultats détaillés (rapports d'essais) sont présentés à l'annexe C.

Tableau 4.8 Résultats des essais en compression uniaxiale non confinée

| Forage | Échantillon | Profondeur (élévation) (m) | Résistance en compression (MPa) | Poids volumique (kN/m^3) | Lithologie |
|-------------------------|-------------|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|------------|
| Tête du quai | | | | | |
| F-1-2017 | CR-19 | 22,25 à 22,35 (-17,13 à -17,23) | 1,9 | 25,68 | Shale gris |
| Digue d'approche | | | | | |
| F-5-2017 | CR-11 | 6,81 à 6,92 (-1,27 à -1,38) | 6,7 | 25,66 | Shale gris |
| F-6-2017 | CR-12 | 6,95 à 7,01 (-1,47 à -1,53) | 4,3 | 25,28 | Shale gris |
| F-7-2017 | CR-14 | 8,02 à 8,12 (-2,84 à -2,94) | 7,9 | 25,79 | Shale gris |

En fonction des résultats des essais de compression réalisés sur le roc intact et basé sur la classification de Marinos et Hoek, 2001 (voir CFEM 2006, Table 3.5), le roc se classifie comme étant un roc présentant une résistance généralement **très faible à faible**.

5. Eau souterraine

Les niveaux de la nappe d'eau souterraine ont été relevés, le 27 novembre 2017, dans les forages où des tubes d'observation ont été préalablement mis en place. Le tableau 5.1 suivant présente les résultats obtenus.



Tableau 5.1 Niveau de l'eau souterraine relevé dans les tubes d'observation

| Forage n° | 27 novembre 2017 à 7 h du matin – marée basse | |
|-----------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| | Profondeur de l'eau souterraine (m) | Élévation géodésique de l'eau souterraine (m) |
| F-3-2017 | 2,24 | 3,32 |
| F-4-2017 | 2,43 | 3,19 |
| F-5-2017 | 2,95 | 2,59 |
| F-6-2017 | 3,73 | 1,75 |
| F-7-2017 | 3,92 | 1,49 |
| F-8-2017 | 5,18 | 0,67 |

Il est à noter que le niveau de l'eau dans le sol et la masse rocheuse est susceptible de fluctuer, à la hausse ou à la baisse, selon les marées, les saisons et/ou les conditions climatiques et les travaux de construction entrepris sur le terrain ou à proximité du terrain visé par cette étude.

6. Recommandations et commentaires

6.1 Description du projet

Selon les informations transmises par le Client, il est projeté de réhabiliter complètement le quai de Sainte-Anne-de-Beaupré, son système de débarquement ainsi que la digue d'approche.

Les travaux de réfection prévus seront réalisés sur les deux parties de l'ouvrage, soit la digue d'approche et la tête du quai. La réfection de la digue d'approche inclut la remise à niveau de la première partie de la digue et l'élargissement de la digue près de la tête du quai. Quant à cette dernière, il est prévu de la reconstruire en ajoutant des palplanches ou pieux/palplanches ancrés au roc, ceux-ci permettront d'agrandir la surface actuelle du quai de 2 m vers l'est, de 2 m vers l'ouest et de 3 m vers le sud. Prendre note que le concept final n'était pas connu lors de la rédaction du présent rapport.

En se basant sur les résultats des forages F-1-2017 à F-8-2017, sur les résultats des essais de laboratoire et en supposant qu'ils sont représentatifs de la stratigraphie le long de la digue d'approche et de la tête du quai, les recommandations et commentaires suivants sont maintenant présentés.

6.2 Palplanches ou pieux/palplanches

D'après les informations préliminaires fournies par le concepteur du Client, des palplanches ou pieux/palplanches seront mis en place pour la réalisation de l'ouvrage projeté et principalement au niveau de la tête du quai. Dans le choix de sa méthode, le concepteur devra tenir compte de la présence de blocs et/ou cailloux dans la couche de sable qui a été rencontrée à la tête du quai. Bien qu'un seul bloc ait été rencontré dans le forage F-1 à une profondeur de 15 m, on retrouve fréquemment dans ce type de dépôt des cailloux et des blocs qui pourraient provoquer des refus prématurés des palplanches ou les faire dévier. On devra aussi tenir compte que l'eau est saumâtre



à ce niveau du fleuve et qu'une protection contre la corrosion devrait être prévue pour l'acier mis en contact avec l'eau.

Pour la conception de palplanches ou murs pieux/palplanches et pour l'élargissement de la digue d'approche en enrochement, nous recommandons d'utiliser les paramètres géotechniques suivants.

Tableau 6.1 Paramètres géotechniques des sols – conception de palplanches ou pieux/palplanches

| Paramètres | Tête du quai | | Digue d'approche |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------|------------------|
| | Gravier sableux | Sable | Silt |
| Poids volumique saturé, γ_{sat} (kN/m ³) | 21,0 | 20,0 | 19 |
| Poids volumique déjaugé, γ' (kN/m ³) | 11,0 | 10,0 | 9 |
| Angle de frottement effectif interne, φ' (°) | 35 | 32 | 29 |
| Cohésion effective, c' (kPa) | 0 | 0 | 5 |
| Coefficient de poussée au repos, K_0 (–) | 0,42 | 0,47 | 0,45 |
| Coefficient de butée active, K_a (–) | 0,27 | 0,31 | 0,35 |
| Coefficient de butée passive, K_p (–) | 3,70 | 3,25 | 2,88 |
| Angle de friction interne effectif entre le sol et l'acier des palplanches (δ) | 14 | 14 | 11 |

Tableau 6.2 Paramètres géotechniques du roc

| Paramètre | Symbole | Valeur |
|----------------------------------|------------|-------------------------|
| Résistance en compression du roc | σ_c | 4 MPa |
| Poids volumique du roc | γ | 25,60 kN/m ³ |
| Poids volumique déjaugé du roc | γ' | 15,60 kN/m ³ |

6.3 Excavations

D'après les informations fournies par le concepteur du Client, des excavations d'environ 4 à 5 m de profondeur vont être réalisées pour la réfection de la digue d'approche. Effectivement, il sera nécessaire d'excaver l'enrobé bitumineux, le remblai granulaire et l'horizon de cailloux et/ou blocs contenant des morceaux de bois.

Comme nous ne connaissons pas la méthode de l'entrepreneur à ce stade-ci du projet, nous recommandons que les pentes d'excavation temporaires dans le remblai et les sols naturels soient déterminées par un ingénieur qualifié en géotechnique au moment de la réalisation de ces travaux. À titre informatif, le reste de la présente section présente des recommandations pertinentes pour la réalisation des excavations.

Les déblais d'excavation du mort-terrain devront être mis en pile à une distance horizontale minimale équivalente à la profondeur des excavations par rapport au sommet de la pente. Ce profil d'excavation présuppose également qu'aucune surcharge d'entreposage et/ou de circulation ou encore qu'aucun travail nécessitant la mise en place d'une surcharge de machinerie lourde (grue



pour opération de levage ou autre) ne sera autorisée en haut de pente à l'intérieur de cette même distance.

Tout dépendant de la durée d'exposition des parois de l'excavation ou des conditions climatiques qui prévaudront au moment des travaux, les parois des pentes d'excavation pourraient devoir être recouvertes de membranes de protection afin de prévenir l'érosion et le développement d'instabilités superficielles locales. Le suivi en temps continu du comportement des pentes sujettes aux intempéries permettra de statuer sur le besoin réel au recouvrement des pentes aux fins de protection superficielle.

Toute pente d'excavation non supportée devra être ajustée en fonction des conditions réelles du terrain (densité des sols, niveaux de l'eau souterraine et des marées, présence d'eau occluse, de débris, évidence d'instabilités locales, etc.) et du comportement *in situ* des pentes lors des travaux d'excavation, et ce, jusqu'à la fin des travaux de remblayage final des excavations.

Aux endroits où des pentes d'excavation sécuritaires ne peuvent être réalisées en raison des contraintes d'espace, tel que le long des infrastructures existantes (route, quai existant, etc.) à proximité de l'excavation, un système temporaire de soutènement des terres devrait être utilisé et dimensionné selon les normes et codes en vigueur. Les paramètres géotechniques généralement requis pour le dimensionnement de ces ouvrages temporaires pourront être fournis à demande du concepteur du Client.

Les sols excavés devront être gérés et disposés hors site en fonction de leur classification environnementale, telle qu'établie à partir des critères génériques du « Guide d'intervention - Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés » (« Guide d'intervention »). Aucune évaluation environnementale de site – phase I n'a été réalisée dans le cadre de ce mandat. Au besoin, ces études pourraient être réalisées dans le cadre d'un autre mandat.

En tout temps, les prescriptions de la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST) devront être respectées lors de l'exécution des excavations. Rappelons que la réalisation des pentes d'excavation non supportées, stables et sécuritaires durant les travaux demeure la responsabilité de l'entrepreneur. Afin d'assurer la sécurité des travailleurs, les pentes d'excavation devront être vérifiées et validées par un ingénieur qualifié en géotechnique.

6.3.1 Drainage temporaire

Des venues d'eau importantes seront anticipées, particulièrement en marée montante et lors des excavations sous le niveau du cours d'eau. Un système d'assèchement des excavations devra être conçu par l'entrepreneur afin de rabattre le niveau de l'eau souterraine pour maintenir les fonds de fouille au sec ou adéquats durant les travaux.

Les débits d'infiltration pourront varier, même considérablement, dépendant des marées, des conditions de sols rencontrées, des conditions d'eau souterraine et selon la profondeur et l'étanchéité du système de soutènement temporaire utilisé.

Les ouvrages de soutènement temporaire et de drainage des excavations devront être confiés à des entrepreneurs de compétence reconnue dans ces domaines.



6.4 Enrochement

Si présent lors de la mise en place de l'enrochement, on devrait idéalement prévoir l'excavation des sols vaseux superficiels sur une épaisseur d'environ 1,0 m puis y déposer un géotextile. L'enrochement pourra par la suite y être déposé soigneusement.

Bien que divers types de roc puissent être utilisés, l'enrochement devra être dur et résistant mécaniquement aux glaces et aux effets de gel-dégel. Les pierres devront provenir d'une carrière (roc dynamité) et elles devront être exemptes de fissures et de plans de faiblesses. Les caractéristiques physiques et mécaniques du roc d'enrochement devraient idéalement répondre aux critères suivants :

Tableau 6-2 Critères d'acceptation du roc d'enrochement

| Nom de l'essai | Méthode d'essai | Critère d'acceptation |
|---------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------|
| Densité SSD | ASTM C127 | 2,65 |
| Absorption de l'eau | ASTM C127 | ≤ 0,5 % |
| Résistance en compression | ASTM D7012 | ≥ 100 MPa |
| Résistance à l'usure Micro-Deval | ASTM D6928 | ≤ 15 |
| Intégrité MgSO ₄ | ASTM C88 | ≤ 1,5 % de perte après 5 cycles |
| Résistance au gel/dégel sur gros granulats non confinés | CAN/CSA A23.2-24A | ≤ 5 % de perte après 5 cycles |

Note : ces critères sont ceux utilisés par Travaux Publics et Services Gouvernementaux Canada pour la réfection ou la construction de brise-lames en milieu marin.

Il est fortement recommandé de faire approuver la pierre d'enrochement en carrière par un ingénieur-géologue ou un géologue avant que les pierres ne soient transportés au site.

6.5 Recommandations générales de construction et autres considérations

Les méthodes de forage géotechnique et d'échantillonnage conventionnels ne permettent pas d'établir avec précision les paramètres géotechniques des sols granulaires très lâches ainsi que ceux des sols cohérents stratifiés qui ont été rencontrés.

Généralement, l'évaluation des paramètres géotechniques de tels sols, ainsi que leur comportement mécanique en présence d'un séisme ou encore sous un chargement, peut être raffinée au moyen de sondages au piézocône.

L'entrepreneur demeure responsable de déterminer, en fonction de ses méthodes de travail, si la réalisation de tels sondages permettrait d'optimiser leur conception ainsi que les travaux prévus et si de tels sondages étaient requis à la suite de l'adjudication du contrat pour finaliser la conception.

Il est recommandé d'effectuer un suivi géotechnique et qualitatif lors des travaux de construction. Entre autres, et sans nécessairement s'y limiter, il est recommandé de faire inspecter les travaux de remblayage et de compactage par un personnel compétent en géotechnique.



Ces opérations devraient également faire l'objet d'un suivi approprié, de façon à s'assurer que des matériaux conformes soient employés et que les degrés de compactage demandés soient effectivement atteints.

Il est recommandé de faire inspecter les travaux d'enfoncement de pieux et de palplanches par un personnel compétent en géotechnique, qui s'assurera que les niveaux de pénétration et de conception soient atteints.

Un suivi des vibrations engendrées par les travaux d'enfoncement des pieux et des palplanches devra aussi être réalisé afin de s'assurer de ne pas provoquer de dommages aux structures existantes.

La mise en place de l'enrochement ainsi que ses caractéristiques devra aussi être supervisée par un ingénieur géologue.

7. Caractérisation environnementale préliminaire

Étant donné que les travaux projetés pourraient impliquer l'excavation de sols devant être acheminés hors site, le présent mandat visait également l'échantillonnage environnemental des sols afin d'en vérifier la qualité environnementale (niveau de contamination) à l'emplacement des forages géotechniques et d'émettre des recommandations concernant la gestion d'éventuels déblais excavés.

7.1.1 Laboratoire d'analyses

Les analyses chimiques effectuées dans le cadre de ce mandat ont été réalisées par le laboratoire Maxxam Analytique inc. (Maxxam) à Québec qui est accrédité par le MDDELCC.

7.1.2 Critères d'interprétation

Compte tenu de l'usage d'infrastructure routière du site, le niveau « C » des critères génériques du « Guide d'intervention », soit l'équivalent des valeurs limites de l'Annexe II du « Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains » (RPRT), est considéré par GHD comme étant le seuil à partir duquel des travaux de réhabilitation seraient requis.

Par ailleurs, selon la carte interactive du Système d'information géominière du Québec (SIGÉOM) du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, le site est localisé dans la province géologique des Basses-Terres du Saint-Laurent. Ainsi, le niveau « A » des critères génériques applicable au site pour le dépistage des métaux est celui pour cette province géologique, tel que défini dans le « Guide d'intervention » du MDDELCC. De plus, étant donné que certains sols seront excavés lors des travaux de réfection projetés et pourraient devoir être acheminés hors site, les options de gestion de la « Grille de gestion des sols excavés » du « Guide d'intervention » jointe au présent rapport, à l'annexe E, ont été considérées.



7.1.3 Résultats des analyses chimiques

Parmi les échantillons de sols prélevés dans les forages, le dépistage des paramètres suivants a été déterminé par le Client :

- huit (8) échantillons pour les hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀ (HP C₁₀-C₅₀);
- huit (8) échantillons pour les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP);
- huit (8) échantillons pour les métaux (treize [13] métaux).

Le tableau 7.1 suivant présente la classification environnementale des résultats des sols pour les échantillons prélevés en fonction des exigences du MDDELCC. Le certificat d'analyses chimiques est présenté à l'annexe D du rapport.

Tableau 7.1 Classification environnementale des résultats des sols

| Forage | Échantillon | Profondeur (m) | Date de prélèvement | Paramètres analysés | | |
|-----------|-------------|----------------|---------------------|-------------------------------------|-----------------|-------------------------|
| | | | | HP C ₁₀ -C ₅₀ | HAP | Métaux |
| F-03-2017 | CFE-3 | 1,22 à 1,83 | 07-11-2017 | <A (<VL-AI) | A-B (<VL-AI) | A-B (<VL-AI)) |
| F-04-2017 | CFE-1A | 0 à 0,20 | 07-11-2017 | A-B (<VL-AI) | <A (<VL-AI) | <A (<VL-AI) |
| F-04-2017 | CFE-5 | 2,59 à 3,05 | 07-11-2017 | <A (<VL-AI) | A-B (<VL-AI) | B-C (> VL-AI) |
| F-05-2017 | CFE-1C | 0,46 à 0,61 | 07-11-2017 | A-B (<VL-AI) | <A (<VL-AI) | <A (<VL-AI) |
| F-06-2017 | CFE-5 | 2,44 à 3,05 | 16-11-2017 | <A (<VL-AI) | A-B (<VL-AI) | <A (<VL-AI) |
| F-07-2017 | CFE-2 | 0,61 à 1,22 | 14-11-2017 | <A (<VL-AI) | <A (<VL-AI) | <A (<VL-AI) |
| F-07-2017 | CFE-9 | 4,88 à 5,49 | 14-11-2017 | <A (<VL-AI) | A-B (<VL-AI) | <A (<VL-AI) |
| F-08-2017 | CFE-2 | 0,61 à 1,22 | 14-08-2017 | <A (<VL-AI) | <A (<VL-AI) | <A (<VL-AI) |

Notes :

<A, A-B, B-C, >C : Plages des critères génériques du « Guide d'intervention »;

VL-AI : Valeurs limites de l'Annexe I du RPRT;

VL-AII: Valeurs limites de l'Annexe II du RPRT;

Tous les résultats d'analyses chimiques pour les sols ont montré des concentrations inférieures au niveau « C » des critères génériques du « Guide d'intervention ». Ces résultats d'analyses chimiques respectent donc les exigences du MDDELCC pour l'usage du site.

Toutefois, le niveau « A » des critères génériques est considéré comme étant le seuil à partir duquel des restrictions pourraient être imposées dans le cas où des sols seraient excavés. Les sols classés « A-B » et « B-C » qui ont été identifiés sur le site devront, s'ils sont excavés et acheminés



hors site, être gérés selon les dispositions de la « Grille de gestion des sols excavés » du « Guide d'intervention », présentée à l'annexe E du présent rapport.

7.1.4 Contrôle de la qualité

Le laboratoire Maxxam respecte un protocole rigide de contrôle interne de la qualité de ses services, afin de s'assurer de la conformité des méthodes d'analyses et de la crédibilité des résultats obtenus. Ce protocole inclut des duplicatas et des blancs d'étalonnage, lesquels sont présentés dans le certificat d'analyses à l'annexe D du rapport.

En plus des procédures de qualité considérées par Maxxam, GHD a vérifié les points suivants afin de contrôler les résultats d'analyses chimiques présentés :

- les méthodes utilisées pour les analyses chimiques sont reconnues par le MDDELCC;
- les numéros d'échantillons et les profondeurs correspondent à la demande d'essai;
- les paramètres analysés sont ceux qui avaient été demandés;
- les méthodes utilisées pour les analyses chimiques des duplicatas sont les mêmes que celles qui ont été utilisées pour les échantillons initiaux;
- les résultats d'analyses des duplicatas demandés par GHD ou autrement réalisés à l'interne par le laboratoire correspondent à ceux de l'échantillon initial visé;
- les blancs d'analyses réalisés à l'interne par le laboratoire ne présentent pas d'anomalie.

À la suite de ces vérifications, les résultats d'analyses chimiques effectuées ont été considérés valables aux fins de la présente étude.

7.2 Conclusions et recommandations environnementales

L'objectif de la présente caractérisation était de vérifier la qualité environnementale des sols à certains endroits où des sols pourraient être excavés lors de travaux futurs.

Les résultats d'analyses chimiques des sols à l'endroit des forages F-03-2017 à F-08-2017 ont montré des concentrations inférieures au niveau « C » des critères génériques du « Guide d'intervention » qui est la limite acceptable pour l'usage du site. Ces résultats d'analyses chimiques respectent donc les exigences du MDDELCC.

Il est à noter que le niveau « A » des critères génériques est considéré comme étant le seuil à partir duquel des restrictions pourraient être imposées dans le cas où des sols seraient excavés. Les sols classés « A-B » et « B-C » qui ont été identifiés sur le site devront, s'ils sont excavés et acheminés hors site, être gérés selon les dispositions de la « Grille de gestion des sols excavés » du « Guide d'intervention », présentée à l'annexe E du présent rapport.

8. Portée et limitations de l'étude

Le présent rapport s'adresse exclusivement à la Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré ainsi qu'aux autres parties identifiées explicitement dans ce rapport et l'utilisation



de celui-ci par une tierce partie est interdite sans le consentement écrit de GHD au préalable. En émettant le présent document, GHD affirme être l'auteure de la reconnaissance des sols pour le projet tel que décrit. Ce rapport est un document professionnel et doit demeurer la propriété exclusive de GHD. Toute réutilisation ou redistribution non autorisée du rapport constitue un risque qui incombe uniquement au Client et à son destinataire et pour lequel GHD ne peut être tenue responsable. Le Client assumera la responsabilité de défendre, d'indemniser ainsi que de dégager GHD de toute responsabilité résultant de la distribution non autorisée du rapport par le Client. Le rapport doit être pris comme un tout et doit inclure tous les tableaux, figures et annexes correspondants. Aucune partie du rapport ne peut être utilisée séparément.

Les recommandations formulées dans ce rapport sont basées sur notre compréhension du projet ainsi que sur l'utilisation, la topographie et les conditions actuelles du site, de même que sur la portée du mandat accordé par le Client et décrit dans le rapport. L'étude a été effectuée conformément aux règles et aux méthodes généralement reconnues par les professionnels en géotechnique qui pratiquent dans les mêmes conditions ainsi que la même région et aucune autre interprétation n'est permise. Tout usage que pourrait en faire une tierce partie ou toute décision basée sur son contenu, prise par cette tierce partie, est la responsabilité de cette dernière.

Tous les détails de conception et de construction sont rarement connus à la fin de la reconnaissance des sols et peuvent être modifiés en cours de projet. Les commentaires et recommandations présentés dans le rapport sont basés sur les résultats de notre étude et notre compréhension du projet tels que définis au moment de l'étude. Les services de GHD devraient être retenus pour revoir ces recommandations et commentaires lorsque les devis seront terminés. Sans cette révision, GHD ne pourra être tenue responsable de tout malentendu par rapport aux recommandations ou à l'application et à l'adaptation de celles-ci dans la conception finale. Il est recommandé que les services de GHD soient retenus durant la construction de toutes les fondations et durant les travaux de terrassement afin de s'assurer que les conditions du sous-sol soient similaires à celles observées durant l'étude et que nos recommandations soient bien comprises à toutes les étapes de construction.

Il est important de souligner qu'une reconnaissance des sols consiste en un échantillonnage ponctuel d'un site et que les commentaires et recommandations inclus dans ce rapport sont basés sur les résultats obtenus aux emplacements des sondages réalisés uniquement.

Les conditions géologiques présentées aux emplacements sondés sont celles qui ont été observées au moment de la réalisation des sondages et peuvent toutefois être modifiées de façon significative par des travaux de construction (excavation, drainage, dynamitage, fonçage de pieux, etc.) sur le site ou sur les sites adjacents. Elles peuvent aussi être modifiées par l'exposition des sols à l'humidité, au séchage et/ou au gel. Les conditions de sol et d'eau souterraine entre les sondages et au-delà de l'endroit investigué peuvent varier autant en plan qu'en profondeur par rapport aux résultats obtenus à l'emplacement des forages. De plus, certaines conditions qui n'ont pu être observées ou prévues au moment de l'étude pourraient être rencontrées durant la construction. Dans l'éventualité où les conditions rencontrées sur le site devaient différer de celles observées à l'emplacement des sondages, nous demandons d'être immédiatement avisés par écrit afin de permettre une réévaluation de nos recommandations. Si des conditions différentes sont identifiées durant la construction, sans égard au degré d'importance des changements, les recommandations émises dans le présent rapport seront considérées comme invalides jusqu'à ce que ces changements soient évalués par GHD et que les conclusions du rapport soient modifiées en conséquence ou maintenues par écrit.



L'interprétation des résultats des analyses présentées dans ce rapport et les conclusions qui en découlent sont basées sur les données recueillies lors des travaux réalisés dans le cadre de cette étude. Elles réfèrent également aux normes, aux politiques et aux règlements environnementaux en vigueur au moment de l'étude et applicables au site étudié.

Veillez agréer nos salutations distinguées.

GHD

Volet géotechnique

Volet environnemental

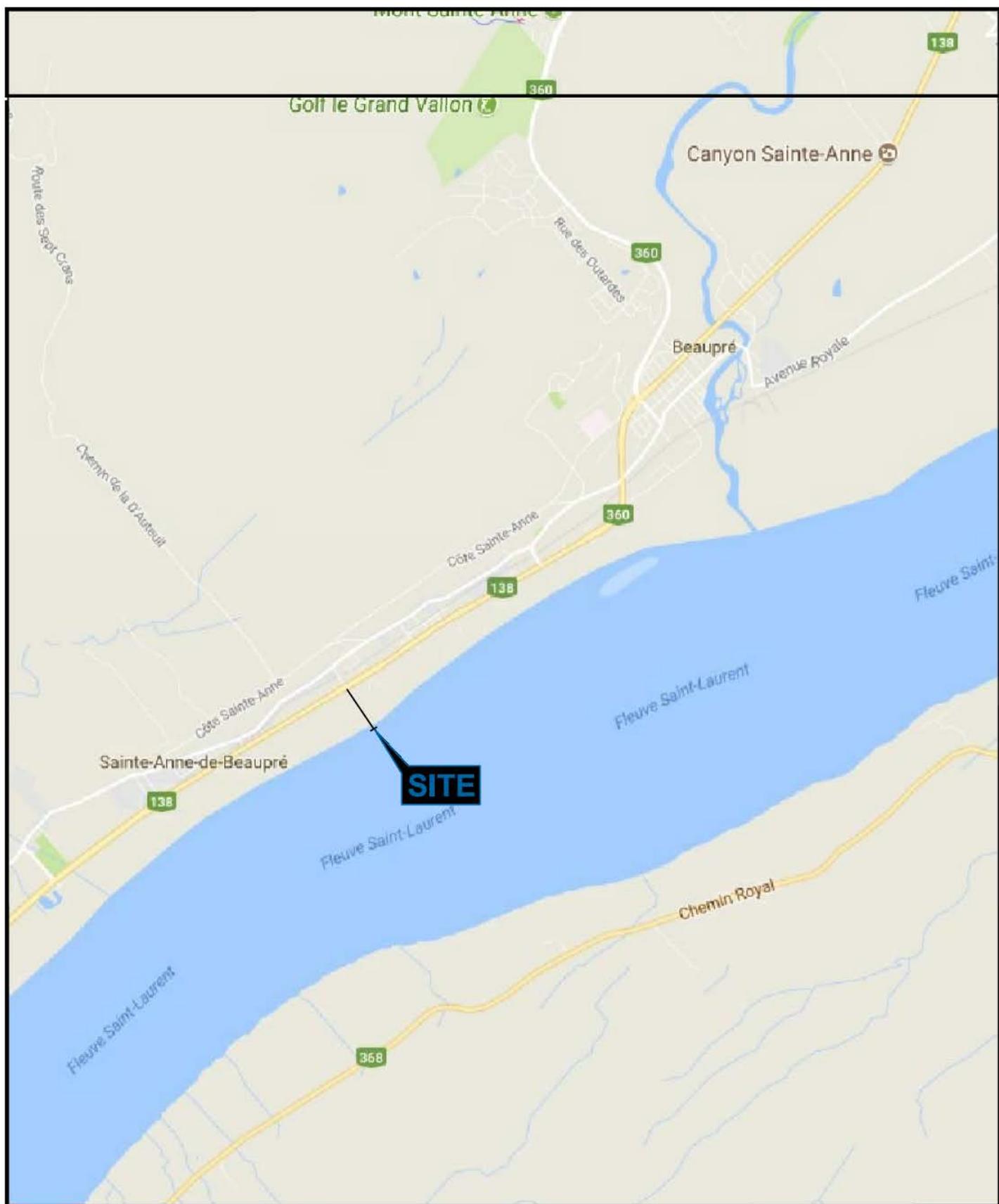
Nabil Azzeddine, ing. jr

Yannick Tremblay, ing.

Terry Bélanger, ing.

Guy Dionne, ing., M. Sc.

Figures



Source: Toutes les informations relatives aux conditions existantes du site proviennent des données cartographiques © 2017 google ou image © 2017 google, digitalglobe.



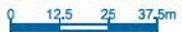
**CORPORATION DE DÉVELOPPEMENT DU QUAI
DE SAINTE-ANNE-DE-BEAUPRÉ**
QUAI DE SAINTE-ANNE-DE-BEAUPRÉ, SAINTE-ANNE-DE-BEAUPRÉ, QUÉBEC
ÉTUDE GÉOTECHNIQUE ET CARACTÉRISATION ENVIRONNEMENTALE PRÉLIMINAIRE
PLAN DE LOCALISATION DU SITE

11143038-A1
12 DÉCEMBRE 2017

FIGURE 1



ÉCHELLE = 1/1250



RÉFÉRENCE:

TOUTES LES INFORMATIONS RELATIVES AUX CONDITIONS EXISTANTES DU SITE PROVIENNENT DES DONNÉES CARTOGRAPHIQUES © 2017 GOOGLE DU IMAGE © 2017 GOOGLE, DIGITALGLOBE ET DU PLAN FOURNI PAR LE CLIENT.

DESSINÉ PAR:

M.LAMONTAGNE

VÉRIFIÉ PAR:

T.BÉLANGER, Ing.



CORPORATION DE DÉVELOPPEMENT DU QUAI DE SAINTE-ANNE-DE-BEAUPRÉ
 QUAI DE SAINTE-ANNE-DE-BEAUPRÉ, SAINTE-ANNE-DE-BEAUPRÉ, QUÉBEC
 ÉTUDE GÉOTECHNIQUE ET CARACTÉRISATION ENVIRONNEMENTALE PRÉLIMINAIRE
PLAN DE LOCALISATION

11143038-A1
 12 DÉCEMBRE 2017

FIGURE 2

Annexes

Annexe A

Rapports de forages



Notes explicatives sur les rapports de sondage

Description des sols :

Chacune des couches de mort-terrain est décrite selon la terminologie d'usage énumérée ci-après. La compacité des sols granulaires est définie par la valeur de l'indice de pénétration standard "N", et la consistance des sols cohérents par la résistance au cisaillement non drainé à l'état non remanié (Cu).

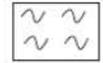
| Classification (Système unifié) | | | |
|---------------------------------|---------------------|----------|--------------------|
| Argile | < 0.002 mm | | |
| Silt | de 0.002 à 0.075 mm | | |
| Sable | de 0.075 à 4.75 mm | fin | de 0.075 à 4.25 mm |
| | | moyen | de 0.425 à 2.0 mm |
| | | grossier | de 2.0 à 4.75 mm |
| Gravier | de 4.75 à 75 mm | fin | de 4.75 à 19 mm |
| | | grossier | de 19 à 75 mm |
| Cailloux | de 75 à 300 mm | | |
| Blocs | >300 mm | | |

| Terminologie | |
|-----------------------------|--------|
| "traces" | 1-10% |
| "un peu" | 10-20% |
| adjectif (silteux, sableux) | 20-35% |
| "et" | 35-50% |

| Compacité des sols granulaires | Indice de pénétration standard "N" (COUPS/pi. – 300 mm) |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Très lâche | 0-4 |
| Lâche | 4-10 |
| Compact | 10-30 |
| Dense | 30-50 |
| Très dense | >50 |

| Consistance des sols cohérents | Résistance au cisaillement (Cu) | |
|--------------------------------|---------------------------------|---------|
| | (lb./pi. ²) | (kPa) |
| Très molle | <250 | <12 |
| Molle | 250-500 | 12-25 |
| Ferme | 500-1000 | 25-50 |
| Raide | 1000-2000 | 50-100 |
| Très raide | 2000-4000 | 100-200 |
| Dure | >4000 | >200 |

| Indice de qualité du roc | |
|--------------------------|--------------|
| Valeur "RQD" (%) | Qualificatif |
| <25 | Très mauvais |
| 25-50 | Mauvais |
| 50-75 | Moyen |
| 75-90 | Bon |
| >90 | Excellent |

| Légende stratigraphique | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |
| Sable | Gravier | Cailloux et blocs | Roc (calcaire) |
|  |  |  |  |
| Silt | Argile | Sol organique | Remblai |

Échantillons:

Type et numéro

Le type d'échantillonneur utilisé est défini par l'abréviation indiquée ci-après. La numérotation est continue pour chacun des types.

CF: Cuillère fendue

TM: Tube à paroi mince

TA: Tarière

CFE, VRE, TAE: Échantillonnage environnemental

PS: Tube à piston (Osterberg)

CR: Carottier diamanté

VR: Vrac

Récupération

La récupération de l'échantillon est le rapport exprimé en pourcentage de la longueur récupérée dans l'échantillonneur à la longueur enfoncée.

RQD

Les indices de qualité du roc ("Rock Quality Designation" ou "RQD") sont définis comme étant le rapport exprimé en pourcentage de la longueur cumulée de tous les fragments de carottes de 4 pouces (10 cm) ou plus à la longueur totale de la course.

Essais de chantier:

N: Indice de pénétration standard

N_c: Indice de pénétration dynamique au cône

k: Perméabilité

R: Refus à la pénétration

Cu: Résistance au cisaillement non drainé

ABS: Absorption (eau sous pression)

Pr: Pressiomètre

Essais de laboratoire:

I_p: Indice de plasticité

SD: Sédimentométrie

A: Limites d'Atterberg

C: Consolidation

VO: Vapeur organique

W_l: Limite liquide

AG: Analyse granulométrique

w: Teneur en eau

CS: Cône suédois

W_p: Limite plastique

γ: Poids volumique

AC: Analyse chimique



A- Prélèvement d'échantillons

Les échantillons de sol sont généralement récupérés dans les forages au moyen soit d'un échantillonneur de type cuillère fendue ou à l'aide de tubes d'acier à paroi mince de type «Shelby». La cuillère fendue procure des échantillons de sol remaniés mais représentatifs de la nature des sols en place. L'enfoncement de l'échantillonneur permet également la réalisation simultanée de l'essai de pénétration standard qui est décrit à la section suivante. Les tubes à paroi mince sont enfoncés délicatement dans le sol et permettent la récupération d'échantillons non remaniés au sein des dépôts argileux, ce qui ne peut être le cas avec la cuillère fendue. Les échantillons de roc sont prélevés au moyen de tubes carottiers munis de trépan diamantés et procurent des échantillons sous forme de carottes dont les diamètres varient en fonction du calibre de l'outil utilisé.

B- Essai de pénétration standard («SPT»)

L'essai de pénétration standard consiste à enfoncer dans le sol un échantillonneur normalisé de type cuillère fendue au moyen d'un marteau de 140 lb (63,5 kg) qui le percute après une chute libre de 30 po (76 cm). L'échantillonneur est ainsi foncé dans le sol sur une distance de 18 po (45 cm) et le nombre de coups de marteau nécessaire à l'enfoncement est noté pour chaque intervalle de 6 po (15 cm). Le nombre de coups requis pour enfoncer les derniers 12 po (30 cm) correspond à l'indice de pénétration standard («N»). L'essai est répété à intervalle régulier et les indices obtenus sont des valeurs caractéristiques à partir desquelles on peut estimer la densité, la compressibilité et la résistance des différentes couches de sol traversées. (La procédure est peu applicable cependant aux dépôts argileux).

C- Essai de pénétration dynamique

L'essai de pénétration dynamique est similaire à l'essai de pénétration standard, sauf que l'échantillonneur est remplacé par une pointe conique de 10 cm² de surface. Le nombre de coups est noté de façon continue pour chaque pi (30 cm) d'enfoncement et les résultats obtenus donnent un relevé systématique de la densité relative des matériaux traversés. L'essai permet également de révéler la profondeur d'une couche de sol très dense ou parfois du socle rocheux.

Note : La présence de particules grossières, telles que de gros graviers, des cailloux ou des blocs au sein des couches de sol peut affecter les résultats de l'essai de pénétration standard ou dynamique en produisant des valeurs de résistance anormalement élevées. Dans certains cas, la pénétration peut même devenir impossible et un refus «R» est alors noté.

D- Essai de résistance au cisaillement

L'essai de résistance au cisaillement non drainé est réalisé en introduisant dans un sol argileux non remanié un scissomètre constitué de 4 palettes en forme de croix, et en mesurant, à partir de la surface, le couple (force de rotation) nécessaire pour cisailier une surface cylindrique. L'essai est répété à différentes profondeurs et les valeurs de couple obtenues sont converties pour déterminer les résistances au cisaillement non drainé pour chacun des essais effectués. Les profils de résistance recueillis permettent de calculer la capacité portante admissible des dépôts d'argile. L'appareil utilisé pour effectuer les mesures est du type «Nilcon», d'origine scandinave.

E- Essai de perméabilité (LeFranc)

Cet essai consiste à déterminer le coefficient de perméabilité K du sol autour d'une poche perméable (la lanterne) de dimensions connues qui a été formée sous le sabot de battage. La méthode retenue est celle à niveau d'eau variable descendant. Les essais de type LeFranc sont réalisés dans des sols à granulométrie moyenne et à perméabilité moyenne.

F- Essai d'eau sous pression

L'essai d'eau sous pression dans le rocher à palier de pression unique a pour objectif de déterminer le débit d'eau que peut absorber une zone définie de la masse rocheuse pour un palier de pression unique. Cet essai est exécuté afin d'apprécier l'absorptivité du rocher à l'intérieur de zones définies d'un trou de forage effectué dans le cadre d'une reconnaissance géotechnique. L'essai consiste à injecter de l'eau dans une zone de la masse rocheuse définie par une cavité cylindrique de longueur et de diamètre connus et réalisée par forage. Les débits d'eau absorbés sont mesurés pour une pression unique et pour des durées d'injection définies.

G- Essai au pressiomètre Ménard

L'essai pressiométrique, développé par Ménard (1956), est un essai de chargement latéral effectué dans un forage par dilatation d'une sonde cylindrique. L'essai permet de déterminer des caractéristiques effort-déformation du sol, et en particulier le module pressiométrique E_M , et la pression limite p_l , qui mesurent la résistance du sol et peuvent être utilisés pour évaluer la capacité portante et le tassement des fondations.



RAPPORT DE FORAGE

FORAGE No: F-1-2017

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CLIENT: Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré PROJET: Étude géotechnique et caractérisation environnementale préliminaire LOCALISATION: Quai de Sainte-Anne-de-Beaupré, Sainte-Anne-de-Beaupré, Québec DÉCRIT PAR: Y.Bégin VÉRIFIÉ PAR: T.Bélanger, ing. | COORDONNÉES GÉODÉSIQUES (MTM, NAD-83) (m) X : 272440.7 Y : 5208862.8 Z : 5.12 | ▼ - NIVEAU D'EAU Date : Profondeur (m) : Plan de localisation : Figure 2 |
| Type de forage : Tubage Calibre du carottier : NW-NQ Type de marteau : Automatique Rapport d'énergie : N/A Date (début) : 2017-11-20 Date (fin) : 2017-11-21 | TYPE ÉCHANTILLON CF(E) - Cuillère fendue (Environnement) CR(E) - Carottier diamanté TA(E) - Tarière TEE - Tube Échantillonnage Environnement TM - Tube à paroi mince VR(E) - Vrac | ÉTAT ÉCHANTILLON <input checked="" type="checkbox"/> Remanié <input checked="" type="checkbox"/> Intact <input type="checkbox"/> Forage au diamant <input type="checkbox"/> Perdu |
| ESSAIS RÉALISÉS AC : analyse chimique AG: analyse granulométrique SD: analyse sédimentométrique W _L : limite liquide W _P : limite plastique w : teneur en eau C _u : cisaillement non drainé Dup: éch. duplicata prélevé | | |

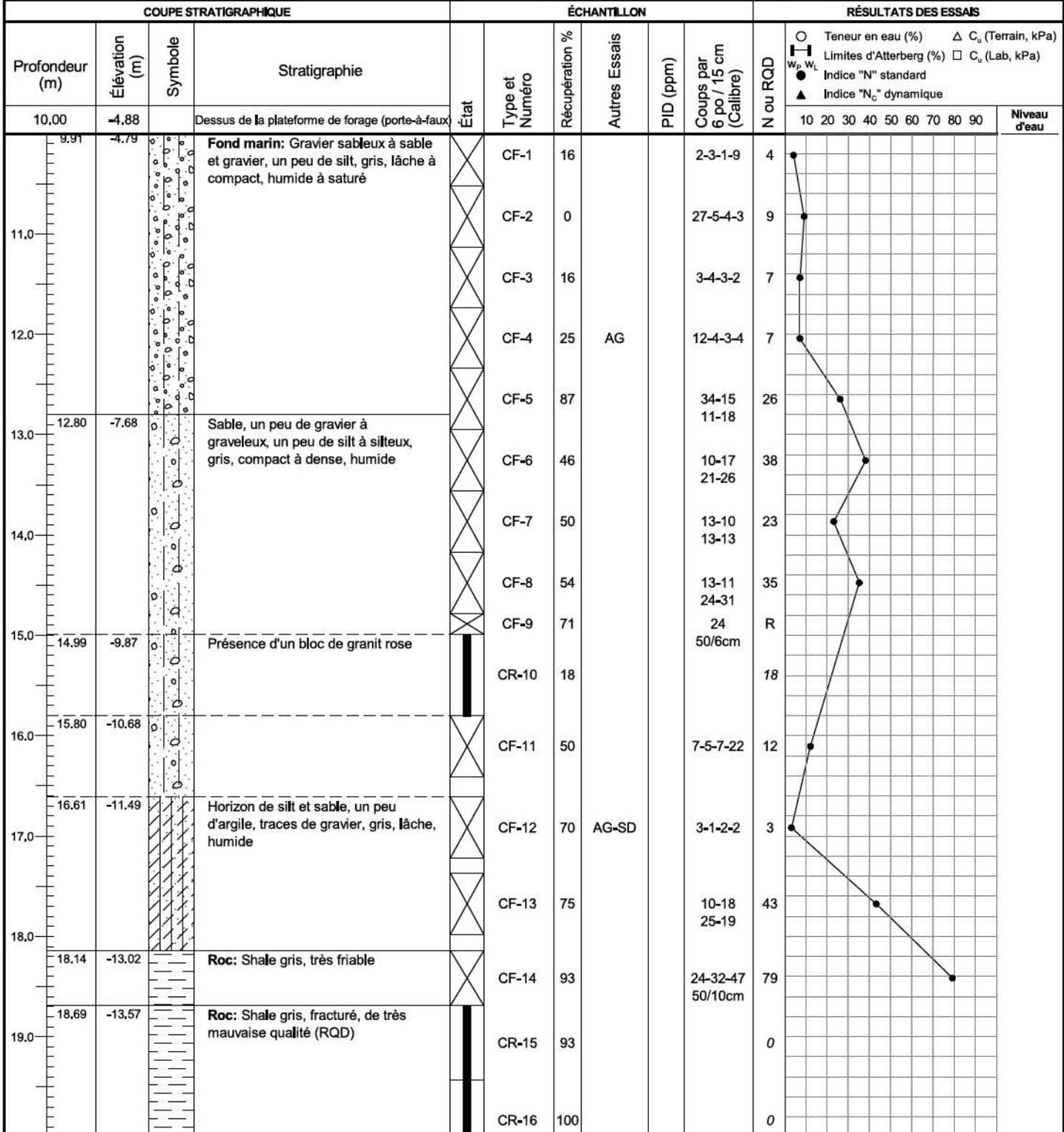
| COUPE STRATIGRAPHIQUE | | | | ÉCHANTILLON | | | | | RÉSULTATS DES ESSAIS | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------------|---------|-------------------------------------------------------|-------------|----------------|----------------|---------------|-----------|----------------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|--|
| Profondeur (m) | Élévation (m) | Symbole | Stratigraphie | État | Type et Numéro | Récupération % | Autres Essais | PID (ppm) | Coups par 6 po / 15 cm (Calibre) | N ou RQD | ○ Teneur en eau (%) Δ C _u (Terrain, kPa) □ Limites d'Atterberg (%) □ C _u (Lab, kPa) ● Indice "N" standard ▲ Indice "N _c " dynamique | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | Niveau d'eau | |
| 0.00 | 5.12 | | Dessus de la plateforme de forage (porte-à-faux) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.0 | | | Espace entre la plateforme de forage et le fond marin | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

FORAGE No: F-1-2017

| | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CLIENT: Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré | COORDONNÉES GÉODÉSIQUES (MTM, NAD-83) (m) X : 272440.7 Y : 5208862.8 Z : 5.12 | ▼ - NIVEAU D'EAU Date : Profondeur (m) : |
| PROJET: Étude géotechnique et caractérisation environnementale préliminaire | | Plan de localisation : Figure 2 |
| LOCALISATION: Quai de Sainte-Anne-de-Beaupré, Sainte-Anne-de-Beaupré, Québec | | |
| DÉCRIT PAR: Y.Bégin VÉRIFIÉ PAR: T.Bélanger, ing. | | |
| Type de forage : Tubage Calibre du carotier : NW-NQ Type de marteau : Automatique Rapport d'énergie : N/A Date (début) : 2017-11-20 Date (fin) : 2017-11-21 | TYPE ÉCHANTILLON CF(E) - Cuillère fendue (Environnement) CR(E) - Carottier diamanté TA(E) - Tarière TEE - Tube Échantillonnage Environnement TM - Tube à paroi mince VR(E) - Vrac | ÉTAT ÉCHANTILLON <input checked="" type="checkbox"/> Remanié <input checked="" type="checkbox"/> Intact <input type="checkbox"/> Forage au diamant <input type="checkbox"/> Perdu |
| | | ESSAIS RÉALISÉS AC : analyse chimique AG : analyse granulométrique SD : analyse sédimentométrique W _L : limite liquide W _p : limite plastique w : teneur en eau C _u : cisaillement non drainé Dup: éch. duplicata prélevé |



Voir la note explicative ci-jointe pour la liste complète des symboles et abréviations



RAPPORT DE FORAGE

FORAGE No: F-1-2017

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CLIENT: Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré | COORDONNÉES GÉODÉSIQUES (MTM, NAD-83) (m) X : 272440.7 Y : 5208862.8 Z : 5.12 | ▼ - NIVEAU D'EAU Date : Profondeur (m) : |
| PROJET: Étude géotechnique et caractérisation environnementale préliminaire | | |
| LOCALISATION: Quai de Sainte-Anne-de-Beaupré, Sainte-Anne-de-Beaupré, Québec | | Plan de localisation : Figure 2 |
| DÉCRIT PAR: Y.Bégin VÉRIFIÉ PAR: T.Bélanger, ing. | | |
| Type de forage : Tubage Calibre du carottier : NW-NQ Type de marteau : Automatique Rapport d'énergie : N/A Date (début) : 2017-11-20 Date (fin) : 2017-11-21 | TYPE ÉCHANTILLON CF(E) - Cuillère fendue (Environnement) CR(E) - Carottier diamanté TA(E) - Tarière TEE - Tube Échantillonnage Environnement TM - Tube à paroi mince VR(E) - Vrac | ÉTAT ÉCHANTILLON <input checked="" type="checkbox"/> Remanié <input checked="" type="checkbox"/> Intact <input type="checkbox"/> Forage au diamant <input type="checkbox"/> Perdu |
| | | ESSAIS RÉALISÉS AC : analyse chimique AG: analyse granulométrique SD: analyse sédimentométrique W _L : limite liquide W _P : limite plastique w : teneur en eau C _u : cisaillement non drainé Dup: éch. duplicata prélevé |

| COUPE STRATIGRAPHIQUE | | | | ÉCHANTILLON | | | | | RÉSULTATS DES ESSAIS | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------------|---------|-------------------------------------------------------------|-------------|----------------|----------------|---------------|-----------|----------------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--------------|
| Profondeur (m) | Élévation (m) | Symbole | Stratigraphie | État | Type et Numéro | Récupération % | Autres Essais | PID (ppm) | Coups par 6 po / 15 cm (Calibre) | N ou RQD | ○ Teneur en eau (%) Δ C _u (Terrain, kPa) □ Limites d'Atterberg (%) □ C _u (Lab, kPa) ● Indice "N" standard ▲ Indice "N _c " dynamique | | | | | | | | | | Niveau d'eau |
| 20.00 | -14.88 | | Dessus de la plateforme de forage (porte-à-faux) | | | | | | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | | |
| 20.00 | -14.88 | | Suite: Shale gris, fracturé, de très mauvaise qualité (RQD) | | CR-17 | 93 | | | | 0 | | | | | | | | | | | |
| 21.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22.0 | | | | | CR-18 | 58 | | | | 0 | | | | | | | | | | | |
| 22.28 | -17.16 | | Devenant de moyenne qualité (RQD) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23.0 | | | | | CR-19 | 100 | Co= 1.9MPa | | | 74 | | | | | | | | | | | |
| 23.88 | -18.76 | | Fin du forage à 23.88 mètres | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

FORAGE No: F-2-2017

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CLIENT: Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré | COORDONNÉES GÉODÉSIQUES (MTM, NAD-83) (m) X : 272453.2 Y : 5208870.5 Z : 5.41 | ▼ - NIVEAU D'EAU |
| PROJET: Étude géotechnique et caractérisation environnementale préliminaire | | Date : Profondeur (m) : |
| LOCALISATION: Quai de Sainte-Anne-de-Beaupré, Sainte-Anne-de-Beaupré, Québec | | Plan de localisation : Figure 2 |
| DÉCRIT PAR: Y.Bégin | VÉRIFIÉ PAR: T.Bélanger, ing. | |
| Type de forage : Tubage Calibre du carottier : NW-NQ Type de marteau : Automatique Rapport d'énergie : N/A Date (début) : 2017-11-22 Date (fin) : 2017-11-22 | TYPE ÉCHANTILLON CF(E) - Cuillère fendue (Environnement) CR(E) - Carottier diamanté TA(E) - Tarière TEE - Tube Échantillonnage Environnement TM - Tube à paroi mince VR(E) - Vrac | ÉTAT ÉCHANTILLON <input checked="" type="checkbox"/> Remanié <input checked="" type="checkbox"/> Intact <input type="checkbox"/> Forage au diamant <input type="checkbox"/> Perdu |
| | | ESSAIS RÉALISÉS AC : analyse chimique AG: analyse granulométrique SD: analyse sédimentométrique W _L : limite liquide W _P : limite plastique w : teneur en eau C _u : cisaillement non drainé Dup: éch. duplicata prélevé |

| COUPE STRATIGRAPHIQUE | | | | ÉCHANTILLON | | | | | RÉSULTATS DES ESSAIS | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------------|---------|-------------------------------------------------------|-------------|----------------|----------------|---------------|-----------|----------------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|--|
| Profondeur (m) | Élévation (m) | Symbole | Stratigraphie | État | Type et Numéro | Récupération % | Autres Essais | PID (ppm) | Coups par 6 po / 15 cm (Calibre) | N ou RQD | ○ Teneur en eau (%) Δ C _u (Terrain, kPa) □ Limites d'Atterberg (%) □ C _u (Lab, kPa) ● Indice "N" standard ▲ Indice "N _c " dynamique | | | | | | | | | | |
| 0.00 | 5.41 | | Dessus de la plateforme de forage (porte-à-faux) | | | | | | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | Niveau d'eau | |
| 1.0 | | | Espace entre la plateforme de forage et le fond marin | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

FORAGE No: F-2-2017

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CLIENT: Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré | COORDONNÉES GÉODÉSIQUES (MTM, NAD-83) (m) X : 272453.2 Y : 5208870.5 Z : 5.41 | ▼ - NIVEAU D'EAU Date : Profondeur (m) : |
| PROJET: Étude géotechnique et caractérisation environnementale préliminaire | | Plan de localisation : Figure 2 |
| LOCALISATION: Quai de Sainte-Anne-de-Beaupré, Sainte-Anne-de-Beaupré, Québec | | |
| DÉCRIT PAR: Y.Bégin VÉRIFIÉ PAR: T.Bélanger, ing. | | |
| Type de forage : Tubage Calibre du carottier : NW-NQ Type de marteau : Automatique Rapport d'énergie : N/A Date (début) : 2017-11-22 Date (fin) : 2017-11-22 | TYPE ÉCHANTILLON CF(E) - Cuillère fendue (Environnement) CR(E) - Carottier diamanté TA(E) - Tarière TEE - Tube Échantillonnage Environnement TM - Tube à paroi mince VR(E) - Vrac | ÉTAT ÉCHANTILLON <input checked="" type="checkbox"/> Remanié <input checked="" type="checkbox"/> Intact <input type="checkbox"/> Forage au diamant <input type="checkbox"/> Perdu |
| | | ESSAIS RÉALISÉS AC : analyse chimique AG: analyse granulométrique SD: analyse sédimentométrique W _L : limite liquide W _p : limite plastique w : teneur en eau C _u : cisaillement non drainé Dup: éch. duplicata prélevé |

| COUPE STRATIGRAPHIQUE | | | | ÉCHANTILLON | | | | | RÉSULTATS DES ESSAIS | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|----------------|---------------|-----------|----------------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|--|
| Profondeur (m) | Élévation (m) | Symbole | Stratigraphie | État | Type et Numéro | Récupération % | Autres Essais | PID (ppm) | Coups par 6 po / 15 cm (Calibre) | N ou RQD | ○ Teneur en eau (%) Δ C _u (Terrain, kPa) ◻ Limites d'Atterberg (%) ◻ C _u (Lab, kPa) ● Indice "N" standard ▲ Indice "N _c " dynamique | | | | | | | | | | |
| 10,00 | -4,60 | | Dessus de la plateforme de forage (porte-à-faux) | | | | | | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | Niveau d'eau | |
| 10,00 | -4,60 | | Suite: Espace entre la plateforme de forage et le fond marin | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10,21 | -4,81 | | Fond marin: Gravier sableux, un peu de silt, gris, lâche à compact, saturé | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11,0 | | | | | CF-1 | 8 | | | 3-1-1-2 | 2 | | | | | | | | | | | |
| 12,0 | | | | | CF-2 | 24 | | | 6-8-12-31 | 20 | | | | | | | | | | | |
| 12,50 | -7,10 | | Sable, un peu de gravier à graveleux, un peu de silt, gris, compact à dense, humide, présence de coquilles | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13,0 | | | | | CF-3 | 33 | | | 7-7-8-11 | 15 | | | | | | | | | | | |
| 14,0 | | | | | CF-4 | 41 | | | 43-14 19-11 | 33 | | | | | | | | | | | |
| 14,0 | | | | | CF-5 | 67 | AG | | 10-14 12-10 | 26 | | | | | | | | | | | |
| 15,0 | | | | | CF-6 | 13 | | | 10-7-9-8 | 16 | | | | | | | | | | | |
| 16,0 | | | | | CF-7 | 67 | | | 20-27 23-27 | 45 | | | | | | | | | | | |
| 17,0 | | | | | CF-8 | 59 | | | 20-17-9-7 | 26 | | | | | | | | | | | |
| 17,0 | | | | | CF-9 | 59 | AG | | 14-12-6-5 | 18 | | | | | | | | | | | |
| 18,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19,0 | | | | | CF-10 | 16 | | | 3-4-11-17 | 15 | | | | | | | | | | | |
| 19,00 | -13,60 | | Roc: Shale gris, très friable | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19,61 | -14,21 | | Roc: Shale gris, fracturé, de très mauvaise qualité (RQD) | | CR-11 | 97 | | | | 15 | | | | | | | | | | | |

Voir la note explicative ci-jointe pour la liste complète des symboles et abréviations



RAPPORT DE FORAGE

FORAGE No: F-2-2017

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CLIENT: Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré | COORDONNÉES GÉODÉSIQUES (MTM, NAD-83) (m) X : 272453.2 Y : 5208870.5 Z : 5.41 | ▼ - NIVEAU D'EAU Date : Profondeur (m) : |
| PROJET: Étude géotechnique et caractérisation environnementale préliminaire | | Plan de localisation : Figure 2 |
| LOCALISATION: Quai de Sainte-Anne-de-Beaupré, Sainte-Anne-de-Beaupré, Québec | | |
| DÉCRIT PAR: Y.Bégin VÉRIFIÉ PAR: T.Bélanger, ing. | | |
| Type de forage : Tubage Calibre du carottier : NW-NQ Type de marteau : Automatique Rapport d'énergie : N/A Date (début) : 2017-11-22 Date (fin) : 2017-11-22 | TYPE ÉCHANTILLON CF(E) - Cuillère fendue (Environnement) CR(E) - Carottier diamanté TA(E) - Tarière TEE - Tube Échantillonnage Environnement TM - Tube à paroi mince VR(E) - Vrac | ÉTAT ÉCHANTILLON <input checked="" type="checkbox"/> Remanié <input checked="" type="checkbox"/> Intact <input type="checkbox"/> Forage au diamant <input type="checkbox"/> Perdu |
| | | ESSAIS RÉALISÉS AC : analyse chimique AG: analyse granulométrique SD: analyse sédimentométrique W _L : limite liquide W _P : limite plastique w : teneur en eau C _u : cisaillement non drainé Dup: éch. duplicata prélevé |

| COUPE STRATIGRAPHIQUE | | | | ÉCHANTILLON | | | | | RÉSULTATS DES ESSAIS | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------------|---------|--------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|----------------|---------------|-----------|----------------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--------------|
| Profondeur (m) | Élévation (m) | Symbole | Stratigraphie | État | Type et Numéro | Récupération % | Autres Essais | PID (ppm) | Coups par 6 po / 15 cm (Calibre) | N ou RQD | ○ Teneur en eau (%) Δ C _u (Terrain, kPa) □ Limites d'Atterberg (%) □ C _u (Lab, kPa) ● Indice "N" standard ▲ Indice "N _c " dynamique | | | | | | | | | | Niveau d'eau |
| 20,00 | -14,60 | | Dessus de la plateforme de forage (porte-à-faux) | | | | | | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | | |
| 21.0 | | | Suite: Shale gris, fracturé, de très mauvaise qualité (RQD) | | CR-12 | 87 | | | | 8 | | | | | | | | | | | |
| 22.0 | | | | | CR-13 | 45 | | | | 0 | | | | | | | | | | | |
| 23.0 | | | | | CR-14 | 45 | | | | 0 | | | | | | | | | | | |
| 23.32 | -17,92 | | Devenant de moyenne qualité (RQD) | | CR-15 | 100 | | | | 14 | | | | | | | | | | | |
| 24.0 | | | | | CR-16 | 100 | | | | 74 | | | | | | | | | | | |
| 24.84 | -19,44 | | Fin du forage à 24,84 mètres | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

FORAGE No: F-3-2017

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CLIENT: Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré | COORDONNÉES GÉODÉSQUES (MTM, NAD-83) (m) X : 272228.6 Y : 5209196.6 Z : 5.56 | ▼ - NIVEAU D'EAU Date : 2017-11-27 Profondeur (m) : 2.24 |
| PROJET: Étude géotechnique et caractérisation environnementale préliminaire | | Plan de localisation : Figure 2 |
| LOCALISATION: Quai de Sainte-Anne-de-Beaupré, Sainte-Anne-de-Beaupré, Québec | | |
| DÉCRIT PAR: A.Paré, ing. jr | VÉRIFIÉ PAR: T.Bélanger, ing. | |
| Type de forage : Tubage Calibre du carottier : NW-NQ Type de marteau : Automatique Rapport d'énergie : N/A Date (début) : 2017-11-07 Date (fin) : 2017-11-07 | TYPE ÉCHANTILLON CF(E) - Cuillère fendue (Environnement) CR(E) - Carottier diamanté TA(E) - Tarière TEE - Tube Échantillonnage Environnement TM - Tube à paroi mince VR(E) - Vrac | ÉTAT ÉCHANTILLON <input checked="" type="checkbox"/> Remanié <input checked="" type="checkbox"/> Intact <input type="checkbox"/> Forage au diamant <input type="checkbox"/> Perdu |
| | | ESSAIS RÉALISÉS AC : analyse chimique AG: analyse granulométrique SD: analyse sédimentométrique W _L : limite liquide W _P : limite plastique w : teneur en eau C _u : cisaillement non drainé Dup: éch. duplicata prélevé |

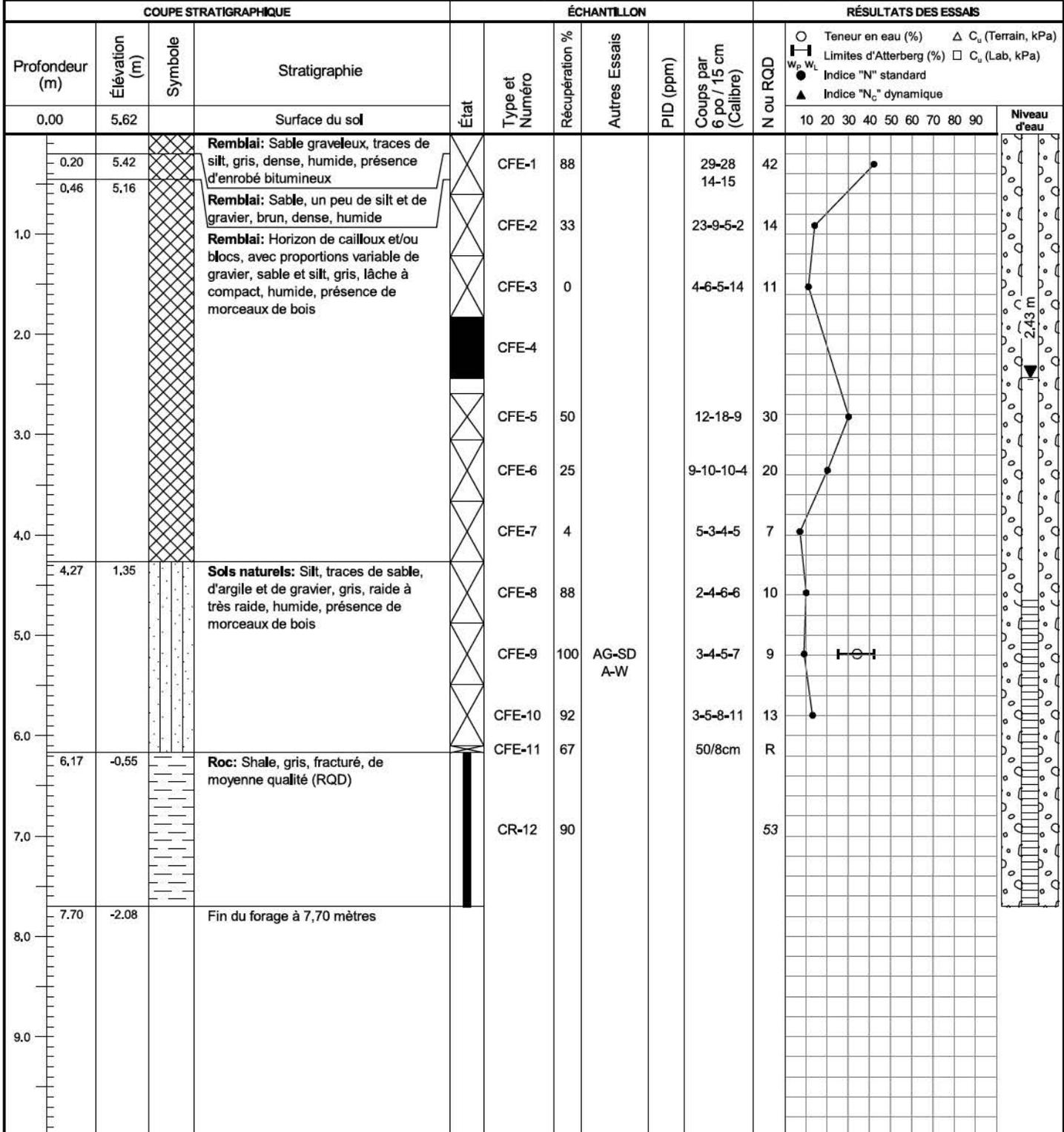
| COUPE STRATIGRAPHIQUE | | | | ÉCHANTILLON | | | | | RÉSULTATS DES ESSAIS | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|----------------|---------------|-----------|----------------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--------------|
| Profondeur (m) | Élévation (m) | Symbole | Stratigraphie | État | Type et Numéro | Récupération % | Autres Essais | PID (ppm) | Coups par 6 po / 15 cm (Calibre) | N ou RQD | ○ Teneur en eau (%) Δ C _u (Terrain, kPa) ● Limites d'Atterberg (%) □ C _u (Lab, kPa) ● Indice "N" standard ▲ Indice "N _c " dynamique | | | | | | | | | | Niveau d'eau |
| 0.00 | 5.56 | | Surface du sol | | | | | | | | 10 20 30 40 50 60 70 80 90 | | | | | | | | | | |
| 0.05 | 5.51 | | Enrobé bitumineux | | CFE-1 | 50 | | | 10-9-9-8 | 18 | | | | | | | | | | | |
| 0.53 | 5.03 | | Remblai: Gravier sableux, traces de silt, gris-brun, compact, humide | | CFE-2 | 33 | | | 7-8-8-6 | 16 | | | | | | | | | | | |
| 1.0 | | | Remblai: Silt sableux, un peu d'argile et de gravier, brun, lâche à compact, humide, présence de cailloux et/ou blocs | | CFE-3 | 63 | AG-SD | | 3-3-4-3 | 7 | | | | | | | | | | | |
| 2.0 | | | | | CFE-4 | 55 | | | 3 50/13cm | R | | | | | | | | | | | |
| 2.44 | 3.12 | | Sols naturels probables: Silt, traces à un peu de sable et d'argile, traces de gravier, gris, raide à très raide, humide, présence de morceaux de bois | | CFE-5 | 25 | | | 8-6-4-2 | 10 | | | | | | | | | | | |
| 3.0 | | | | | CFE-6 | 67 | | | 5-5-4-5 | 9 | | | | | | | | | | | |
| 4.0 | | | | | CFE-7 | 100 | | | 4-4-4-5 | 8 | | | | | | | | | | | |
| 5.0 | | | | | CFE-8 | 100 | | | 6-6-6-8 | 12 | | | | | | | | | | | |
| 6.0 | | | | | CFE-9 | 67 | | | 8-8-9-14 | 17 | | | | | | | | | | | |
| 7.0 | | | | | CFE-10 | 100 | | | 7 50/8cm | R | | | | | | | | | | | |
| 5.72 | -0.16 | | Roc: Shale, gris, fracturé, de mauvaise qualité (RQD) | | CR-11 | 100 | | | | 25 | | | | | | | | | | | |
| 7.24 | -1.68 | | Fin du forage à 7,24 mètres | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



RAPPORT DE FORAGE

FORAGE No: F-4-2017

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CLIENT: Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré | COORDONNÉES GÉODÉSIQUES (MTM, NAD-83) (m) X : 272269.2 Y : 5209136.6 Z : 5.62 | ▼ - NIVEAU D'EAU Date : 2017-11-27 Profondeur (m) : 2.43 |
| PROJET: Étude géotechnique et caractérisation environnementale préliminaire | | Plan de localisation : Figure 2 |
| LOCALISATION: Quai de Sainte-Anne-de-Beaupré, Sainte-Anne-de-Beaupré, Québec | | |
| DÉCRIT PAR: A.Paré, ing. jr | VÉRIFIÉ PAR: T.Bélanger, ing. | |
| Type de forage : Tubage Calibre du carottier : NW-NQ Type de marteau : Automatique Rapport d'énergie : N/A Date (début) : 2017-11-07 Date (fin) : 2017-11-07 | TYPE ÉCHANTILLON CF(E) - Cuillère fendue (Environnement) CR(E) - Carottier diamanté TA(E) - Tarière TEE - Tube Échantillonnage Environnement TM - Tube à paroi mince VR(E) - Vrac | ÉTAT ÉCHANTILLON <input checked="" type="checkbox"/> Remanié <input checked="" type="checkbox"/> Intact <input type="checkbox"/> Forage au diamant <input type="checkbox"/> Perdu |
| | | ESSAIS RÉALISÉS AC : analyse chimique AG: analyse granulométrique SD: analyse sédimentométrique W _L : limite liquide W _P : limite plastique w : teneur en eau C _u : cisaillement non drainé Dup: éch. duplicata prélevé |



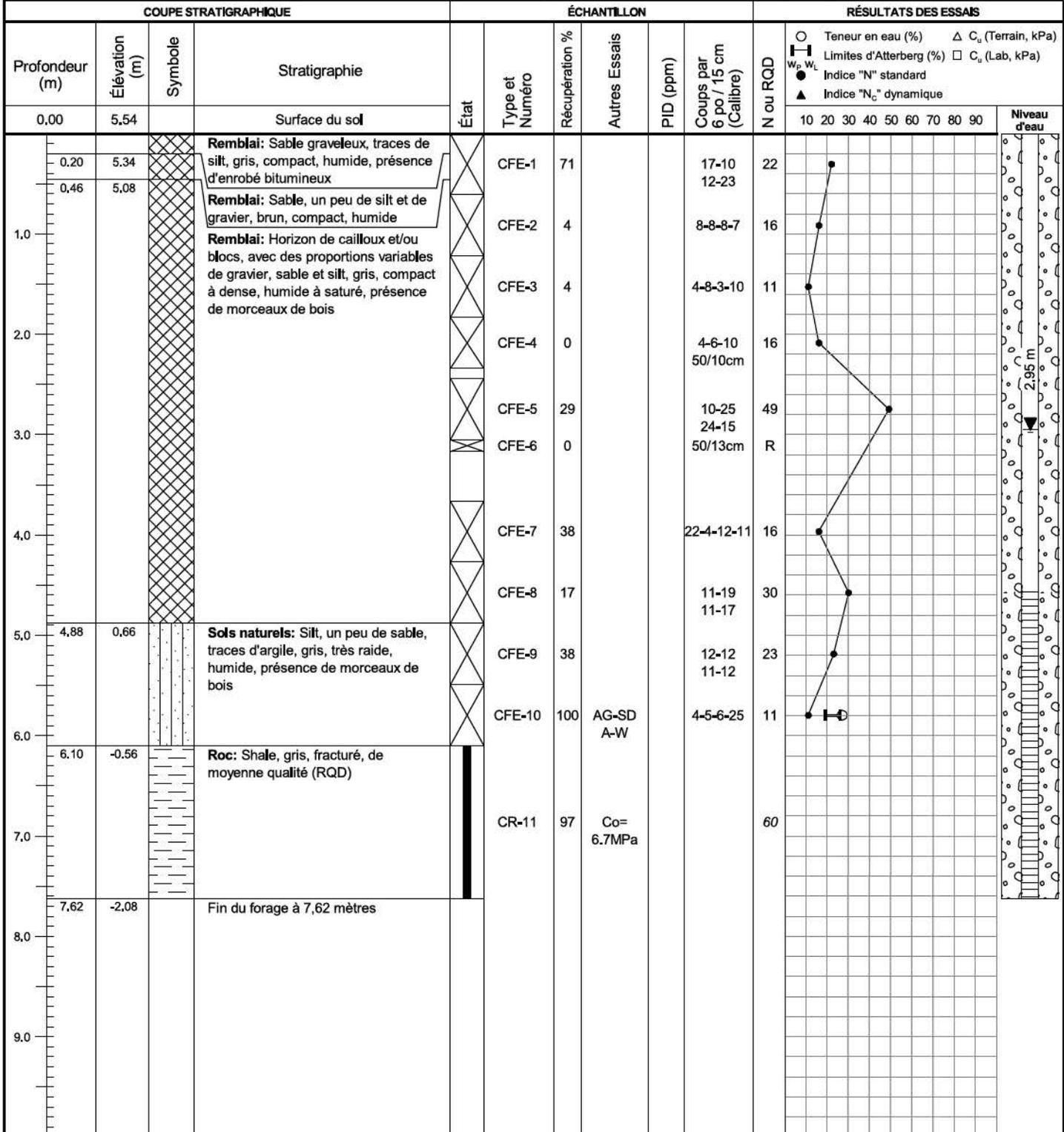
Voir la note explicative ci-jointe pour la liste complète des symboles et abréviations



RAPPORT DE FORAGE

FORAGE No: F-5-2017

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CLIENT: Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré | COORDONNÉES GÉODÉSQUES (MTM, NAD-83) (m) X : 272294.9 Y : 5209094.7 Z : 5.54 | ▼ - NIVEAU D'EAU Date : 2017-11-27 Profondeur (m) : 2.95 |
| PROJET: Étude géotechnique et caractérisation environnementale préliminaire | | Plan de localisation : Figure 2 |
| LOCALISATION: Quai de Sainte-Anne-de-Beaupré, Sainte-Anne-de-Beaupré, Québec | | |
| DÉCRIT PAR: A.Paré, ing. jr | VÉRIFIÉ PAR: T.Bélanger, ing. | |
| Type de forage : Tubage Calibre du carottier : NW-NQ Type de marteau : Automatique Rapport d'énergie : N/A Date (début) : 2017-11-07 Date (fin) : 2017-11-07 | TYPE ÉCHANTILLON CF(E) - Cuillère fendue (Environnement) CR(E) - Carottier diamanté TA(E) - Tarière TEE - Tube Échantillonnage Environnement TM - Tube à paroi mince VR(E) - Vrac | ÉTAT ÉCHANTILLON <input checked="" type="checkbox"/> Remanié <input checked="" type="checkbox"/> Intact <input type="checkbox"/> Forage au diamant <input type="checkbox"/> Perdu |
| | | ESSAIS RÉALISÉS AC : analyse chimique AG: analyse granulométrique SD: analyse sédimentométrique W _L : limite liquide W _P : limite plastique w : teneur en eau C _u : cisaillement non drainé Dup: éch. duplicata prélevé |



Voir la note explicative ci-jointe pour la liste complète des symboles et abréviations



RAPPORT DE FORAGE

FORAGE No: F-6-2017

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CLIENT: Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré | COORDONNÉES GÉODÉSQUES (MTM, NAD-83) (m) X : 272353.8 Y : 5209007.5 Z : 5.48 | ▼ - NIVEAU D'EAU Date : 2017-11-27 Profondeur (m) : 3.73 |
| PROJET: Étude géotechnique et caractérisation environnementale préliminaire | | Plan de localisation : Figure 2 |
| LOCALISATION: Quai de Sainte-Anne-de-Beaupré, Sainte-Anne-de-Beaupré, Québec | | |
| DÉCRIT PAR: N.Azzeddine, ing. jr VÉRIFIÉ PAR: T.Bélanger, ing. | | |
| Type de forage : Tubage Calibre du carottier : NW-NQ Type de marteau : Automatique Rapport d'énergie : N/A Date (début) : 2017-11-16 Date (fin) : 2017-11-16 | TYPE ÉCHANTILLON CF(E) - Cuillère fendue (Environnement) CR(E) - Carottier diamanté TA(E) - Tarière TEE - Tube Échantillonnage Environnement TM - Tube à paroi mince VR(E) - Vrac | ÉTAT ÉCHANTILLON <input checked="" type="checkbox"/> Remanié <input checked="" type="checkbox"/> Intact <input type="checkbox"/> Forage au diamant <input type="checkbox"/> Perdu |
| | | ESSAIS RÉALISÉS AC : analyse chimique AG: analyse granulométrique SD: analyse sédimentométrique W _L : limite liquide W _P : limite plastique w : teneur en eau C _u : cisaillement non drainé Dup: éch. duplicata prélevé |

| COUPE STRATIGRAPHIQUE | | | | ÉCHANTILLON | | | | | RÉSULTATS DES ESSAIS | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|----------------|---------------|-----------|----------------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Profondeur (m) | Élévation (m) | Symbole | Stratigraphie | État | Type et Numéro | Récupération % | Autres Essais | PID (ppm) | Coups par 6 po / 15 cm (Calibre) | N ou RQD | ○ Teneur en eau (%) Δ C _u (Terrain, kPa) □ Limites d'Atterberg (%) □ C _u (Lab, kPa) ● Indice "N" standard ▲ Indice "N _c " dynamique | | | | | | | | | |
| 0.00 | 5.48 | | Surface du sol | | | | | | | | 10 20 30 40 50 60 70 80 90 | Niveau d'eau | | | | | | | | |
| 0.03 | 5.45 | | Enrobé bitumineux | | CFE-1 | 67 | | | 40-26 13-6 | 39 | | | | | | | | | | |
| 0.66 | 4.82 | | Remblai: Sable graveleux, traces de silt, gris-brun, dense, sec à humide, présence d'enrobé bitumineux | | CFE-2 | 21 | | | 3-1-2-5 | 3 | | | | | | | | | | |
| | | | Remblai: Horizon de cailloux et/ou blocs, avec des proportions variables de gravier, sable et silt, brun-gris, lâche à dense, humide à saturé, présence de morceaux de bois | | CFE-3 | 100 | | | 50/5cm | R | | | | | | | | | | |
| | | | | | CFE-4 | 25 | | | 7-6-21-27 | 27 | | | | | | | | | | |
| | | | | | CFE-5 | 28 | | | 3-6-6 50/8cm | 12 | | | | | | | | | | |
| | | | | | CFE-6 | 50 | | | 19 50/5cm | R | | | | | | | | | | |
| | | | | | CFE-7 | 45 | | | 21-15-35 50/5cm | 50 | | | | | | | | | | |
| 4.27 | 1.21 | | Soils naturels: Silt sableux, traces d'argile et de gravier, gris, humide, raide à très raide, présence de morceaux de bois et de cailloux et/ou blocs | | CFE-8 | 71 | AG-SD A-W | | 10-12 17-25 | 29 | | | | | | | | | | |
| | | | | | CFE-9 | 8 | | | 13-8-8-8 | 16 | | | | | | | | | | |
| | | | | | CFE-10 | 29 | | | 5-3-3-2 | 6 | | | | | | | | | | |
| | | | | | CFE-11 | 36 | | | 3-16 50/5cm | R | | | | | | | | | | |
| 6.55 | -1.07 | | Roc: Shale gris, friable | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6.76 | -1.28 | | Roc: Shale gris, fracturé, de moyenne qualité (RQD) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | CR-12 | 100 | Co= 4.3MPa | | | 72 | | | | | | | | | | |
| 8.13 | -2.65 | | Fin du forage à 8,13 mètres | | | | | | | | | | | | | | | | | |

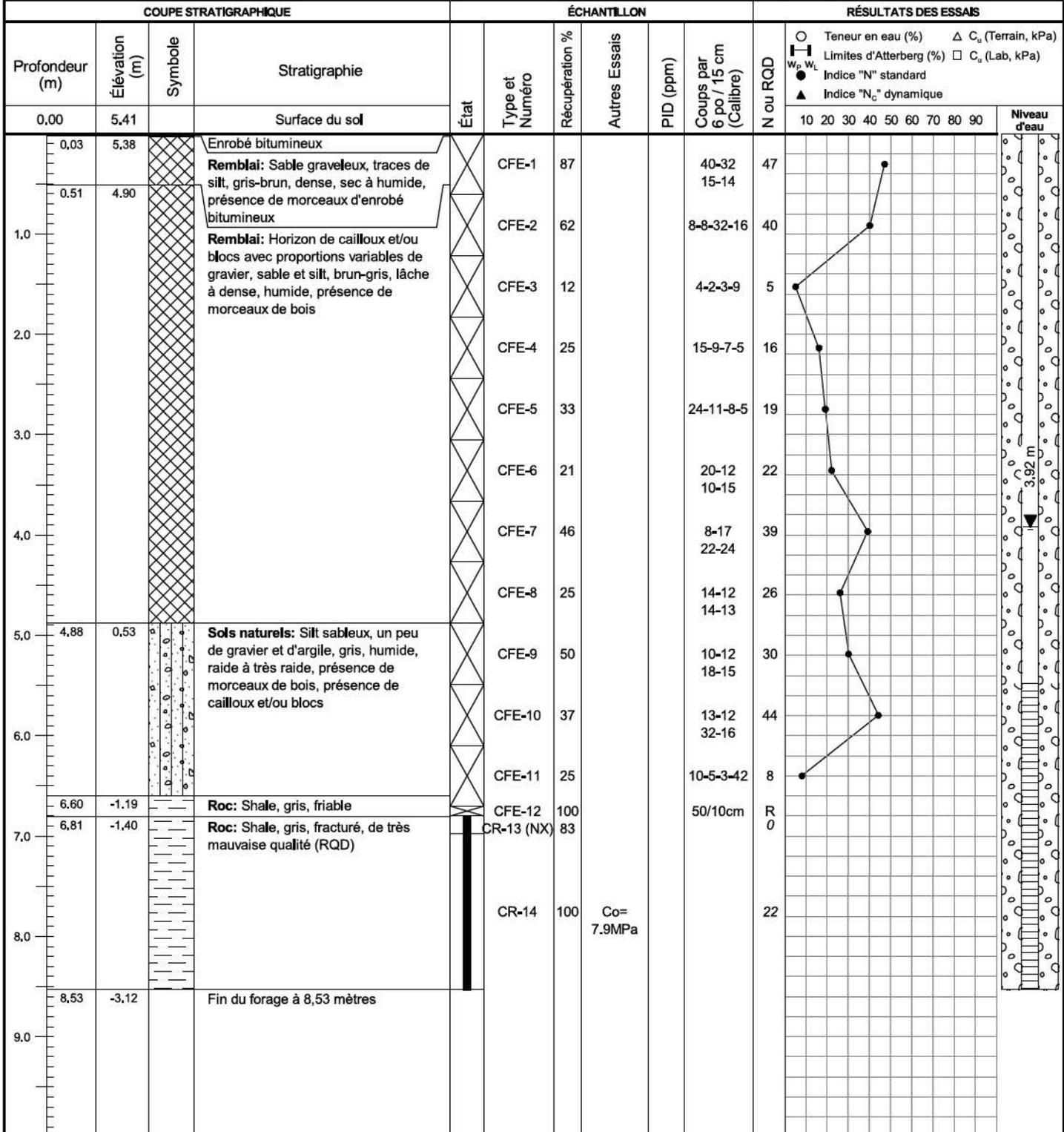
Voir la note explicative ci-jointe pour la liste complète des symboles et abréviations



RAPPORT DE FORAGE

FORAGE No: F-7-2017

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CLIENT: Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré PROJET: Étude géotechnique et caractérisation environnementale préliminaire LOCALISATION: Quai de Sainte-Anne-de-Beaupré, Sainte-Anne-de-Beaupré, Québec DÉCRIT PAR: N.Azzeddine, ing. jr VÉRIFIÉ PAR: T.Bélanger, ing. | COORDONNÉES GÉODÉSQUES (MTM, NAD-83) (m) X : 272377.2 Y : 5208970.4 Z : 5.41 | ▼ - NIVEAU D'EAU Date : 2017-11-27 Profondeur (m) : 3.92 Plan de localisation : Figure 2 |
| Type de forage : Tubage Calibre du carottier : NW-NQ Type de marteau : Automatique Rapport d'énergie : N/A Date (début) : 2017-11-14 Date (fin) : 2017-11-14 | TYPE ÉCHANTILLON CF(E) - Cuillère fendue (Environnement) CR(E) - Carottier diamanté TA(E) - Tarière TEE - Tube Échantillonnage Environnement TM - Tube à paroi mince VR(E) - Vrac | ÉTAT ÉCHANTILLON <input checked="" type="checkbox"/> Remanié <input checked="" type="checkbox"/> Intact <input type="checkbox"/> Forage au diamant <input type="checkbox"/> Perdu |
| ESSAIS RÉALISÉS AC : analyse chimique AG : analyse granulométrique SD : analyse sédimentométrique W _L : limite liquide W _p : limite plastique w : teneur en eau C _u : cisaillement non drainé Dup : éch. duplicata prélevé | | |



Voir la note explicative ci-jointe pour la liste complète des symboles et abréviations



RAPPORT DE FORAGE

FORAGE No: F-8-2017

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CLIENT: Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré PROJET: Étude géotechnique et caractérisation environnementale préliminaire LOCALISATION: Quai de Sainte-Anne-de-Beaupré, Sainte-Anne-de-Beaupré, Québec DÉCRIT PAR: N.Azzeddine, ing. jr VÉRIFIÉ PAR: T.Bélanger, ing. | COORDONNÉES GÉODÉSIQUES (MTM, NAD-83) (m) X : 272414.2 Y : 5208919.6 Z : 5.18 | ▼ - NIVEAU D'EAU Date : 2017-11-27 Profondeur (m) : 4,51 Plan de localisation : Figure 2 |
| Type de forage : Tubage Calibre du carottier : NW-NQ Type de marteau : Automatique Rapport d'énergie : N/A Date (début) : 2017-11-14 Date (fin) : 2017-11-14 | TYPE ÉCHANTILLON CF(E) - Cuillère fendue (Environnement) CR(E) - Carottier diamanté TA(E) - Tarière TEE - Tube Échantillonnage Environnement TM - Tube à paroi mince VR(E) - Vrac | ÉTAT ÉCHANTILLON <input checked="" type="checkbox"/> Remanié <input checked="" type="checkbox"/> Intact <input type="checkbox"/> Forage au diamant <input type="checkbox"/> Perdu |
| ESSAIS RÉALISÉS AC : analyse chimique AG: analyse granulométrique SD: analyse sédimentométrique W _L : limite liquide W _p : limite plastique w : teneur en eau C _u : cisaillement non drainé Dup: éch. duplicata prélevé | | |

| COUPE STRATIGRAPHIQUE | | | | ÉCHANTILLON | | | | | RÉSULTATS DES ESSAIS | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------------|---------|------------------------------|-------------|----------------|----------------|---------------|-----------|----------------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|--|
| Profondeur (m) | Élévation (m) | Symbole | Stratigraphie | État | Type et Numéro | Récupération % | Autres Essais | PID (ppm) | Coups par 6 po / 15 cm (Calibre) | N ou RQD | ○ Teneur en eau (%) Δ C _u (Terrain, kPa) ◻ Limites d'Atterberg (%) ◻ C _u (Lab, kPa) ● Indice "N" standard ▲ Indice "N _c " dynamique | | | | | | | | | | |
| 10,00 | -4,82 | | Surface du sol | | | | | | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | Niveau d'eau | |
| 10,34 | -5,16 | | Fin du forage à 10,34 mètres | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Annexe B
Rapport photographique des échantillons de roc
(sec et mouillé)



Rapport photographique des échantillons de roc

Client: CDQSDB

Type de sondage: Géotechnique

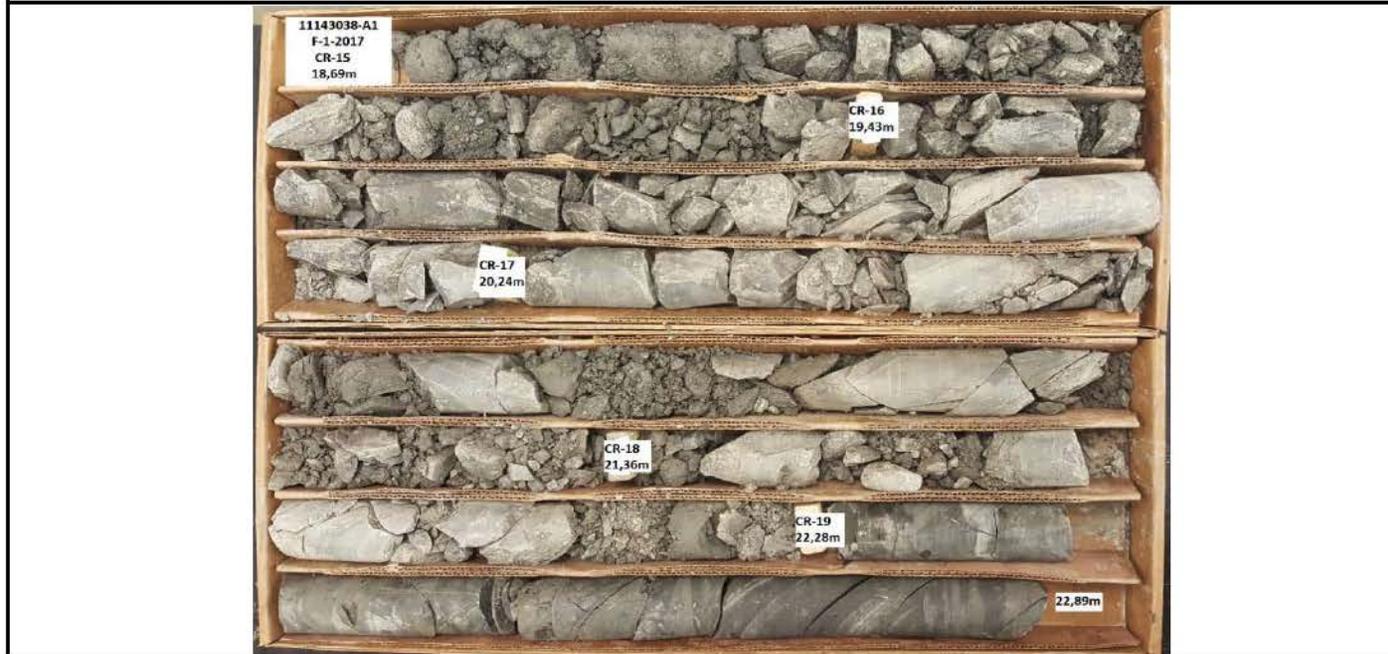
Projet No.: 11143038-A1

Date du sondage: 20 au 21 novembre 2017

Sondage No.: F-1-2017

Profondeur(m): 18,69 à 22,89 mètres

Photo du roc sec



Effectué par: Nabil Azzeddine, ing. jr

Date: 29 novembre 2017

Feuille 1 de 2



Rapport photographique des échantillons de roc

Client: CDQSDB Type de sondage: Géotechnique
Projet No.: 11143038-A1 Date du sondage: 20 au 21 novembre 2017
Sondage No.: F-1-2017 Profondeur(m): 22,89 à 23,88 mètres

Photo du roc sec



Effectué par: Nabil Azzeddine, ing. jr

Date: 29 novembre 2017 | Feuille 2 de 2



Rapport photographique des échantillons de roc

Client: CDQSDB

Type de sondage: Géotechnique

Projet No.: 11143038-A1

Date du sondage: 20 au 21 novembre 2017

Sondage No.: F-1-2017

Profondeur(m): 18,69 à 22,89 mètres

Photo du roc mouillé



Effectué par: Nabil Azzeddine, ing. jr

Date: 29 novembre 2017

Feuille 1 de 2



Rapport photographique des échantillons de roc

Client: CDQSDB Type de sondage: Géotechnique
Projet No.: 11143038-A1 Date du sondage: 20 au 21 novembre 2017
Sondage No.: F-1-2017 Profondeur(m): 22,89 à 23,88 mètres

Photo du roc mouillé



Effectué par: Nabil Azzeddine, ing. jr

Date: 29 novembre 2017 | Feuille 2 de 2



Rapport photographique des échantillons de roc

Client: CDQSDB Type de sondage: Géotechnique
Projet No.: 11143038-A1 Date du sondage: 22 novembre 2017
Sondage No.: F-2-2017 Profondeur(m): 19,61 à 24,84 mètres

Photo du roc sec



Effectué par: Nabil Azzeddine, ing. jr

Date: 29 novembre 2017

Feuille 1 de 2



Rapport photographique des échantillons de roc

Client: CDQSDB

Type de sondage: Géotechnique

Projet No.: 11143038-A1

Date du sondage: 22 novembre 2017

Sondage No.: F-2-2017

Profondeur(m): 19,61 à 24,84 mètres

Photo du roc mouillé



Effectué par: Nabil Azzeddine, ing. jr

Date: 29 novembre 2017

Feuille 2 de 2



Rapport photographique des échantillons de roc

Client: CDQSDB

Type de sondage: Géotechnique

Projet No.: 11143038-A1

Date du sondage: 7 novembre 2017

Sondage No.: F-3-2017

Profondeur(m): 5,72 à 7,24

Photo du roc sec



Effectué par: Nabil Azzeddine, ing. jr

Date: 22 novembre 2017

Feuille 1 de 2



Rapport photographique des échantillons de roc

Client: CDQSDB

Type de sondage: Géotechnique

Projet No.: 11143038-A1

Date du sondage: 7 novembre 2017

Sondage No.: F-3-2017

Profondeur(m): 5,72 à 7,24

Photo du roc mouillé



Effectué par: Nabil Azzeddine, ing. jr

Date: 22 novembre 2017

Feuille 2 de 2



Rapport photographique des échantillons de roc

Client: CDQSDB Type de sondage: Géotechnique
Projet No.: 11143038-A1 Date du sondage: 7 novembre 2017
Sondage No.: F-4-2017 Profondeur(m): 6,17 à 7,70 mètres

Photo du roc sec



Effectué par: Nabil Azzeddine, ing. jr

Date: 22 novembre 2017 | Feuille 1 de 2



Rapport photographique des échantillons de roc

Client: CDQSDB

Type de sondage: Géotechnique

Projet No.: 11143038-A1

Date du sondage: 7 novembre 2017

Sondage No.: F-4-2017

Profondeur(m): 6,17 à 7,70 mètres

Photo du roc mouillé



Effectué par: Nabil Azzeddine, ing. jr

Date: 22 novembre 2017

Feuille 2 de 2



Rapport photographique des échantillons de roc

Client: CDQSDB

Type de sondage: Géotechnique

Projet No.: 11143038-A1

Date du sondage: 7 novembre 2017

Sondage No.: F-5-2017

Profondeur(m): 6,10 à 7,62 mètres

Photo du roc sec



Effectué par: Nabil Azzeddine, ing. jr

Date: 22 novembre 2017

Feuille 1 de 2



Rapport photographique des échantillons de roc

Client: CDQSDB

Type de sondage: Géotechnique

Projet No.: 11143038-A1

Date du sondage: 7 novembre 2017

Sondage No.: F-5-2017

Profondeur(m): 6,10 à 7,62 mètres

Photo du roc mouillé



Effectué par: Nabil Azzeddine, ing. jr

Date: 22 novembre 2017

Feuille 2 de 2



Rapport photographique des échantillons de roc

Client: CDQSDB Type de sondage: Géotechnique
Projet No.: 11143038-A1 Date du sondage: 16 novembre 2017
Sondage No.: F-6-2017 Profondeur(m): 6,76 à 8,13 mètres

Photo du roc sec



Effectué par: Nabil Azzeddine, ing. jr

Date: 22 novembre 2017 | Feuille 1 de 2



Rapport photographique des échantillons de roc

Client: CDQSDB Type de sondage: Géotechnique
Projet No.: 11143038-A1 Date du sondage: 16 novembre 2017
Sondage No.: F-6-2017 Profondeur(m): 6,76 à 8,13 mètres

Photo du roc moulé



Effectué par: Nabil Azzeddine, ing. jr

Date: 22 novembre 2017 | Feuille 2 de 2



Rapport photographique des échantillons de roc

Client: CDQSDB Type de sondage: Géotechnique
Projet No.: 11143038-A1 Date du sondage: 14 novembre 2017
Sondage No.: F-7-2017 Profondeur(m): 6,81 à 8,53 mètres

Photo du roc sec



Effectué par: Nabil Azzeddine, ing. jr

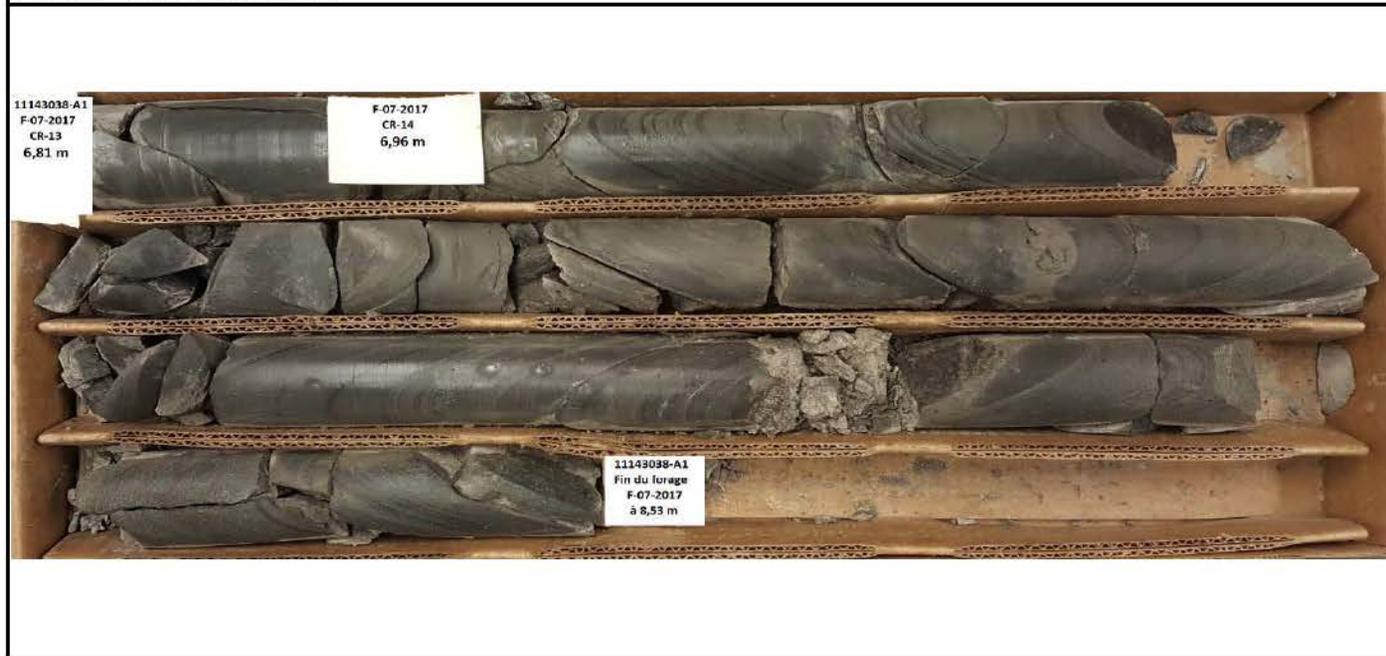
Date: 22 novembre 2017 | Feuille 1 de 2



Rapport photographique des échantillons de roc

Client: CDQSDB Type de sondage: Géotechnique
Projet No.: 11143038-A1 Date du sondage: 14 novembre 2017
Sondage No.: F-7-2017 Profondeur(m): 6,81 à 8,53 mètres

Photo du roc mouillé



Effectué par: Nabil Azzeddine, ing. jr

Date: 22 novembre 2017 | Feuille 2 de 2



Rapport photographique des échantillons de roc

Client: CDQSDB

Type de sondage: Géotechnique

Projet No.: 11143038-A1

Date du sondage: 14 novembre 2017

Sondage No.: F-8-2017

Profondeur(m): 9,35 à 10,34 mètres

Photo du roc sec



Effectué par: Nabil Azzeddine, ing. jr

Date: 22 novembre 2017

Feuille 1 de 2



Rapport photographique des échantillons de roc

Client: CDQSDB Type de sondage: Géotechnique
Projet No.: 11143038-A1 Date du sondage: 14 novembre 2017
Sondage No.: F-8-2017 Profondeur(m): 9,50 à 10,34 mètres

Photo du roc mouillé



Effectué par: Nabil Azzeddine, ing. jr

Date: 22 novembre 2017 | Feuille 2 de 2

Annexe C

Résultats des essais de laboratoire



RAPPORT D'ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

NUMÉRO DE PROJET : 11143038-A1

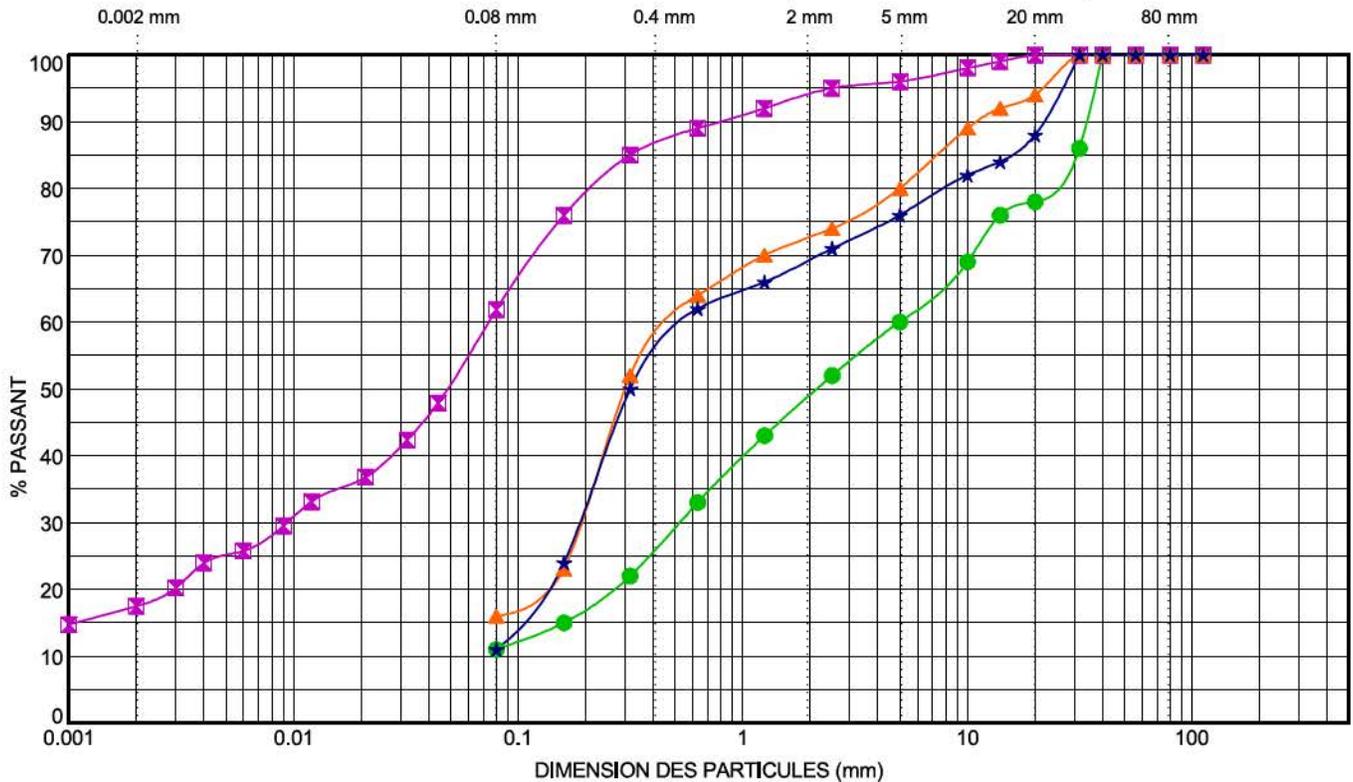
CLIENT : Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré

LOCALISATION : Quai de Sainte-Anne-de-Beaupré, Sainte-Anne-de-Beaupré, Québec

NOM DU PROJET : Étude géotechnique et caractérisation environnementale préliminaire

DATE : 11/25/2017

CLASSIFICATION UNIFIÉE DES SOLS (SELON NORME LC 21-040)



| ARGILE | SILT | SABLE | | | GRAVIER | | CAILLOUX ET BLOCS |
|--------|------|-------|-------|----------|---------|----------|-------------------|
| | | fin | moyen | grossier | fin | grossier | |

| | Sondage no | Échantillon no | Profondeur (m) | Description | w (%) | W _L (%) | I _p (%) | Classification (1) |
|---|------------|----------------|----------------|---------------------------------------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|
| ● | F-1-2017 | CF-4 | 11.74 | Sable et gravier, un peu de silt | | | | SP - SM |
| ⊠ | F-1-2017 | CF-12 | 16.61 | Silt et sable, un peu d'argile, traces de gravier | | | | ML |
| ▲ | F-2-2017 | CF-5 | 13.56 | Sable graveleux, un peu de silt | | | | SM |
| ★ | F-2-2017 | CF-9 | 16.61 | Sable graveleux, un peu de silt | | | | SP - SM |

(1)

| | Sondage no | Échantillon no | % Gravier | % Sable | % Silt et % Argile | c _u | c _c | D85 | D60 | D50 | D30 | D15 |
|---|------------|----------------|-----------|---------|--------------------|----------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| ● | F-1-2017 | CF-4 | 40 | 49 | 11 | | | | | | | |
| ⊠ | F-1-2017 | CF-12 | 4 | 35 | 44 | | | | | | | |
| ▲ | F-2-2017 | CF-5 | 20 | 64 | 16 | | | | | | | |
| ★ | F-2-2017 | CF-9 | 24 | 65 | 11 | | | | | | | |

Préparé par : E.Lathe

Vérifié par : M.Turcotte-Robitaille, ing. jr



RAPPORT D'ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

NUMÉRO DE PROJET : 11143038-A1

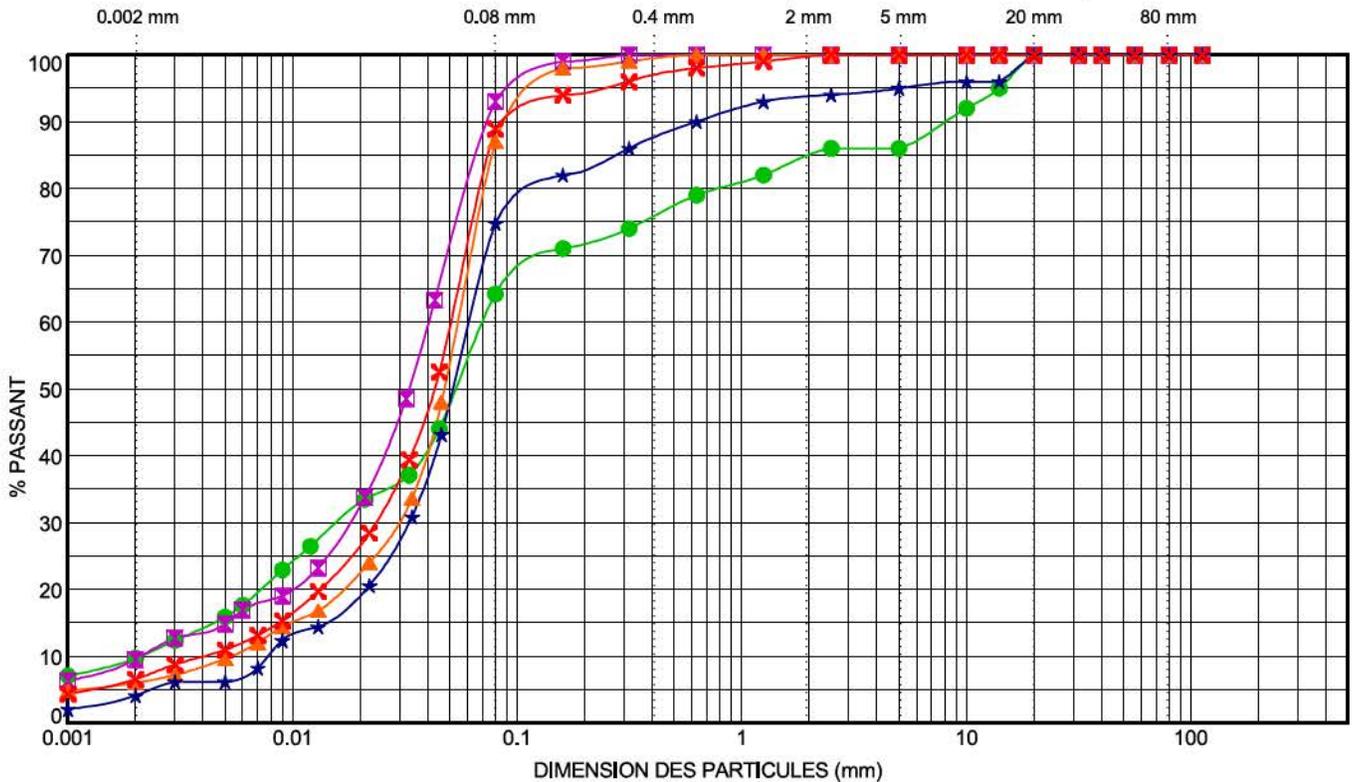
CLIENT : Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Baupré

LOCALISATION : Quai de Sainte-Anne-de-Baupré, Sainte-Anne-de-Baupré, Québec

NOM DU PROJET : Étude géotechnique et caractérisation environnementale préliminaire

DATE : 11/18/2017

CLASSIFICATION UNIFIÉE DES SOLS (SELON NORME LC 21-040)



| | | | | | | | |
|--------|------|-------|-------|----------|---------|----------|-------------------|
| ARGILE | SILT | SABLE | | | GRAVIER | | CAILLOUX ET BLOCS |
| | | fin | moyen | grossier | fin | grossier | |

| | Sondage no | Échantillon no | Profondeur (m) | Description | w (%) | W _L (%) | I _p (%) | Classification (1) |
|---|------------|----------------|----------------|---------------------------------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|
| ● | F-3-2017 | CFE-3 | 1.22 | Silt sableux, un peu d'argile et de gravier | | | | ML |
| ⊠ | F-4-2017 | CFE-9 | 4.88 | Silt, traces d'argile et de sable | 34 | 42 | 17 | CL |
| ▲ | F-5-2017 | CFE-10 | 5.49 | Silt, un peu de sable, traces d'argile | 27 | 26 | 7 | CL - ML |
| ★ | F-6-2017 | CFE-8 | 4.27 | Silt sableux, traces de gravier et d'argile | 43 | 51 | 20 | MH |
| ✕ | F-8-2017 | CFE-12 | 6.70 | Silt, un peu de sable, traces d'argile | 41 | 38 | 12 | ML |

(1)

| | Sondage no | Échantillon no | % Gravier | % Sable | % Silt et % Argile | c _u | c _c | D85 | D60 | D50 | D30 | D15 |
|---|------------|----------------|-----------|---------|--------------------|----------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| ● | F-3-2017 | CFE-3 | 14 | 22 | 54 10 | | | | | | | |
| ⊠ | F-4-2017 | CFE-9 | 0 | 7 | 83 10 | | | | | | | |
| ▲ | F-5-2017 | CFE-10 | 0 | 13 | 71 6 | | | | | | | |
| ★ | F-6-2017 | CFE-8 | 5 | 20 | 71 4 | | | | | | | |
| ✕ | F-8-2017 | CFE-12 | 0 | 11 | 82 7 | | | | | | | |

Préparé par : E.Lathe

Vérifié par : M.Turcotte-Robitaille, ing. jr

Annexe D
Certificat d'analyses chimiques
environnementales réalisées par Maxxam
Analytique inc.

Attention: Yannick Tremblay

GHD Consultants Ltée
2181 4e Rue
St Romuald, QC
G6W 5M6

Votre # de commande: 76208742
Votre # du projet: 11143038-A1
Adresse du site: RUE DU SANCTUAIRE, STE-ANNE-BEAUPRÉ,
QC
Votre # Bordereau: E-932208

Date du rapport: 2017/11/27

Rapport: R2339128

Version: 1 - Finale

CERTIFICAT D'ANALYSES

DE DOSSIER MAXXAM: B769005

Reçu: 2017/11/17, 15:30

Matrice: SOL
Nombre d'échantillons reçus: 8

| Analyses | Quantité | Date de l' | Date | Méthode de laboratoire | Référence Primaire |
|------------------------------------------|----------|------------|------------|------------------------|----------------------|
| | | extraction | Analysé | | |
| Hydrocarbures pétroliers (C10-C50)* | 4 | 2017/11/21 | 2017/11/23 | QUE SOP-00210 | MA400-HYD 1.1 R3 m |
| Hydrocarbures pétroliers (C10-C50)* | 4 | 2017/11/21 | 2017/11/24 | QUE SOP-00210 | MA400-HYD 1.1 R3 m |
| Métaux extractibles totaux par ICP* | 8 | 2017/11/21 | 2017/11/21 | QUE SOP-00132 | MA.200-Mét. 1.2 R5 m |
| Hydrocarbures aromatiques polycycliques* | 8 | 2017/11/21 | 2017/11/23 | QUE SOP-00208 | MA.400-HAP 1.1 R5 m |

Remarques:

Les laboratoires Maxxam sont accrédités ISO/IEC 17025:2005. Sauf indication contraire, les méthodes d'analyses utilisées par Maxxam s'inspirent des méthodes de référence d'organismes provinciaux, fédéraux et américains, tel que le CCME, le MDDELCC, l'EPA et l'APHA.

Toutes les analyses présentées ont été réalisées conformément aux procédures et aux pratiques relatives à la méthodologie, à l'assurance qualité et au contrôle de la qualité généralement appliquées par les employés de Maxxam (sauf s'il en a été convenu autrement par écrit entre le client et Maxxam). Toutes les données de laboratoire rencontrent les contrôles statistiques et respectent tous les critères du CQ et les critères de performance des méthodes, sauf s'il en a été signalé autrement. Tous les blancs de méthode sont rapportés, toutefois, les données des échantillons correspondants ne sont pas corrigées pour la valeur du blanc, sauf indication contraire.

Les responsabilités de Maxxam sont restreintes au coût réel de l'analyse, sauf s'il en a été convenu autrement par écrit. Il n'existe aucune autre garantie, explicite ou implicite. Le client a fait appel à Maxxam pour l'analyse de ses échantillons conformément aux méthodes de référence mentionnées dans ce rapport. L'interprétation et l'utilisation des résultats sont sous l'entière responsabilité du client et ne font pas partie des services offerts par Maxxam, sauf si convenu autrement par écrit.

Les résultats des échantillons solides, sauf les biotes, sont rapportés en fonction de la masse sèche, sauf indication contraire. Les analyses organiques ne sont pas corrigées en fonction de la récupération, sauf pour les méthodes de dilution isotopique.

Les résultats s'appliquent seulement aux échantillons analysés.

Le présent rapport ne doit pas être reproduit, sinon dans son intégralité, sans le consentement écrit du laboratoire.

Lorsque la méthode de référence comprend un suffixe « m », cela signifie que la méthode d'analyse du laboratoire contient des modifications validées et appliquées afin d'améliorer la performance de la méthode de référence.

Notez: Les données brutes sont utilisées pour le calcul du RPD (% d'écart relatif). L'arrondissement des résultats finaux peut expliquer la variation apparente.

* Maxxam détient l'accréditation pour cette analyse selon le programme du MDDELCC.

Attention:Yannick Tremblay

GHD Consultants Ltée
2181 4e Rue
St Romuald, QC
G6W 5M6

Votre # de commande: 76208742
Votre # du projet: 11143038-A1
Adresse du site: RUE DU SANCTUAIRE, STE-ANNE-BEAUPRÉ,
QC
Votre # Bordereau: E-932208

Date du rapport: 2017/11/27
Rapport: R2339128
Version: 1 - Finale

CERTIFICAT D'ANALYSES

DE DOSSIER MAXXAM: B769005

Reçu: 2017/11/17, 15:30

clé de cryptage

Veillez adresser toute question concernant ce certificat d'analyse à votre chargé(e) de projets
Alain Lemieux, Chargé de projets
Courriel: ALemieux@maxxam.ca
Téléphone (418)658-5784 Ext:6451

=====

Maxxam a mis en place des procédures qui protègent contre l'utilisation non autorisée de la signature électronique et emploie les «signataires» requis, conformément à la section 5.10.2 de la norme ISO/CEI 17025:2005(E). Veuillez vous référer à la page des signatures de validation pour obtenir les détails des validations pour chaque division.

Dossier Maxxam: B769005
Date du rapport: 2017/11/27

GHD Consultants Ltée
Votre # du projet: 11143038-A1
Adresse du site: RUE DU SANCTUAIRE, STE-ANNE-BEAUPRÉ,
QC
Votre # de commande: 76208742
Initiales du préleveur: AP, NA

HAP PAR GCMS (SOL)

| ID Maxxam | | | | | | EW0616 | | | | | | EW0641 | | | | | |
|-------------------------------------|--------|-----|----|-----|--|------------------------|-----|-------------------------|----|------|---------|---------------------|--|--|--|--|--|
| Date d'échantillonnage | | | | | | 2017/11/07 09:00 | | | | | | 2017/11/07 13:00 | | | | | |
| # Bordereau | | | | | | E-932208 | | | | | | E-932208 | | | | | |
| | Unités | A | B | C | | 11143038-A1-F-03-CFE-3 | CR | 11143038-A1-F-04-CFE-1A | CR | LDR | Lot CQ | | | | | | |
| % HUMIDITÉ | % | - | - | - | | 15 | | 4.2 | | N/A | N/A | | | | | | |
| HAP | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acénaphène | mg/kg | 0.1 | 10 | 100 | | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | | | |
| Acénaphylène | mg/kg | 0.1 | 10 | 100 | | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | | | |
| Anthracène | mg/kg | 0.1 | 10 | 100 | | 0.13 | A-B | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | | | |
| Benzo(a)anthracène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | | 0.23 | A-B | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | | | |
| Benzo(a)pyrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | | 0.23 | A-B | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | | | |
| Benzo(b)fluoranthène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | | 0.17 | A-B | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | | | |
| Benzo(j)fluoranthène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | | 0.12 | A-B | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | | | |
| Benzo(k)fluoranthène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | | 0.12 | A-B | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | | | |
| Benzo(b+j+k)fluoranthène | mg/kg | - | - | - | | 0.41 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | | | |
| Benzo(c)phénanthrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | | | |
| Benzo(ghi)peryène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | | 0.12 | A-B | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | | | |
| Chrysène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | | 0.29 | A-B | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | | | |
| Dibenzo(a,h)anthracène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | | | |
| Dibenzo(a,i)pyrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | | | |
| Dibenzo(a,h)pyrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | | | |
| Dibenzo(a,l)pyrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | | | |
| 7,12-Diméthylbenzanthracène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | | | |
| Fluoranthène | mg/kg | 0.1 | 10 | 100 | | 0.58 | A-B | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | | | |
| Fluorène | mg/kg | 0.1 | 10 | 100 | | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | | | |
| Indéno(1,2,3-cd)pyrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | | 0.11 | A-B | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | | | |
| 3-Méthylcholanthrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | | | |
| Naphtalène | mg/kg | 0.1 | 5 | 50 | | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | | | |
| Phénanthrène | mg/kg | 0.1 | 5 | 50 | | 0.26 | A-B | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | | | |
| Pyrène | mg/kg | 0.1 | 10 | 100 | | 0.47 | A-B | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | | | |
| 2-Méthylnaphtalène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | | | |
| 1-Méthylnaphtalène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | | | |
| 1,3-Diméthylnaphtalène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | | | |
| 2,3,5-Triméthylnaphtalène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | | | |
| LDR = Limite de détection rapportée | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lot CQ = Lot contrôle qualité | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N/A = Non Applicable | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Dossier Maxxam: B769005
Date du rapport: 2017/11/27

GHD Consultants Ltée
Votre # du projet: 11143038-A1
Adresse du site: RUE DU SANCTUAIRE, STE-ANNE-BEAUPRÉ,
QC
Votre # de commande: 76208742
Initiales du préleveur: AP, NA

HAP PAR GCMS (SOL)

| | | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------|----------|----------|-------------------------------|-----------|--------------------------------|-----------|------------|---------------|
| ID Maxxam | | | | | EW0616 | | EW0641 | | | |
| Date d'échantillonnage | | | | | 2017/11/07 09:00 | | 2017/11/07 13:00 | | | |
| # Bordereau | | | | | E-932208 | | E-932208 | | | |
| | Unités | A | B | C | 11143038-A1-F-03-CFE-3 | CR | 11143038-A1-F-04-CFE-1A | CR | LDR | Lot CQ |
| Récupération des Surrogates (%) | | | | | | | | | | |
| D10-Anthracène | % | - | - | - | 93 | | 91 | | N/A | 1860574 |
| D12-Benzo(a)pyrène | % | - | - | - | 99 | | 103 | | N/A | 1860574 |
| D14-Terphenyl | % | - | - | - | 84 | | 83 | | N/A | 1860574 |
| D8-Acenaphthylene | % | - | - | - | 95 | | 91 | | N/A | 1860574 |
| D8-Naphtalène | % | - | - | - | 91 | | 83 | | N/A | 1860574 |
| LDR = Limite de détection rapportée Lot CQ = Lot contrôle qualité N/A = Non Applicable | | | | | | | | | | |

Dossier Maxxam: B769005
Date du rapport: 2017/11/27

GHD Consultants Ltée
Votre # du projet: 11143038-A1
Adresse du site: RUE DU SANCTUAIRE, STE-ANNE-BEAUPRÉ,
QC
Votre # de commande: 76208742
Initiales du préleveur: AP, NA

HAP PAR GCMS (SOL)

| ID Maxxam | | | | | EW0641 | | | | | EW0642 | | | | |
|-------------------------------------|--------|-----|----|-----|-----------------------------------------|----|------------------------|-----|------|---------------------|--|--|--|--|
| Date d'échantillonnage | | | | | 2017/11/07 13:00 | | | | | 2017/11/07 14:00 | | | | |
| # Bordereau | | | | | E-932208 | | | | | E-932208 | | | | |
| | Unités | A | B | C | 11143038-A1-F-04-CFE-1A Dup. de Lab. | CR | 11143038-A1-F-04-CFE-5 | CR | LDR | Lot CQ | | | | |
| % HUMIDITÉ | % | - | - | - | 4.2 | | 38 | | N/A | N/A | | | | |
| HAP | | | | | | | | | | | | | | |
| Acénaphène | mg/kg | 0.1 | 10 | 100 | <0.10 | | 0.16 | A-B | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Acénaphthylène | mg/kg | 0.1 | 10 | 100 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Anthracène | mg/kg | 0.1 | 10 | 100 | <0.10 | | 0.36 | A-B | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Benzo(a)anthracène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | 0.56 | A-B | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Benzo(a)pyrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | 0.49 | A-B | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Benzo(b)fluoranthène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | 0.49 | A-B | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Benzo(j)fluoranthène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | 0.27 | A-B | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Benzo(k)fluoranthène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | 0.25 | A-B | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Benzo(b+j+k)fluoranthène | mg/kg | - | - | - | <0.10 | | 1.0 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Benzo(c)phénanthrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Benzo(ghi)peryène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | 0.26 | A-B | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Chrysène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | 0.73 | A-B | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Dibenzo(a,h)anthracène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Dibenzo(a,i)pyrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Dibenzo(a,h)pyrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Dibenzo(a,l)pyrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| 7,12-Diméthylbenzanthracène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Fluoranthène | mg/kg | 0.1 | 10 | 100 | <0.10 | | 1.7 | A-B | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Fluorène | mg/kg | 0.1 | 10 | 100 | <0.10 | | 0.11 | A-B | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Indéno(1,2,3-cd)pyrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | 0.23 | A-B | 0.10 | 1860574 | | | | |
| 3-Méthylcholanthrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Naphtalène | mg/kg | 0.1 | 5 | 50 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Phénanthrène | mg/kg | 0.1 | 5 | 50 | <0.10 | | 0.89 | A-B | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Pyrène | mg/kg | 0.1 | 10 | 100 | <0.10 | | 1.2 | A-B | 0.10 | 1860574 | | | | |
| 2-Méthylnaphtalène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| 1-Méthylnaphtalène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| 1,3-Diméthylnaphtalène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| 2,3,5-Triméthylnaphtalène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| LDR = Limite de détection rapportée | | | | | | | | | | | | | | |
| Lot CQ = Lot contrôle qualité | | | | | | | | | | | | | | |
| Duplicata de laboratoire | | | | | | | | | | | | | | |
| N/A = Non Applicable | | | | | | | | | | | | | | |

Dossier Maxxam: B769005
Date du rapport: 2017/11/27

GHD Consultants Ltée
Votre # du projet: 11143038-A1
Adresse du site: RUE DU SANCTUAIRE, STE-ANNE-BEAUPRÉ,
QC
Votre # de commande: 76208742
Initiales du préleveur: AP, NA

HAP PAR GCMS (SOL)

| | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---|---|---|-----------------------------------------|----|------------------------|----|-----|---------|
| ID Maxxam | | | | | EW0641 | | EW0642 | | | |
| Date d'échantillonnage | | | | | 2017/11/07 13:00 | | 2017/11/07 14:00 | | | |
| # Bordereau | | | | | E-932208 | | E-932208 | | | |
| | Unités | A | B | C | 11143038-A1-F-04-CFE-1A Dup. de Lab. | CR | 11143038-A1-F-04-CFE-5 | CR | LDR | Lot CQ |
| Récupération des Surrogates (%) | | | | | | | | | | |
| D10-Anthracène | % | - | - | - | 91 | | 89 | | N/A | 1860574 |
| D12-Benzo(a)pyrène | % | - | - | - | 100 | | 101 | | N/A | 1860574 |
| D14-Terphenyl | % | - | - | - | 80 | | 82 | | N/A | 1860574 |
| D8-Acenaphthylene | % | - | - | - | 89 | | 91 | | N/A | 1860574 |
| D8-Naphtalène | % | - | - | - | 81 | | 83 | | N/A | 1860574 |
| LDR = Limite de détection rapportée Lot CQ = Lot contrôle qualité Duplicata de laboratoire N/A = Non Applicable | | | | | | | | | | |

Dossier Maxxam: B769005
Date du rapport: 2017/11/27

GHD Consultants Ltée
Votre # du projet: 11143038-A1
Adresse du site: RUE DU SANCTUAIRE, STE-ANNE-BEAUPRÉ,
QC
Votre # de commande: 76208742
Initiales du préleveur: AP, NA

HAP PAR GCMS (SOL)

| ID Maxxam | | | | | EW0643 | | | | | EW0644 | | | | |
|-------------------------------------|--------|-----|----|-----|-------------------------|----|------------------------|----|------|---------------------|---------|--|--|--|
| Date d'échantillonnage | | | | | 2017/11/07 16:00 | | | | | 2017/11/16 16:00 | | | | |
| # Bordereau | | | | | E-932208 | | | | | E-932208 | | | | |
| | Unités | A | B | C | 11143038-A1-F-05-CFE-1C | CR | 11143038-A1-F-06-CFE-5 | CR | LDR | Lot CQ | | | | |
| % HUMIDITÉ | % | - | - | - | 5.1 | | 36 | | N/A | N/A | | | | |
| HAP | | | | | | | | | | | | | | |
| Acénaphène | mg/kg | 0.1 | 10 | 100 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Acénaphylène | mg/kg | 0.1 | 10 | 100 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Anthracène | mg/kg | 0.1 | 10 | 100 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Benzo(a)anthracène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Benzo(a)pyrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | 0.16 | | A-B | 0.10 | 1860574 | | | |
| Benzo(b)fluoranthène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | 0.25 | | A-B | 0.10 | 1860574 | | | |
| Benzo(j)fluoranthène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Benzo(k)fluoranthène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Benzo(b+j+k)fluoranthène | mg/kg | - | - | - | <0.10 | | 0.25 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Benzo(c)phénanthrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Benzo(ghi)pérylène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | 0.11 | | A-B | 0.10 | 1860574 | | | |
| Chrysène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | 0.17 | | A-B | 0.10 | 1860574 | | | |
| Dibenzo(a,h)anthracène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Dibenzo(a,i)pyrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Dibenzo(a,h)pyrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Dibenzo(a,l)pyrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| 7,12-Diméthylbenzanthracène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Fluoranthène | mg/kg | 0.1 | 10 | 100 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Fluorène | mg/kg | 0.1 | 10 | 100 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Indéno(1,2,3-cd)pyrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | 0.10 | | A | 0.10 | 1860574 | | | |
| 3-Méthylcholanthrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Naphtalène | mg/kg | 0.1 | 5 | 50 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Phénanthrène | mg/kg | 0.1 | 5 | 50 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Pyrène | mg/kg | 0.1 | 10 | 100 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| 2-Méthylnaphtalène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| 1-Méthylnaphtalène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| 1,3-Diméthylnaphtalène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| 2,3,5-Triméthylnaphtalène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| LDR = Limite de détection rapportée | | | | | | | | | | | | | | |
| Lot CQ = Lot contrôle qualité | | | | | | | | | | | | | | |
| N/A = Non Applicable | | | | | | | | | | | | | | |

Dossier Maxxam: B769005
Date du rapport: 2017/11/27

GHD Consultants Ltée
Votre # du projet: 11143038-A1
Adresse du site: RUE DU SANCTUAIRE, STE-ANNE-BEAUPRÉ,
QC
Votre # de commande: 76208742
Initiales du préleveur: AP, NA

HAP PAR GCMS (SOL)

| | | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------|----------|----------|--------------------------------|-----------|-------------------------------|-----------|------------|---------------|
| ID Maxxam | | | | | EW0643 | | EW0644 | | | |
| Date d'échantillonnage | | | | | 2017/11/07 16:00 | | 2017/11/16 16:00 | | | |
| # Bordereau | | | | | E-932208 | | E-932208 | | | |
| | Unités | A | B | C | 11143038-A1-F-05-CFE-1C | CR | 11143038-A1-F-06-CFE-5 | CR | LDR | Lot CQ |
| Récupération des Surrogates (%) | | | | | | | | | | |
| D10-Anthracène | % | - | - | - | 93 | | 90 | | N/A | 1860574 |
| D12-Benzo(a)pyrène | % | - | - | - | 105 | | 103 | | N/A | 1860574 |
| D14-Terphenyl | % | - | - | - | 83 | | 84 | | N/A | 1860574 |
| D8-Acenaphthylene | % | - | - | - | 91 | | 91 | | N/A | 1860574 |
| D8-Naphtalène | % | - | - | - | 85 | | 83 | | N/A | 1860574 |
| LDR = Limite de détection rapportée Lot CQ = Lot contrôle qualité N/A = Non Applicable | | | | | | | | | | |

Dossier Maxxam: B769005
Date du rapport: 2017/11/27

GHD Consultants Ltée
Votre # du projet: 11143038-A1
Adresse du site: RUE DU SANCTUAIRE, STE-ANNE-BEAUPRÉ,
QC
Votre # de commande: 76208742
Initiales du préleveur: AP, NA

HAP PAR GCMS (SOL)

| ID Maxxam | | | | | EW0645 | | | | | EW0646 | | | | |
|-------------------------------------|--------|-----|----|-----|------------------------|----|------------------------|-----|------|---------------------|--|--|--|--|
| Date d'échantillonnage | | | | | 2017/11/14 14:00 | | | | | 2017/11/14 16:00 | | | | |
| # Bordereau | | | | | E-932208 | | | | | E-932208 | | | | |
| | Unités | A | B | C | 11143038-A1-F-07-CFE-2 | CR | 11143038-A1-F-07-CFE-9 | CR | LDR | Lot CQ | | | | |
| % HUMIDITÉ | % | - | - | - | 4.7 | | 21 | | N/A | N/A | | | | |
| HAP | | | | | | | | | | | | | | |
| Acénaphène | mg/kg | 0.1 | 10 | 100 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Acénaphthylène | mg/kg | 0.1 | 10 | 100 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Anthracène | mg/kg | 0.1 | 10 | 100 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Benzo(a)anthracène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Benzo(a)pyrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Benzo(b)fluoranthène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Benzo(j)fluoranthène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Benzo(k)fluoranthène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Benzo(b+j+k)fluoranthène | mg/kg | - | - | - | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Benzo(c)phénanthrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Benzo(ghi)pérylène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Chrysène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Dibenzo(a,h)anthracène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Dibenzo(a,i)pyrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Dibenzo(a,h)pyrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Dibenzo(a,l)pyrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| 7,12-Diméthylbenzanthracène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Fluoranthène | mg/kg | 0.1 | 10 | 100 | <0.10 | | 0.12 | A-B | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Fluorène | mg/kg | 0.1 | 10 | 100 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Indéno(1,2,3-cd)pyrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| 3-Méthylcholanthrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Naphtalène | mg/kg | 0.1 | 5 | 50 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Phénanthrène | mg/kg | 0.1 | 5 | 50 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| Pyrène | mg/kg | 0.1 | 10 | 100 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| 2-Méthylnaphtalène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| 1-Méthylnaphtalène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| 1,3-Diméthylnaphtalène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| 2,3,5-Triméthylnaphtalène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | <0.10 | | 0.10 | 1860574 | | | | |
| LDR = Limite de détection rapportée | | | | | | | | | | | | | | |
| Lot CQ = Lot contrôle qualité | | | | | | | | | | | | | | |
| N/A = Non Applicable | | | | | | | | | | | | | | |

Dossier Maxxam: B769005
Date du rapport: 2017/11/27

GHD Consultants Ltée
Votre # du projet: 11143038-A1
Adresse du site: RUE DU SANCTUAIRE, STE-ANNE-BEAUPRÉ,
QC
Votre # de commande: 76208742
Initiales du préleveur: AP, NA

HAP PAR GCMS (SOL)

| | | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------|----------|----------|-------------------------------|-----------|-------------------------------|-----------|------------|---------------|
| ID Maxxam | | | | | EW0645 | | EW0646 | | | |
| Date d'échantillonnage | | | | | 2017/11/14 14:00 | | 2017/11/14 16:00 | | | |
| # Bordereau | | | | | E-932208 | | E-932208 | | | |
| | Unités | A | B | C | 11143038-A1-F-07-CFE-2 | CR | 11143038-A1-F-07-CFE-9 | CR | LDR | Lot CQ |
| Récupération des Surrogates (%) | | | | | | | | | | |
| D10-Anthracène | % | - | - | - | 93 | | 90 | | N/A | 1860574 |
| D12-Benzo(a)pyrène | % | - | - | - | 101 | | 99 | | N/A | 1860574 |
| D14-Terphenyl | % | - | - | - | 81 | | 83 | | N/A | 1860574 |
| D8-Acenaphthylene | % | - | - | - | 91 | | 90 | | N/A | 1860574 |
| D8-Naphtalène | % | - | - | - | 84 | | 83 | | N/A | 1860574 |
| LDR = Limite de détection rapportée Lot CQ = Lot contrôle qualité N/A = Non Applicable | | | | | | | | | | |

Dossier Maxxam: B769005
Date du rapport: 2017/11/27

GHD Consultants Ltée
Votre # du projet: 11143038-A1
Adresse du site: RUE DU SANCTUAIRE, STE-ANNE-BEAUPRÉ,
QC
Votre # de commande: 76208742
Initiales du préleveur: AP, NA

HAP PAR GCMS (SOL)

| | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----|----|-----|------------------------|----|------|---------|
| ID Maxxam | | | | | EW0647 | | | |
| Date d'échantillonnage | | | | | 2017/11/14 10:00 | | | |
| # Bordereau | | | | | E-932208 | | | |
| | Unités | A | B | C | 11143038-A1-F-08-CFE-2 | CR | LDR | Lot CQ |
| % HUMIDITÉ | % | - | - | - | 14 | | N/A | N/A |
| HAP | | | | | | | | |
| Acénaphène | mg/kg | 0.1 | 10 | 100 | <0.10 | | 0.10 | 1860574 |
| Acénaphthylène | mg/kg | 0.1 | 10 | 100 | <0.10 | | 0.10 | 1860574 |
| Anthracène | mg/kg | 0.1 | 10 | 100 | <0.10 | | 0.10 | 1860574 |
| Benzo(a)anthracène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | 0.10 | 1860574 |
| Benzo(a)pyrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | 0.10 | 1860574 |
| Benzo(b)fluoranthène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | 0.10 | 1860574 |
| Benzo(j)fluoranthène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | 0.10 | 1860574 |
| Benzo(k)fluoranthène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | 0.10 | 1860574 |
| Benzo(b+j+k)fluoranthène | mg/kg | - | - | - | <0.10 | | 0.10 | 1860574 |
| Benzo(c)phénanthrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | 0.10 | 1860574 |
| Benzo(ghi)pérylène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | 0.10 | 1860574 |
| Chrysène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | 0.10 | 1860574 |
| Dibenzo(a,h)anthracène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | 0.10 | 1860574 |
| Dibenzo(a,i)pyrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | 0.10 | 1860574 |
| Dibenzo(a,h)pyrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | 0.10 | 1860574 |
| Dibenzo(a,l)pyrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | 0.10 | 1860574 |
| 7,12-Diméthylbenzanthracène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | 0.10 | 1860574 |
| Fluoranthène | mg/kg | 0.1 | 10 | 100 | <0.10 | | 0.10 | 1860574 |
| Fluorène | mg/kg | 0.1 | 10 | 100 | <0.10 | | 0.10 | 1860574 |
| Indéno(1,2,3-cd)pyrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | 0.10 | 1860574 |
| 3-Méthylcholanthrène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | 0.10 | 1860574 |
| Naphtalène | mg/kg | 0.1 | 5 | 50 | <0.10 | | 0.10 | 1860574 |
| Phénanthrène | mg/kg | 0.1 | 5 | 50 | <0.10 | | 0.10 | 1860574 |
| Pyrène | mg/kg | 0.1 | 10 | 100 | <0.10 | | 0.10 | 1860574 |
| 2-Méthylnaphtalène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | 0.10 | 1860574 |
| 1-Méthylnaphtalène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | 0.10 | 1860574 |
| 1,3-Diméthylnaphtalène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | 0.10 | 1860574 |
| 2,3,5-Triméthylnaphtalène | mg/kg | 0.1 | 1 | 10 | <0.10 | | 0.10 | 1860574 |
| LDR = Limite de détection rapportée Lot CQ = Lot contrôle qualité N/A = Non Applicable | | | | | | | | |

Dossier Maxxam: B769005
Date du rapport: 2017/11/27

GHD Consultants Ltée
Votre # du projet: 11143038-A1
Adresse du site: RUE DU SANCTUAIRE, STE-ANNE-BEAUPRÉ,
QC
Votre # de commande: 76208742
Initiales du préleveur: AP, NA

HAP PAR GCMS (SOL)

| | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------|----------|----------|-------------------------------|-----------|------------|---------------|
| ID Maxxam | | | | | EW0647 | | | |
| Date d'échantillonnage | | | | | 2017/11/14 10:00 | | | |
| # Bordereau | | | | | E-932208 | | | |
| | Unités | A | B | C | 11143038-A1-F-08-CFE-2 | CR | LDR | Lot CQ |
| Récupération des Surrogates (%) | | | | | | | | |
| D10-Anthracène | % | - | - | - | 90 | | N/A | 1860574 |
| D12-Benzo(a)pyrène | % | - | - | - | 94 | | N/A | 1860574 |
| D14-Terphenyl | % | - | - | - | 79 | | N/A | 1860574 |
| D8-Acenaphthylene | % | - | - | - | 87 | | N/A | 1860574 |
| D8-Naphtalène | % | - | - | - | 80 | | N/A | 1860574 |
| LDR = Limite de détection rapportée Lot CQ = Lot contrôle qualité N/A = Non Applicable | | | | | | | | |

Dossier Maxxam: B769005
Date du rapport: 2017/11/27

GHD Consultants Ltée
Votre # du projet: 11143038-A1
Adresse du site: RUE DU SANCTUAIRE, STE-ANNE-BEAUPRÉ,
QC
Votre # de commande: 76208742
Initiales du préleveur: AP, NA

HYDROCARBURES PAR GCFID (SOL)

| | | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------|----------|----------|-------------------------------|-----------|--------------------------------|-----------|------------|---------------|
| ID Maxxam | | | | | EW0616 | | EW0641 | | | |
| Date d'échantillonnage | | | | | 2017/11/07 09:00 | | 2017/11/07 13:00 | | | |
| # Bordereau | | | | | E-932208 | | E-932208 | | | |
| | Unités | A | B | C | 11143038-A1-F-03-CFE-3 | CR | 11143038-A1-F-04-CFE-1A | CR | LDR | Lot CQ |
| % HUMIDITÉ | % | - | - | - | 15 | | 4.2 | | N/A | N/A |
| HYDROCARBURES PÉTROLIERS | | | | | | | | | | |
| Hydrocarbures pétroliers (C10-C50) | mg/kg | 300 | 700 | 3500 | <100 | | 510 | A-B | 100 | 1860572 |
| Récupération des Surrogates (%) | | | | | | | | | | |
| 1-Chlorooctadécane | % | - | - | - | 102 | | 99 | | N/A | 1860572 |
| LDR = Limite de détection rapportée Lot CQ = Lot contrôle qualité N/A = Non Applicable | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------|----------|----------|--------------------------------|-----------|-------------------------------|-----------|------------|---------------|
| ID Maxxam | | | | | EW0641 | | EW0642 | | | |
| Date d'échantillonnage | | | | | 2017/11/07 13:00 | | 2017/11/07 14:00 | | | |
| # Bordereau | | | | | E-932208 | | E-932208 | | | |
| | Unités | A | B | C | 11143038-A1-F-04-CFE-1A | CR | 11143038-A1-F-04-CFE-5 | CR | LDR | Lot CQ |
| | | | | | Dup. de Lab. | | | | | |
| % HUMIDITÉ | % | - | - | - | 4.2 | | 38 | | N/A | N/A |
| HYDROCARBURES PÉTROLIERS | | | | | | | | | | |
| Hydrocarbures pétroliers (C10-C50) | mg/kg | 300 | 700 | 3500 | 330 | A-B | 120 | <A | 100 | 1860572 |
| Récupération des Surrogates (%) | | | | | | | | | | |
| 1-Chlorooctadécane | % | - | - | - | 100 | | 108 | | N/A | 1860572 |
| LDR = Limite de détection rapportée Lot CQ = Lot contrôle qualité Duplicata de laboratoire N/A = Non Applicable | | | | | | | | | | |

Dossier Maxxam: B769005
Date du rapport: 2017/11/27

GHD Consultants Ltée
Votre # du projet: 11143038-A1
Adresse du site: RUE DU SANCTUAIRE, STE-ANNE-BEAUPRÉ,
QC
Votre # de commande: 76208742
Initiales du préleveur: AP, NA

HYDROCARBURES PAR GCFID (SOL)

| | | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------|----------|----------|--------------------------------|-----------|-------------------------------|-----------|------------|---------------|
| ID Maxxam | | | | | EW0643 | | EW0644 | | | |
| Date d'échantillonnage | | | | | 2017/11/07 16:00 | | 2017/11/16 16:00 | | | |
| # Bordereau | | | | | E-932208 | | E-932208 | | | |
| | Unités | A | B | C | 11143038-A1-F-05-CFE-1C | CR | 11143038-A1-F-06-CFE-5 | CR | LDR | Lot CQ |
| % HUMIDITÉ | % | - | - | - | 5.1 | | 36 | | N/A | N/A |
| HYDROCARBURES PÉTROLIERS | | | | | | | | | | |
| Hydrocarbures pétroliers (C10-C50) | mg/kg | 300 | 700 | 3500 | 540 | A-B | 260 | <A | 100 | 1860572 |
| Récupération des Surrogates (%) | | | | | | | | | | |
| 1-Chlorooctadécane | % | - | - | - | 104 | | 99 | | N/A | 1860572 |
| LDR = Limite de détection rapportée Lot CQ = Lot contrôle qualité N/A = Non Applicable | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------|----------|----------|-------------------------------|-----------|-------------------------------|-----------|------------|---------------|
| ID Maxxam | | | | | EW0645 | | EW0646 | | | |
| Date d'échantillonnage | | | | | 2017/11/14 14:00 | | 2017/11/14 16:00 | | | |
| # Bordereau | | | | | E-932208 | | E-932208 | | | |
| | Unités | A | B | C | 11143038-A1-F-07-CFE-2 | CR | 11143038-A1-F-07-CFE-9 | CR | LDR | Lot CQ |
| % HUMIDITÉ | % | - | - | - | 4.7 | | 21 | | N/A | N/A |
| HYDROCARBURES PÉTROLIERS | | | | | | | | | | |
| Hydrocarbures pétroliers (C10-C50) | mg/kg | 300 | 700 | 3500 | <100 | | <100 | | 100 | 1860572 |
| Récupération des Surrogates (%) | | | | | | | | | | |
| 1-Chlorooctadécane | % | - | - | - | 102 | | 99 | | N/A | 1860572 |
| LDR = Limite de détection rapportée Lot CQ = Lot contrôle qualité N/A = Non Applicable | | | | | | | | | | |

Dossier Maxxam: B769005
Date du rapport: 2017/11/27

GHD Consultants Ltée
Votre # du projet: 11143038-A1
Adresse du site: RUE DU SANCTUAIRE, STE-ANNE-BEAUPRÉ,
QC
Votre # de commande: 76208742
Initiales du préleveur: AP, NA

HYDROCARBURES PAR GCFID (SOL)

| | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------|----------|----------|-------------------------------|-----------|------------|---------------|
| ID Maxxam | | | | | EW0647 | | | |
| Date d'échantillonnage | | | | | 2017/11/14 10:00 | | | |
| # Bordereau | | | | | E-932208 | | | |
| | Unités | A | B | C | 11143038-A1-F-08-CFE-2 | CR | LDR | Lot CQ |
| % HUMIDITÉ | % | - | - | - | 14 | | N/A | N/A |
| HYDROCARBURES PÉTROLIERS | | | | | | | | |
| Hydrocarbures pétroliers (C10-C50) | mg/kg | 300 | 700 | 3500 | 110 | <A | 100 | 1860572 |
| Récupération des Surrogates (%) | | | | | | | | |
| 1-Chlorooctadécane | % | - | - | - | 100 | | N/A | 1860572 |
| LDR = Limite de détection rapportée Lot CQ = Lot contrôle qualité N/A = Non Applicable | | | | | | | | |

Dossier Maxxam: B769005
Date du rapport: 2017/11/27

GHD Consultants Ltée
Votre # du projet: 11143038-A1
Adresse du site: RUE DU SANCTUAIRE, STE-ANNE-BEAUPRÉ,
QC
Votre # de commande: 76208742
Initiales du préleveur: AP, NA

MÉTAUX EXTRACTIBLES TOTAUX (SOL)

| ID Maxxam | | | | | EW0616 | | EW0641 | | | |
|-------------------------------------|--------|------|------|------|------------------------|-----|-------------------------|----|------|---------|
| Date d'échantillonnage | | | | | 2017/11/07 09:00 | | 2017/11/07 13:00 | | | |
| # Bordereau | | | | | E-932208 | | E-932208 | | | |
| | Unités | A | B | C | 11143038-A1-F-03-CFE-3 | CR | 11143038-A1-F-04-CFE-1A | CR | LDR | Lot CQ |
| % HUMIDITÉ | % | - | - | - | 15 | | 4.2 | | N/A | N/A |
| MÉTAUX | | | | | | | | | | |
| Argent (Ag) | mg/kg | 2 | 20 | 40 | <0.50 | | <0.50 | | 0.50 | 1860521 |
| Arsenic (As) | mg/kg | 6 | 30 | 50 | 6.7 | A-B | <5.0 | | 5.0 | 1860521 |
| Baryum (Ba) | mg/kg | 340 | 500 | 2000 | 230 | <A | 55 | <A | 5.0 | 1860521 |
| Cadmium (Cd) | mg/kg | 1.5 | 5 | 20 | <0.50 | | <0.50 | | 0.50 | 1860521 |
| Chrome (Cr) | mg/kg | 100 | 250 | 800 | 25 | <A | 4.9 | <A | 2.0 | 1860521 |
| Cobalt (Co) | mg/kg | 25 | 50 | 300 | 15 | <A | <2.0 | | 2.0 | 1860521 |
| Cuivre (Cu) | mg/kg | 50 | 100 | 500 | 30 | <A | 2.7 | <A | 2.0 | 1860521 |
| Etain (Sn) | mg/kg | 5 | 50 | 300 | <4.0 | | <4.0 | | 4.0 | 1860521 |
| Manganèse (Mn) | mg/kg | 1000 | 1000 | 2200 | 590 | <A | 250 | <A | 2.0 | 1860521 |
| Molybdène (Mo) | mg/kg | 2 | 10 | 40 | 1.5 | <A | <1.0 | | 1.0 | 1860521 |
| Nickel (Ni) | mg/kg | 50 | 100 | 500 | 42 | <A | 4.2 | <A | 1.0 | 1860521 |
| Plomb (Pb) | mg/kg | 50 | 500 | 1000 | 15 | <A | <5.0 | | 5.0 | 1860521 |
| Zinc (Zn) | mg/kg | 140 | 500 | 1500 | 67 | <A | 10 | <A | 10 | 1860521 |
| LDR = Limite de détection rapportée | | | | | | | | | | |
| Lot CQ = Lot contrôle qualité | | | | | | | | | | |
| N/A = Non Applicable | | | | | | | | | | |

Dossier Maxxam: B769005
Date du rapport: 2017/11/27

GHD Consultants Ltée
Votre # du projet: 11143038-A1
Adresse du site: RUE DU SANCTUAIRE, STE-ANNE-BEAUPRÉ,
QC
Votre # de commande: 76208742
Initiales du préleveur: AP, NA

MÉTAUX EXTRACTIBLES TOTAUX (SOL)

| ID Maxxam | | | | | EW0642 | | EW0643 | | | |
|------------------------|--------|------|------|------|------------------------|-----|-------------------------|----|------|---------|
| Date d'échantillonnage | | | | | 2017/11/07 14:00 | | 2017/11/07 16:00 | | | |
| # Bordereau | | | | | E-932208 | | E-932208 | | | |
| | Unités | A | B | C | 11143038-A1-F-04-CFE-5 | CR | 11143038-A1-F-05-CFE-1C | CR | LDR | Lot CQ |
| % HUMIDITÉ | % | - | - | - | 38 | | 5.1 | | N/A | N/A |
| MÉTAUX | | | | | | | | | | |
| Argent (Ag) | mg/kg | 2 | 20 | 40 | <0.50 | | <0.50 | | 0.50 | 1860521 |
| Arsenic (As) | mg/kg | 6 | 30 | 50 | <5.0 | | <5.0 | | 5.0 | 1860521 |
| Baryum (Ba) | mg/kg | 340 | 500 | 2000 | 100 | <A | 31 | <A | 5.0 | 1860521 |
| Cadmium (Cd) | mg/kg | 1.5 | 5 | 20 | <0.50 | | <0.50 | | 0.50 | 1860521 |
| Chrome (Cr) | mg/kg | 100 | 250 | 800 | 27 | <A | 4.4 | <A | 2.0 | 1860521 |
| Cobalt (Co) | mg/kg | 25 | 50 | 300 | 7.9 | <A | 3.8 | <A | 2.0 | 1860521 |
| Cuivre (Cu) | mg/kg | 50 | 100 | 500 | 23 | <A | 5.8 | <A | 2.0 | 1860521 |
| Etain (Sn) | mg/kg | 5 | 50 | 300 | 94 | B-C | <4.0 | | 4.0 | 1860521 |
| Manganèse (Mn) | mg/kg | 1000 | 1000 | 2200 | 450 | <A | 180 | <A | 2.0 | 1860521 |
| Molybdène (Mo) | mg/kg | 2 | 10 | 40 | <1.0 | | <1.0 | | 1.0 | 1860521 |
| Nickel (Ni) | mg/kg | 50 | 100 | 500 | 21 | <A | 5.7 | <A | 1.0 | 1860521 |
| Plomb (Pb) | mg/kg | 50 | 500 | 1000 | 150 | A-B | <5.0 | | 5.0 | 1860521 |
| Zinc (Zn) | mg/kg | 140 | 500 | 1500 | 100 | <A | 30 | <A | 10 | 1860521 |

LDR = Limite de détection rapportée

Lot CQ = Lot contrôle qualité

N/A = Non Applicable

Dossier Maxxam: B769005
Date du rapport: 2017/11/27

GHD Consultants Ltée
Votre # du projet: 11143038-A1
Adresse du site: RUE DU SANCTUAIRE, STE-ANNE-BEAUPRÉ,
QC
Votre # de commande: 76208742
Initiales du préleveur: AP, NA

MÉTAUX EXTRACTIBLES TOTAUX (SOL)

| | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------|------|------|------------------------|----|----------------------------------------|----|------|---------|
| ID Maxxam | | | | | EW0644 | | EW0644 | | | |
| Date d'échantillonnage | | | | | 2017/11/16 16:00 | | 2017/11/16 16:00 | | | |
| # Bordereau | | | | | E-932208 | | E-932208 | | | |
| | Unités | A | B | C | 11143038-A1-F-06-CFE-5 | CR | 11143038-A1-F-06-CFE-5 Dup. de Lab. | CR | LDR | Lot CQ |
| % HUMIDITÉ | % | - | - | - | 36 | | 36 | | N/A | N/A |
| MÉTAUX | | | | | | | | | | |
| Argent (Ag) | mg/kg | 2 | 20 | 40 | <0.50 | | <0.50 | | 0.50 | 1860521 |
| Arsenic (As) | mg/kg | 6 | 30 | 50 | 5.1 | <A | <5.0 | | 5.0 | 1860521 |
| Baryum (Ba) | mg/kg | 340 | 500 | 2000 | 84 | <A | 83 | <A | 5.0 | 1860521 |
| Cadmium (Cd) | mg/kg | 1.5 | 5 | 20 | <0.50 | | <0.50 | | 0.50 | 1860521 |
| Chrome (Cr) | mg/kg | 100 | 250 | 800 | 35 | <A | 35 | <A | 2.0 | 1860521 |
| Cobalt (Co) | mg/kg | 25 | 50 | 300 | 9.6 | <A | 8.9 | <A | 2.0 | 1860521 |
| Cuivre (Cu) | mg/kg | 50 | 100 | 500 | 24 | <A | 23 | <A | 2.0 | 1860521 |
| Etain (Sn) | mg/kg | 5 | 50 | 300 | <4.0 | | <4.0 | | 4.0 | 1860521 |
| Manganèse (Mn) | mg/kg | 1000 | 1000 | 2200 | 680 | <A | 620 | <A | 2.0 | 1860521 |
| Molybdène (Mo) | mg/kg | 2 | 10 | 40 | <1.0 | | <1.0 | | 1.0 | 1860521 |
| Nickel (Ni) | mg/kg | 50 | 100 | 500 | 22 | <A | 22 | <A | 1.0 | 1860521 |
| Plomb (Pb) | mg/kg | 50 | 500 | 1000 | 22 | <A | 22 | <A | 5.0 | 1860521 |
| Zinc (Zn) | mg/kg | 140 | 500 | 1500 | 120 | <A | 120 | <A | 10 | 1860521 |
| LDR = Limite de détection rapportée Lot CQ = Lot contrôle qualité Duplicata de laboratoire N/A = Non Applicable | | | | | | | | | | |

Dossier Maxxam: B769005
Date du rapport: 2017/11/27

GHD Consultants Ltée
Votre # du projet: 11143038-A1
Adresse du site: RUE DU SANCTUAIRE, STE-ANNE-BEAUPRÉ,
QC
Votre # de commande: 76208742
Initiales du préleveur: AP, NA

MÉTAUX EXTRACTIBLES TOTAUX (SOL)

| | | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------|------|------|------------------------|----|------------------------|----|------|---------|
| ID Maxxam | | | | | EW0645 | | EW0646 | | | |
| Date d'échantillonnage | | | | | 2017/11/14 14:00 | | 2017/11/14 16:00 | | | |
| # Bordereau | | | | | E-932208 | | E-932208 | | | |
| | Unités | A | B | C | 11143038-A1-F-07-CFE-2 | CR | 11143038-A1-F-07-CFE-9 | CR | LDR | Lot CQ |
| % HUMIDITÉ | % | - | - | - | 4.7 | | 21 | | N/A | N/A |
| MÉTAUX | | | | | | | | | | |
| Argent (Ag) | mg/kg | 2 | 20 | 40 | <0.50 | | <0.50 | | 0.50 | 1860521 |
| Arsenic (As) | mg/kg | 6 | 30 | 50 | <5.0 | | <5.0 | | 5.0 | 1860521 |
| Baryum (Ba) | mg/kg | 340 | 500 | 2000 | 57 | <A | 67 | <A | 5.0 | 1860521 |
| Cadmium (Cd) | mg/kg | 1.5 | 5 | 20 | <0.50 | | <0.50 | | 0.50 | 1860521 |
| Chrome (Cr) | mg/kg | 100 | 250 | 800 | 5.7 | <A | 24 | <A | 2.0 | 1860521 |
| Cobalt (Co) | mg/kg | 25 | 50 | 300 | 2.7 | <A | 7.4 | <A | 2.0 | 1860521 |
| Cuivre (Cu) | mg/kg | 50 | 100 | 500 | 4.8 | <A | 13 | <A | 2.0 | 1860521 |
| Etain (Sn) | mg/kg | 5 | 50 | 300 | <4.0 | | <4.0 | | 4.0 | 1860521 |
| Manganèse (Mn) | mg/kg | 1000 | 1000 | 2200 | 230 | <A | 230 | <A | 2.0 | 1860521 |
| Molybdène (Mo) | mg/kg | 2 | 10 | 40 | <1.0 | | <1.0 | | 1.0 | 1860521 |
| Nickel (Ni) | mg/kg | 50 | 100 | 500 | 7.8 | <A | 18 | <A | 1.0 | 1860521 |
| Plomb (Pb) | mg/kg | 50 | 500 | 1000 | <5.0 | | 10 | <A | 5.0 | 1860521 |
| Zinc (Zn) | mg/kg | 140 | 500 | 1500 | 17 | <A | 55 | <A | 10 | 1860521 |
| LDR = Limite de détection rapportée Lot CQ = Lot contrôle qualité N/A = Non Applicable | | | | | | | | | | |

Dossier Maxxam: B769005
Date du rapport: 2017/11/27

GHD Consultants Ltée
Votre # du projet: 11143038-A1
Adresse du site: RUE DU SANCTUAIRE, STE-ANNE-BEAUPRÉ,
QC
Votre # de commande: 76208742
Initiales du préleveur: AP, NA

MÉTAUX EXTRACTIBLES TOTAUX (SOL)

| | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------|------|------|------------------------|----|------|---------|
| ID Maxxam | | | | | EW0647 | | | |
| Date d'échantillonnage | | | | | 2017/11/14 10:00 | | | |
| # Bordereau | | | | | E-932208 | | | |
| | Unités | A | B | C | 11143038-A1-F-08-CFE-2 | CR | LDR | Lot CQ |
| % HUMIDITÉ | % | - | - | - | 14 | | N/A | N/A |
| MÉTAUX | | | | | | | | |
| Argent (Ag) | mg/kg | 2 | 20 | 40 | <0.50 | | 0.50 | 1860521 |
| Arsenic (As) | mg/kg | 6 | 30 | 50 | <5.0 | | 5.0 | 1860521 |
| Baryum (Ba) | mg/kg | 340 | 500 | 2000 | 100 | <A | 5.0 | 1860521 |
| Cadmium (Cd) | mg/kg | 1.5 | 5 | 20 | <0.50 | | 0.50 | 1860521 |
| Chrome (Cr) | mg/kg | 100 | 250 | 800 | 9.4 | <A | 2.0 | 1860521 |
| Cobalt (Co) | mg/kg | 25 | 50 | 300 | 4.1 | <A | 2.0 | 1860521 |
| Cuivre (Cu) | mg/kg | 50 | 100 | 500 | 6.9 | <A | 2.0 | 1860521 |
| Etain (Sn) | mg/kg | 5 | 50 | 300 | <4.0 | | 4.0 | 1860521 |
| Manganèse (Mn) | mg/kg | 1000 | 1000 | 2200 | 230 | <A | 2.0 | 1860521 |
| Molybdène (Mo) | mg/kg | 2 | 10 | 40 | <1.0 | | 1.0 | 1860521 |
| Nickel (Ni) | mg/kg | 50 | 100 | 500 | 12 | <A | 1.0 | 1860521 |
| Plomb (Pb) | mg/kg | 50 | 500 | 1000 | <5.0 | | 5.0 | 1860521 |
| Zinc (Zn) | mg/kg | 140 | 500 | 1500 | 22 | <A | 10 | 1860521 |
| LDR = Limite de détection rapportée Lot CQ = Lot contrôle qualité N/A = Non Applicable | | | | | | | | |

Dossier Maxxam: B769005
Date du rapport: 2017/11/27

GHD Consultants Ltée
Votre # du projet: 11143038-A1
Adresse du site: RUE DU SANCTUAIRE, STE-ANNE-BEAUPRÉ,
QC
Votre # de commande: 76208742
Initiales du préleveur: AP, NA

REMARQUES GÉNÉRALES

Tous les résultats sont calculés sur une base sèche excepté lorsque non-applicable.

Hydrocarbures pétroliers (C10-C50): Échantillon congelé par client mais reçu décongelé: EW0616
Métaux extractibles totaux par ICP: Échantillon congelé par client mais reçu décongelé: EW0616
Hydrocarbures aromatiques polycycliques: Échantillon congelé par client mais reçu décongelé: EW0616
Hydrocarbures pétroliers (C10-C50): Échantillon congelé par client mais reçu décongelé: EW0641
Métaux extractibles totaux par ICP: Échantillon congelé par client mais reçu décongelé: EW0641
Hydrocarbures aromatiques polycycliques: Échantillon congelé par client mais reçu décongelé: EW0641
Hydrocarbures pétroliers (C10-C50): Échantillon congelé par client mais reçu décongelé: EW0642
Métaux extractibles totaux par ICP: Échantillon congelé par client mais reçu décongelé: EW0642
Hydrocarbures aromatiques polycycliques: Échantillon congelé par client mais reçu décongelé: EW0642
Hydrocarbures pétroliers (C10-C50): Échantillon congelé par client mais reçu décongelé: EW0643
Métaux extractibles totaux par ICP: Échantillon congelé par client mais reçu décongelé: EW0643
Hydrocarbures aromatiques polycycliques: Échantillon congelé par client mais reçu décongelé: EW0643
Hydrocarbures pétroliers (C10-C50): Échantillon congelé par client mais reçu décongelé: EW0644
Métaux extractibles totaux par ICP: Échantillon congelé par client mais reçu décongelé: EW0644
Hydrocarbures aromatiques polycycliques: Échantillon congelé par client mais reçu décongelé: EW0644
Hydrocarbures pétroliers (C10-C50): Échantillon congelé par client mais reçu décongelé: EW0645
Métaux extractibles totaux par ICP: Échantillon congelé par client mais reçu décongelé: EW0645
Hydrocarbures aromatiques polycycliques: Échantillon congelé par client mais reçu décongelé: EW0645
Hydrocarbures pétroliers (C10-C50): Échantillon congelé par client mais reçu décongelé: EW0646
Métaux extractibles totaux par ICP: Échantillon congelé par client mais reçu décongelé: EW0646
Hydrocarbures aromatiques polycycliques: Échantillon congelé par client mais reçu décongelé: EW0646
Hydrocarbures pétroliers (C10-C50): Échantillon congelé par client mais reçu décongelé: EW0647
Métaux extractibles totaux par ICP: Échantillon congelé par client mais reçu décongelé: EW0647
Hydrocarbures aromatiques polycycliques: Échantillon congelé par client mais reçu décongelé: EW0647

A,B,C,CR: Les critères des sols proviennent de l'Annexe 2 du « Guide d'intervention-Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés. MDDELCC, 2016. » et intitulé « Grille des critères génériques pour les sols ». Pour les analyses de métaux (et métalloïdes) dans les sols, le critère A désigne la « Teneur de fond Secteur Basses-Terres du Saint-Laurent ».

Les critères A et B pour l'eau souterraine proviennent de l'annexe 7 intitulé « Grille des critères de qualité des eaux souterraines » du guide d'intervention mentionné plus haut. A=Eau de consommation; B=Résurgence dans l'eau de surface

Ces références ne sont rapportées qu'à titre indicatif et ne doivent être interprétées dans aucun autre contexte.

- = Ce composé ne fait pas partie de la réglementation.

HAP PAR GCMS (SOL)

Veuillez noter que les résultats n'ont été corrigés ni pour la récupération des échantillons de contrôle qualité (blanc fortifié et blanc de méthode), ni pour les surrogates.

Les résultats bruts non-arrondis sont utilisés dans le calcul du benzo(b+j+k)fluoranthène. Ce résultat total est alors arrondi à deux chiffres significatifs.

HYDROCARBURES PAR GCFID (SOL)

Veuillez noter que les résultats n'ont pas été corrigés pour la récupération des échantillons de contrôle de qualité (blanc fortifié et surrogates). Veuillez noter que les résultats n'ont pas été corrigés pour le blanc de méthode.

MÉTAUX EXTRACTIBLES TOTAUX (SOL)

Veuillez noter que les résultats n'ont pas été corrigés ni pour la récupération des échantillons de contrôle qualité, ni pour le blanc de méthode.

Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis pour analyse

Dossier Maxxam: B769005
Date du rapport: 2017/11/27

GHD Consultants Ltée
Votre # du projet: 11143038-A1
Adresse du site: RUE DU SANCTUAIRE, STE-ANNE-BEAUPRÉ,
QC
Votre # de commande: 76208742
Initiales du préleveur: AP, NA

Dossier Maxxam: B769005
Date du rapport: 2017/11/27

GHD Consultants Ltée
Votre # du projet: 11143038-A1
Adresse du site: RUE DU SANCTUAIRE, STE-ANNE-BEAUPRÉ,
QC
Votre # de commande: 76208742
Initiales du préleveur: AP, NA

RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ

| Lot | AQ/CQ | Init | Type CQ | Groupe | Date Analysé | Valeur | Réc | Unités | Limites CQ |
|----------------|------------|------------------|---------|----------------|--------------|-----------------|-----|-------------|------------|
| 1860521 | BLA | MRC | | Argent (Ag) | 2017/11/21 | | 98 | % | 80 - 120 |
| | | | | Arsenic (As) | 2017/11/21 | | 99 | % | 80 - 120 |
| | | | | Baryum (Ba) | 2017/11/21 | | 102 | % | 80 - 120 |
| | | | | Cadmium (Cd) | 2017/11/21 | | 100 | % | 80 - 120 |
| | | | | Chrome (Cr) | 2017/11/21 | | 91 | % | 80 - 120 |
| | | | | Cobalt (Co) | 2017/11/21 | | 96 | % | 80 - 120 |
| | | | | Cuivre (Cu) | 2017/11/21 | | 97 | % | 80 - 120 |
| | | | | Etain (Sn) | 2017/11/21 | | 104 | % | 80 - 120 |
| | | | | Manganèse (Mn) | 2017/11/21 | | 92 | % | 80 - 120 |
| | | | | Molybdène (Mo) | 2017/11/21 | | 105 | % | 80 - 120 |
| | | | | Nickel (Ni) | 2017/11/21 | | 95 | % | 80 - 120 |
| | | | | Plomb (Pb) | 2017/11/21 | | 96 | % | 80 - 120 |
| | | | | Zinc (Zn) | 2017/11/21 | | 94 | % | 80 - 120 |
| | | | | 1860521 | BLA | Blanc fortifié | | Argent (Ag) | 2017/11/21 |
| Arsenic (As) | 2017/11/21 | | 99 | | | | | % | 80 - 120 |
| Baryum (Ba) | 2017/11/21 | | 107 | | | | | % | 80 - 120 |
| Cadmium (Cd) | 2017/11/21 | | 98 | | | | | % | 80 - 120 |
| Chrome (Cr) | 2017/11/21 | | 95 | | | | | % | 80 - 120 |
| Cobalt (Co) | 2017/11/21 | | 95 | | | | | % | 80 - 120 |
| Cuivre (Cu) | 2017/11/21 | | 97 | | | | | % | 80 - 120 |
| Etain (Sn) | 2017/11/21 | | 106 | | | | | % | 80 - 120 |
| Manganèse (Mn) | 2017/11/21 | | 96 | | | | | % | 80 - 120 |
| Molybdène (Mo) | 2017/11/21 | | 95 | | | | | % | 80 - 120 |
| Nickel (Ni) | 2017/11/21 | | 95 | | | | | % | 80 - 120 |
| Plomb (Pb) | 2017/11/21 | | 96 | | | | | % | 80 - 120 |
| Zinc (Zn) | 2017/11/21 | | 97 | | | | | % | 80 - 120 |
| 1860521 | BLA | Blanc de méthode | | | | | | Argent (Ag) | 2017/11/21 |
| | | | | Arsenic (As) | 2017/11/21 | <5.0 | | mg/kg | |
| | | | | Baryum (Ba) | 2017/11/21 | <5.0 | | mg/kg | |
| | | | | Cadmium (Cd) | 2017/11/21 | <0.50 | | mg/kg | |
| | | | | Chrome (Cr) | 2017/11/21 | <2.0 | | mg/kg | |
| | | | | Cobalt (Co) | 2017/11/21 | <2.0 | | mg/kg | |
| | | | | Cuivre (Cu) | 2017/11/21 | <2.0 | | mg/kg | |
| | | | | Etain (Sn) | 2017/11/21 | <4.0 | | mg/kg | |
| | | | | Manganèse (Mn) | 2017/11/21 | <2.0 | | mg/kg | |
| | | | | Molybdène (Mo) | 2017/11/21 | <1.0 | | mg/kg | |
| | | | | Nickel (Ni) | 2017/11/21 | <1.0 | | mg/kg | |
| | | | | Plomb (Pb) | 2017/11/21 | <5.0 | | mg/kg | |
| | | | | Zinc (Zn) | 2017/11/21 | <10 | | mg/kg | |
| | | | | 1860521 | BLA | RPD [EW0644-01] | | Argent (Ag) | 2017/11/21 |
| Arsenic (As) | 2017/11/21 | 2.3 | | | | | | % | 30 |
| Baryum (Ba) | 2017/11/21 | 0.84 | | | | | | % | 30 |
| Cadmium (Cd) | 2017/11/21 | NC | | | | | | % | 30 |
| Chrome (Cr) | 2017/11/21 | 1.8 | | | | | | % | 30 |
| Cobalt (Co) | 2017/11/21 | 7.1 | | | | | | % | 30 |
| Cuivre (Cu) | 2017/11/21 | 2.9 | | | | | | % | 30 |
| Etain (Sn) | 2017/11/21 | NC | | | | | | % | 30 |
| Manganèse (Mn) | 2017/11/21 | 8.2 | | | | | | % | 30 |
| Molybdène (Mo) | 2017/11/21 | NC | | | | | | % | 30 |

Dossier Maxxam: B769005
Date du rapport: 2017/11/27

GHD Consultants Ltée
Votre # du projet: 11143038-A1
Adresse du site: RUE DU SANCTUAIRE, STE-ANNE-BEAUPRÉ,
QC
Votre # de commande: 76208742
Initiales du préleveur: AP, NA

RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ (SUITE)

| Lot AQ/CQ | Init | Type CQ | Groupe | Date Analysé | Valeur | Réc | Unités | Limites CQ |
|-----------|------|------------------|------------------------------------|--------------|--------|-----|--------|------------|
| 1860572 | GTE | Blanc fortifié | Nickel (Ni) | 2017/11/21 | 2.1 | | % | 30 |
| | | | Plomb (Pb) | 2017/11/21 | 1.2 | | % | 30 |
| | | | Zinc (Zn) | 2017/11/21 | 0.38 | | % | 30 |
| | | | 1-Chlorooctadécane | 2017/11/23 | | 100 | % | 60 - 120 |
| 1860572 | GTE | Blanc de méthode | Hydrocarbures pétroliers (C10-C50) | 2017/11/23 | | 92 | % | 70 - 130 |
| | | | 1-Chlorooctadécane | 2017/11/23 | | 97 | % | 60 - 120 |
| 1860572 | GTE | RPD [EW0641-01] | Hydrocarbures pétroliers (C10-C50) | 2017/11/23 | <100 | | mg/kg | |
| 1860574 | GTE | Blanc fortifié | D10-Anthracène | 2017/11/23 | | 90 | % | 50 - 130 |
| | | | D12-Benzo(a)pyrène | 2017/11/23 | | 104 | % | 50 - 130 |
| | | | D14-Terphenyl | 2017/11/23 | | 85 | % | 50 - 130 |
| | | | D8-Acenaphthylene | 2017/11/23 | | 88 | % | 50 - 130 |
| | | | D8-Naphtalène | 2017/11/23 | | 82 | % | 50 - 130 |
| | | | Acénaphène | 2017/11/23 | | 102 | % | 50 - 130 |
| | | | Acénaphthylène | 2017/11/23 | | 96 | % | 50 - 130 |
| | | | Anthracène | 2017/11/23 | | 111 | % | 50 - 130 |
| | | | Benzo(a)anthracène | 2017/11/23 | | 101 | % | 50 - 130 |
| | | | Benzo(a)pyrène | 2017/11/23 | | 105 | % | 50 - 130 |
| | | | Benzo(b)fluoranthène | 2017/11/23 | | 94 | % | 50 - 130 |
| | | | Benzo(j)fluoranthène | 2017/11/23 | | 112 | % | 50 - 130 |
| | | | Benzo(k)fluoranthène | 2017/11/23 | | 98 | % | 50 - 130 |
| | | | Benzo(b+j+k)fluoranthène | 2017/11/23 | | 101 | % | 50 - 130 |
| | | | Benzo(c)phénanthrène | 2017/11/23 | | 106 | % | 50 - 130 |
| | | | Benzo(ghi)pérylène | 2017/11/23 | | 95 | % | 50 - 130 |
| | | | Chrysène | 2017/11/23 | | 100 | % | 50 - 130 |
| | | | Dibenzo(a,h)anthracène | 2017/11/23 | | 97 | % | 50 - 130 |
| | | | Dibenzo(a,i)pyrène | 2017/11/23 | | 80 | % | 50 - 130 |
| | | | Dibenzo(a,h)pyrène | 2017/11/23 | | 103 | % | 50 - 130 |
| | | | Dibenzo(a,l)pyrène | 2017/11/23 | | 103 | % | 50 - 130 |
| | | | 7,12-Diméthylbenzanthracène | 2017/11/23 | | 76 | % | 50 - 130 |
| | | | Fluoranthène | 2017/11/23 | | 103 | % | 50 - 130 |
| | | | Fluorène | 2017/11/23 | | 97 | % | 50 - 130 |
| | | | Indéno(1,2,3-cd)pyrène | 2017/11/23 | | 92 | % | 50 - 130 |
| | | | 3-Méthylcholanthrène | 2017/11/23 | | 107 | % | 50 - 130 |
| | | | Naphtalène | 2017/11/23 | | 95 | % | 50 - 130 |
| | | | Phénanthrène | 2017/11/23 | | 88 | % | 50 - 130 |
| | | | Pyrène | 2017/11/23 | | 104 | % | 50 - 130 |
| | | | 2-Méthylnaphtalène | 2017/11/23 | | 87 | % | 50 - 130 |
| | | | 1-Méthylnaphtalène | 2017/11/23 | | 96 | % | 50 - 130 |
| | | | 1,3-Diméthylnaphtalène | 2017/11/23 | | 86 | % | 50 - 130 |
| | | | 2,3,5-Triméthylnaphtalène | 2017/11/23 | | 86 | % | 50 - 130 |
| 1860574 | GTE | Blanc de méthode | D10-Anthracène | 2017/11/23 | | 95 | % | 50 - 130 |
| | | | D12-Benzo(a)pyrène | 2017/11/23 | | 99 | % | 50 - 130 |
| | | | D14-Terphenyl | 2017/11/23 | | 83 | % | 50 - 130 |
| | | | D8-Acenaphthylene | 2017/11/23 | | 88 | % | 50 - 130 |
| | | | D8-Naphtalène | 2017/11/23 | | 83 | % | 50 - 130 |
| | | | Acénaphène | 2017/11/23 | <0.10 | | mg/kg | |
| | | | Acénaphthylène | 2017/11/23 | <0.10 | | mg/kg | |
| | | | Anthracène | 2017/11/23 | <0.10 | | mg/kg | |

Dossier Maxxam: B769005
Date du rapport: 2017/11/27

GHD Consultants Ltée
Votre # du projet: 11143038-A1
Adresse du site: RUE DU SANCTUAIRE, STE-ANNE-BEAUPRÉ,
QC
Votre # de commande: 76208742
Initiales du préleveur: AP, NA

RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ (SUITE)

| Lot AQ/CQ | Init | Type CQ | Groupe | Date Analysé | Valeur | Réc | Unités | Limites CQ |
|--------------|------|-----------------|-----------------------------|--------------|--------|-----|--------|------------|
| | | | Benzo(a)anthracène | 2017/11/23 | <0.10 | | mg/kg | |
| | | | Benzo(a)pyrène | 2017/11/23 | <0.10 | | mg/kg | |
| | | | Benzo(b)fluoranthène | 2017/11/23 | <0.10 | | mg/kg | |
| | | | Benzo(j)fluoranthène | 2017/11/23 | <0.10 | | mg/kg | |
| | | | Benzo(k)fluoranthène | 2017/11/23 | <0.10 | | mg/kg | |
| | | | Benzo(b+j+k)fluoranthène | 2017/11/23 | <0.10 | | mg/kg | |
| | | | Benzo(c)phénanthrène | 2017/11/23 | <0.10 | | mg/kg | |
| | | | Benzo(ghi)pérylène | 2017/11/23 | <0.10 | | mg/kg | |
| | | | Chrysène | 2017/11/23 | <0.10 | | mg/kg | |
| | | | Dibenzo(a,h)anthracène | 2017/11/23 | <0.10 | | mg/kg | |
| | | | Dibenzo(a,i)pyrène | 2017/11/23 | <0.10 | | mg/kg | |
| | | | Dibenzo(a,h)pyrène | 2017/11/23 | <0.10 | | mg/kg | |
| | | | Dibenzo(a,l)pyrène | 2017/11/23 | <0.10 | | mg/kg | |
| | | | 7,12-Diméthylbenzanthracène | 2017/11/23 | <0.10 | | mg/kg | |
| | | | Fluoranthène | 2017/11/23 | <0.10 | | mg/kg | |
| | | | Fluorène | 2017/11/23 | <0.10 | | mg/kg | |
| | | | Indéno(1,2,3-cd)pyrène | 2017/11/23 | <0.10 | | mg/kg | |
| | | | 3-Méthylcholanthrène | 2017/11/23 | <0.10 | | mg/kg | |
| | | | Naphtalène | 2017/11/23 | <0.10 | | mg/kg | |
| | | | Phénanthrène | 2017/11/23 | <0.10 | | mg/kg | |
| | | | Pyrène | 2017/11/23 | <0.10 | | mg/kg | |
| | | | 2-Méthylnaphtalène | 2017/11/23 | <0.10 | | mg/kg | |
| | | | 1-Méthylnaphtalène | 2017/11/23 | <0.10 | | mg/kg | |
| | | | 1,3-Diméthylnaphtalène | 2017/11/23 | <0.10 | | mg/kg | |
| | | | 2,3,5-Triméthylnaphtalène | 2017/11/23 | <0.10 | | mg/kg | |
| 1860574 | GTE | RPD [EW0641-01] | Acénaphène | 2017/11/23 | NC | | % | 50 |
| | | | Acénaphylène | 2017/11/23 | NC | | % | 50 |
| | | | Anthracène | 2017/11/23 | NC | | % | 50 |
| | | | Benzo(a)anthracène | 2017/11/23 | NC | | % | 50 |
| | | | Benzo(a)pyrène | 2017/11/23 | NC | | % | 50 |
| | | | Benzo(b)fluoranthène | 2017/11/23 | NC | | % | 50 |
| | | | Benzo(j)fluoranthène | 2017/11/23 | NC | | % | 50 |
| | | | Benzo(k)fluoranthène | 2017/11/23 | NC | | % | 50 |
| | | | Benzo(b+j+k)fluoranthène | 2017/11/23 | NC | | % | 50 |
| | | | Benzo(c)phénanthrène | 2017/11/23 | NC | | % | 50 |
| | | | Benzo(ghi)pérylène | 2017/11/23 | NC | | % | 50 |
| | | | Chrysène | 2017/11/23 | NC | | % | 50 |
| | | | Dibenzo(a,h)anthracène | 2017/11/23 | NC | | % | 50 |
| | | | Dibenzo(a,i)pyrène | 2017/11/23 | NC | | % | 50 |
| | | | Dibenzo(a,h)pyrène | 2017/11/23 | NC | | % | 50 |
| | | | Dibenzo(a,l)pyrène | 2017/11/23 | NC | | % | 50 |
| | | | 7,12-Diméthylbenzanthracène | 2017/11/23 | NC | | % | 50 |
| | | | Fluoranthène | 2017/11/23 | NC | | % | 50 |
| | | | Fluorène | 2017/11/23 | NC | | % | 50 |
| | | | Indéno(1,2,3-cd)pyrène | 2017/11/23 | NC | | % | 50 |
| | | | 3-Méthylcholanthrène | 2017/11/23 | NC | | % | 50 |
| | | | Naphtalène | 2017/11/23 | NC | | % | 50 |
| | | | Phénanthrène | 2017/11/23 | NC | | % | 50 |
| | | | Pyrène | 2017/11/23 | NC | | % | 50 |

Dossier Maxxam: B769005
Date du rapport: 2017/11/27

GHD Consultants Ltée
Votre # du projet: 11143038-A1
Adresse du site: RUE DU SANCTUAIRE, STE-ANNE-BEAUPRÉ,
QC
Votre # de commande: 76208742
Initiales du préleveur: AP, NA

RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ (SUITE)

| Lot AQ/CQ | Init | Type CQ | Groupe | Date Analysé | Valeur | Réc | Unités | Limites CQ |
|--------------|------|---------|---------------------------|--------------|--------|-----|--------|------------|
| | | | 2-Méthylnaphtalène | 2017/11/23 | NC | | % | 50 |
| | | | 1-Méthylnaphtalène | 2017/11/23 | NC | | % | 50 |
| | | | 1,3-Diméthylnaphtalène | 2017/11/23 | NC | | % | 50 |
| | | | 2,3,5-Triméthylnaphtalène | 2017/11/23 | NC | | % | 50 |

Duplicata: Deux parties aliquotes distinctes obtenues à partir d'un même échantillon et soumises en même temps au même processus analytique du prétraitement au dosage. Les duplicatas servent à vérifier la variance de la mesure.

MRC: Un échantillon de concentration connue préparé dans des conditions rigoureuses par un organisme externe. Utilisé pour vérifier la justesse de la méthode.

Blanc fortifié: Un blanc, d'une matrice exempte de contaminants, auquel a été ajouté une quantité connue d'analyte provenant généralement d'une deuxième source. Utilisé pour évaluer la précision de la méthode.

Blanc de méthode: Une partie aliquote de matrice pure soumise au même processus analytique que les échantillons, du prétraitement au dosage. Sert à évaluer toutes contaminations du laboratoire.

Surrogate: Composé se comportant de façon similaire aux composés analysés et ajouté à l'échantillon avant l'analyse. Sert à évaluer la qualité de l'extraction.

NC (RPD du duplicata) : La RPD du duplicata n'a pas été calculée. La concentration de l'échantillon ou du duplicata était trop faible pour permettre le calcul de la RPD (différence absolue <= 2x LDR)

Réc = Récupération

Dossier Maxxam: B769005
Date du rapport: 2017/11/27

GHD Consultants Ltée
Votre # du projet: 11143038-A1
Adresse du site: RUE DU SANCTUAIRE, STE-ANNE-BEAUPRÉ,
QC
Votre # de commande: 76208742
Initiales du préleveur: AP, NA

PAGE DES SIGNATURES DE VALIDATION

Les résultats analytiques ainsi que les données de contrôle-qualité contenus dans ce rapport furent vérifiés et validés par les personnes suivantes:




David Provencher, B.Sc., Chimiste, Analyste Senior




Mathieu Letourneau, B.Sc., Chimiste, Spécialiste scientifique

Maxxam a mis en place des procédures qui protègent contre l'utilisation non autorisée de la signature électronique et emploie les «signataires» requis, conformément à la section 5.10.2 de la norme ISO/CEI 17025:2005(E). Veuillez vous référer à la page des signatures de validation pour obtenir les détails des validations pour chaque division.

Annexe E
**« Grille de gestion des sols excavés » du « Guide
d'intervention » du MDDELCC**



Grille de gestion des sols excavés (juillet 2016)

du Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

| Niveau de contamination | Options de gestion |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ≤ critère A ¹ | 1. Utilisation sans restriction sur tout terrain |
| < critère B (valeurs limites de l'annexe I du RPRT) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Ailleurs que sur le terrain d'origine, les sols ne peuvent être déposés que sur des sols dont la concentration en contaminants est égale ou supérieure à celle des sols remblayés (article 4 du RSCTSC) et s'ils n'émettent pas d'odeurs d'hydrocarbures perceptibles. 2. Aux mêmes conditions, déposés sur ou dans des terrains destinés à l'habitation s'ils sont utilisés comme matériau de remblayage dans le cadre de travaux de réhabilitation de terrains faits conformément à la LQE. |
| ≤ critère B (valeurs limites de l'annexe I du RPRT) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Valorisés sur le terrain d'origine ou sur le terrain à partir duquel a eu lieu l'activité à l'origine de la contamination. 2. Valorisés comme matériau de recouvrement journalier ou final dans un lieu d'enfouissement technique (LET) ou comme matériau de recouvrement hebdomadaire ou final dans un lieu d'enfouissement en tranchée ou comme recouvrement mensuel ou final dans un lieu d'enfouissement de débris de construction ou de démolition, conformément au REIMR aux conditions des articles 42, 50, 90, 91, 105 ou 106. 3. Valorisés comme recouvrement final dans un lieu d'enfouissement de sols contaminés (LESC) aux conditions décrites à l'article 38 du RESC ou valorisés dans un système de captage des gaz prévu à l'article 13 du RESC. 4. Valorisés comme recouvrement final d'un lieu de dépôt définitif de matières dangereuses aux conditions de l'article 101 du RMD. 5. Valorisés comme matériau de recouvrement final dans un système de gestion qui comporte le dépôt définitif par enfouissement de déchets de fabriques de pâtes et papiers, aux conditions de l'article 116 du Règlement sur les fabriques de pâtes et papiers (RFPP). 6. Valorisés sur un lieu d'élimination nécessitant un recouvrement, aux conditions prévues au certificat d'autorisation en vertu de l'article 22 de la LQE. 7. Valorisés avec ou sans MRF, comme matériau apte à la végétation dans des projets de restauration d'aires d'accumulation de résidus miniers² ou dans la couverture de lieux visés par le RFPP, le RESC ou le RMD. Ne doit dégager aucune odeur d'hydrocarbures perceptible. Dans le cas d'ajout de MRF, le projet doit être autorisé et respecter le <i>Guide sur l'utilisation de matières résiduelles fertilisantes pour la restauration de la couverture végétale de lieux dégradés</i>³. 8. Valorisés comme couche de protection d'une géomembrane utilisée dans un système multicouche lors de la restauration d'une aire d'accumulation de résidus miniers générateurs d'acide.² 9. Éliminés dans un lieu d'enfouissement visé par le RESC. 10. Éliminés dans un LET, un lieu d'enfouissement en tranchée, un lieu d'enfouissement en milieu nordique, un lieu d'enfouissement de débris de construction ou de démolition ou un lieu d'enfouissement en territoire isolé, conformément à l'article 4 du REIMR. |
| ≥ critère B et ≤ critère C | <ol style="list-style-type: none"> 1. Utilisés sur le terrain d'origine comme matériau de remblayage à la condition que les concentrations mesurées respectent les critères ou valeurs limites réglementaires applicables aux sols selon l'usage et le zonage. 2. Valorisés comme matériau de recouvrement dans un LET ou comme matériau de recouvrement hebdomadaire dans un lieu d'enfouissement en tranchée, aux conditions des articles 42, 50 ou 90 du REIMR. Ces conditions incluent notamment que les concentrations de composés organiques volatils soient égales ou inférieures aux critères B. 3. Traités sur place ou dans un lieu de traitement autorisé. 4. Éliminés dans un lieu d'enfouissement visé par le RESC. |
| < annexe I du RESC | <ol style="list-style-type: none"> 1. Utilisés pour remplir des dépressions naturelles ou des excavations sur le terrain d'origine lors de travaux de réhabilitation aux conditions prévues dans le plan de réhabilitation approuvé dans le cadre d'une analyse de risques (dossiers GTE), à la condition que les C₁₀-C₅₀ et les COV respectent les critères d'usage. 2. Traités sur place ou dans un lieu de traitement autorisé. 3. Éliminés dans un lieu d'enfouissement visé par le RESC. |
| ≥ annexe I du RESC | <ol style="list-style-type: none"> 1. Décontaminés sur place ou dans un lieu de traitement autorisé et gestion selon le résultat obtenu. Si cela est impossible, éliminés dans un lieu d'enfouissement visé par le RESC pour les exceptions mentionnées à l'article 4.1^o a, b ou c. |



Grille de gestion des sols excavés (juillet 2016)

du Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

| Niveau de contamination | Options de gestion |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cas particuliers | <ol style="list-style-type: none">1. Des sols contaminés peuvent être utilisés, à condition de ne dégager aucune odeur d'hydrocarbures perceptible, pour la construction d'un écran visuel ou antibruit dont l'utilité est démontrée :<ol style="list-style-type: none">a. Sur un terrain résidentiel avec des sols du terrain d'origine :<ol style="list-style-type: none">i. dont les concentrations sont $\leq B$;ii. dont les concentrations sont $\leq C$, lors de travaux de réhabilitation sur le terrain réalisés conformément au plan de réhabilitation approuvé dans le cadre d'une analyse de risque (dossiers GTE), sous les mesures de confinement, à condition que les sols contiennent des concentrations $\leq B$ en C_{10}-C_{50} et en composés organiques volatils (COV)⁴;iii. dont les concentrations sont $<$ annexe I du RESC, lors de travaux de réhabilitation sur le terrain réalisés conformément au plan de réhabilitation approuvé dans le cadre d'une analyse de risque (dossiers GTE), sous les mesures de confinement, à condition que les sols en place soient de niveau $> C$ et que les sols déposés contiennent des concentrations $\leq B$ en C_{10}-C_{50} et en COV⁴;b. Sur un terrain commercial/industriel avec des sols du terrain d'origine :<ol style="list-style-type: none">i. dont les concentrations sont $\leq C$;ii. dont les concentrations sont $\leq C$, lors de travaux de réhabilitation sur le terrain réalisés conformément au plan de réhabilitation approuvé dans le cadre d'une analyse de risque (dossiers GTE), sous les mesures de confinement;iii. dont les concentrations sont $<$ annexe I du RESC, lors de travaux de réhabilitation sur le terrain réalisés conformément au plan de réhabilitation approuvé dans le cadre d'une analyse de risque (dossiers GTE), sous les mesures de confinement, à condition que les sols en place soient $> C$, et que les sols déposés contiennent des concentrations $\leq C$ en C_{10}-C_{50} et en COV⁴.2. La valorisation de sols contaminés dans un procédé en remplacement d'une matière vierge est possible aux conditions de l'autorisation.3. Les sols $\geq B$ peuvent être acheminés sur les aires de résidus miniers, s'ils sont contaminés exclusivement par des métaux ou métalloïdes résultant des activités minières de l'entreprise responsable de l'aire, aux conditions de l'autorisation délivrée par le Ministère (article 6 du RSCTSC).4. Les sols $\geq B$ peuvent être acheminés dans un lieu de dépôt définitif de matières dangereuses aux conditions du certificat d'autorisation détenu par ce lieu pour recevoir des sols. |

Note : S'il y a présence de matières résiduelles dans les sols, se référer à la figure 12 de la section 7.7.2.

¹ S'il est établi que la concentration naturelle dans le sol importé est supérieure au critère A et à la concentration du sol récepteur, il est recommandé au propriétaire du terrain récepteur de garder une trace du remblayage (localisation, niveau de contamination, provenance des sols importés), de façon à ce qu'il puisse, le cas échéant, démontrer qu'il ne s'agit pas d'une contamination anthropique. Faute de l'existence d'une telle trace, le Ministère considérera que les sols ont été contaminés par l'activité humaine et ils devront donc être gérés comme tels. Advenant le cas où les concentrations naturelles excèdent largement les critères génériques recommandés pour l'usage qui est fait du terrain récepteur, un avis sur les possibles risques à la santé et l'à-propos du remblayage avec de tels sols pourra être demandé à la direction de santé publique.

² Ne s'applique pas aux sols contaminés = B, à moins que ces sols n'aient d'abord transité par un lieu visé à l'article 6 du Règlement sur le stockage et les centres de transfert de sols contaminés. Les sols excavés $\geq B$ ne peuvent en effet être acheminés directement que dans des lieux légalement autorisés à les recevoir et listés à l'article 6 du RSCTSC.

³ Il faudra toutefois s'assurer que la valorisation de sols A-B, auxquels on aura ajouté des matières fertilisantes ou non, entraîne un effet bénéfique, par exemple, sur la croissance de la végétation, et que ces sols répondent à un besoin réel, l'ajout de sols n'étant pas essentiel dans tous les cas de restauration minière. Il sera possible de s'assurer du bien-fondé du projet de valorisation et de son contrôle dans le cadre du certificat d'autorisation délivré préalablement à sa réalisation.

⁴ L'écran visuel ou antibruit doit être recouvert de 1 m de sols $\leq A$ ou de 40 cm $\leq A$ aux endroits recouverts d'une structure permanente (asphalte ou béton). Il est possible d'utiliser des MRF dans la couche apte à la végétation selon les orientations du *Guide sur l'utilisation des matières résiduelles fertilisantes pour la restauration de la couverture végétale des lieux dégradés* si la résultante est $\leq A$.

www.ghd.com





Annexe B
Étude hydraulique

Note technique Quai à Sainte-Anne-de-Beaupré

Version 02, 09 février 2018

Niveaux d'eau:

Voici les résultats des statistiques des niveaux d'eau pour la station de Saint-François-de-l'Île-d'Orléans :

Tableau 1 - Niveaux d'eau à la station de Saint-François-de-l'Île-d'Orléans.

| | | | |
|------------------------------|-----------------------------------|---------------|--------|
| Station | Saint-François-de-l'Île-d'Orléans | | |
| Port de référence | Saint-François-de-l'Île-d'Orléans | | |
| Carte marine no. | 1317 | | |
| Type de marées | Semi-diurne | | |
| Marnage | Marée moyenne | | 4,8 m |
| | Grande marée | | 6,7 m |
| Hauteur | Pleine mer supérieure | Marée moyenne | 5,5 m |
| | | Grande marée | 6,8 m |
| | Basse mer inférieure | Marée moyenne | 0,6 m |
| | | Grande marée | 0,1 m |
| Extrêmes enregistrés | Extrême de pleine mer | | 7,7 m |
| | Extrême de basse mer | | -0,6 m |
| Niveau moyen de l'eau | | | 2,9 m |

Sur la base des informations du SHC à propos de Saint-François (IO), la « pleine mer de grande marée » (PMSGM) serait à Sainte-Anne-de-Beaupré à l'élévation +6,8 m ZC. Selon les analyses réalisées par Ropas Consultats, ce résultat est corrigé pour le Quai à Sainte-Anne-de-Beaupré à +6,74 m ZC ou +4,36 m NMM, et il se produirait en moyenne 3 heures par an (Niveau

géodésique (NMM) = Niveau marégraphique (ZC) - 2.388 m.). Ce niveau d'eau est retenu pour la conception des ouvrages au site à l'étude.

Génération des vagues :

La génération des vagues a été réalisée à partir des vents enregistrés à Saint-François-de-l'Île-d'Orléans.

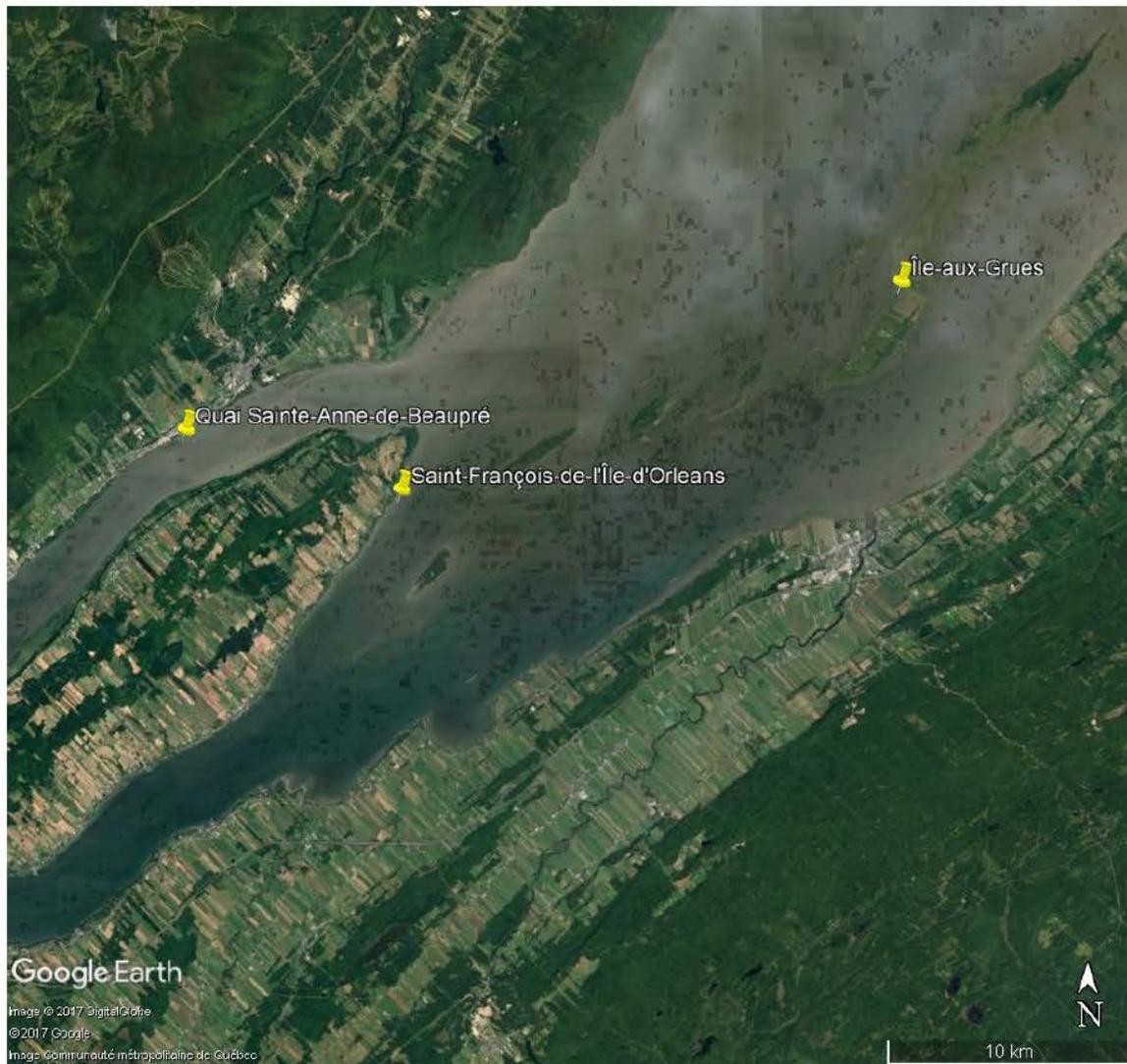


Figure 1 – Stations de vents disponibles.

Telle que montrée à la figure précédente, cette station est la plus proche du site à l'étude et elle se trouve dans l'alignement du site à l'étude. De plus, cette station a l'avantage d'être sur le quai à Saint-François, donc les données de vents ne sont pas trop influencées par le sol, les montagnes et

les accidents du terrain. Cet aspect permettra de n'utiliser pas des facteurs de pondération des vagues trop élevés.

La période d'analyse retenue est l'année complète du 1er janvier 1986 au 31 décembre 2012 (8 760 heures/an), cas extrême qui risque de se produire lors de températures hivernales particulièrement douces. Étant donné que la station à Saint-François se trouve sur le quai et elle n'est pas trop influencée par le sol, les montagnes et les accidents du terrain, un facteur de pondérations des vents égal à 1,0 a été retenu. Finalement, la méthode de prédiction des vagues Shore Protection Manual 1977 (SPM 1977) a été retenue pour la génération des vagues au large.

La figure suivante montre la rose des vents.

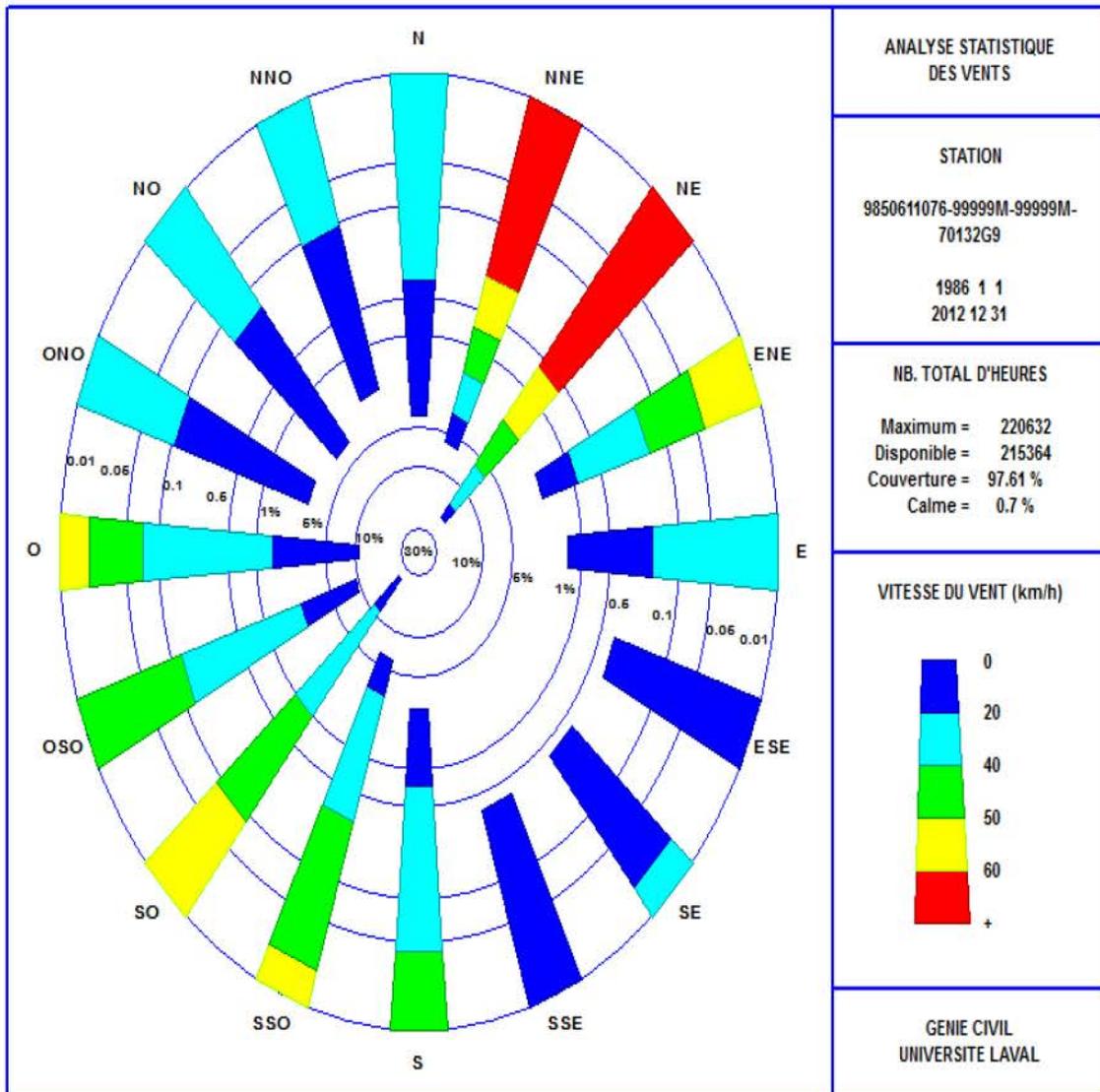


Figure 2 – Rose des vents.

Tandis que la figure suivante montre la rose des vagues au large du site à l'étude.

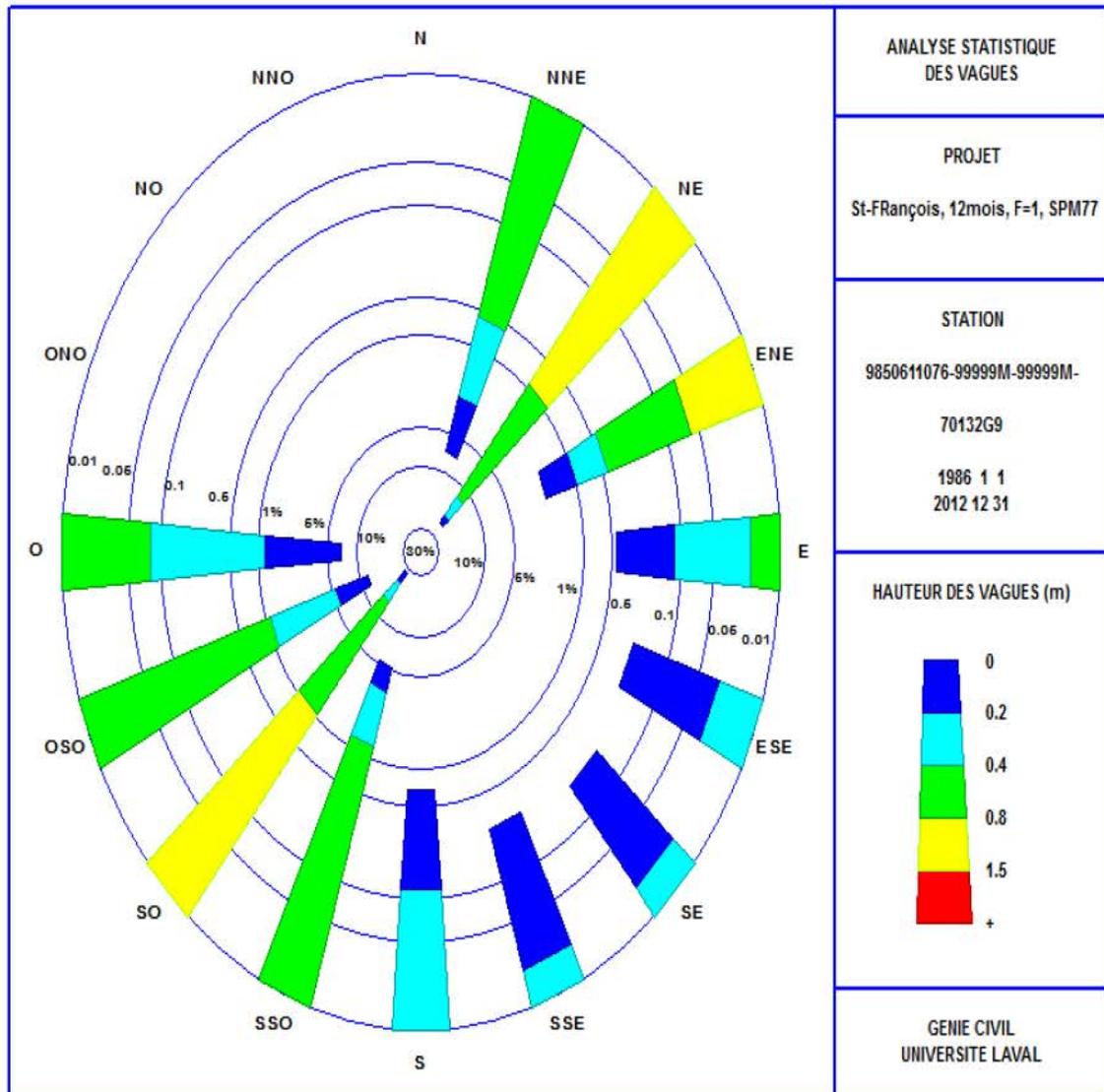


Figure 3 – Rose des vagues.

Le tableau suivant montre les statistiques des vagues au site à l'étude dans la période 1986 - 2012.

Tableau 2 - statistiques des vagues au site à l'étude dans la période 1986 - 2012.

DIRECTION DES VAGUES: ENSEMBLE DES DONNÉES

STATION: 9850611076-99999M-99999M- (70132G9) DU 1986-01-01 AU 2012-12-31

PROJET: St-François, 12mois, F=1, SPM77

----- P E R I O D E T_p (s e c o n d e s) -----

| HAUTEUR Hs (mètres) | 0.0 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 9.0 | 10.0 | 11.0 | 12.0 | 13.0 | TOTAL | LIGNE | A(%) | B(%) | C(%) |
|---------------------------|------------|----------|-----------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|--------|-------|-------|-------|------|
| | a | a | a | a | a | a | a | a | a | a | a | a | a | a | à | | | | |
| | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 9.0 | 10.0 | 11.0 | 12.0 | 13.0 | plus | | | | | |
| 0.00-0.10 | 1141721895 | | | | | | | | | | | | | | 33312 | 17.52 | 15.47 | 88.27 | |
| 0.10-0.20 | 7928549 | 5465 | | | | | | | | | | | | | 34093 | 17.93 | 15.83 | 72.80 | |
| 0.20-0.30 | 33 | 78428649 | | | | | | | | | | | | | 29466 | 15.50 | 13.68 | 56.97 | |
| 0.30-0.40 | | 27361 | | | | | | | | | | | | | 27361 | 14.39 | 12.70 | 43.29 | |
| 0.40-0.50 | | | 768816339 | | | | | | | | | | | | 24027 | 12.64 | 11.16 | 30.59 | |
| 0.50-0.60 | | | 8019002 | | | | | | | | | | | | 19082 | 10.04 | 8.86 | 19.43 | |
| 0.60-0.70 | | | 11595 | | | | | | | | | | | | 11595 | 6.10 | 5.38 | 10.57 | |
| 0.70-0.80 | | | 5698 | 883 | | | | | | | | | | | 6581 | 3.46 | 3.06 | 5.19 | |
| 0.80-0.90 | | | 761 | 1996 | | | | | | | | | | | 2757 | 1.45 | 1.28 | 2.13 | |
| 0.90-1.00 | | | | 1173 | | | | | | | | | | | 1173 | 0.62 | 0.54 | 0.85 | |
| 1.00-1.25 | | | | | 615 | | | | | | | | | | 615 | 0.32 | 0.29 | 0.31 | |
| 1.25-1.50 | | | | | 28 | 13 | | | | | | | | | 41 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | |
| 1.50-1.75 | | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 1.75-2.00 | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 2.00-2.50 | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 2.50-3.00 | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 3.00-3.50 | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 3.50-4.00 | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 4.00-4.50 | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 4.50-5.00 | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 5.00&plus | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |
| TOTAL COL | 11529 | | 69243 | | 4695 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 190104 | | | | |
| | 51228 | | 53395 | | 14 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| A (%) | 6.1 | 26.9 | 36.4 | 28.1 | 2.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | | | | |
| B (%) | 5.4 | 23.8 | 32.2 | 24.8 | 2.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | | | | |
| C (%) | 88.3 | 82.9 | 59.1 | 27.0 | 2.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | | | | |

| | | |
|------------------------------------|--|---------------------------------------------|
| Nombre de valeurs | | Fourcentages selon les lignes et les |
| | | colonnes basés sur le nombre de valeurs: |
| Selon cette direction: | | A: selon cette direction |
| Selon l'ensemble des directions: | | B: selon l'ensemble des directions |
| Pourcentage selon cette direction: | | C: pourcentage de dépassement déduit de 'B' |

Dans ce tableau, on obtient au large du site à l'étude 14 heures de vagues avec des périodes entre 5 et 6 secondes, ainsi que jusqu'à 42 heures de vagues avec des hauteurs de 1,25 mètre et plus.

De plus, la figure suivante montre les valeurs synchrones entre les niveaux d'eau et les hauteurs de vague.

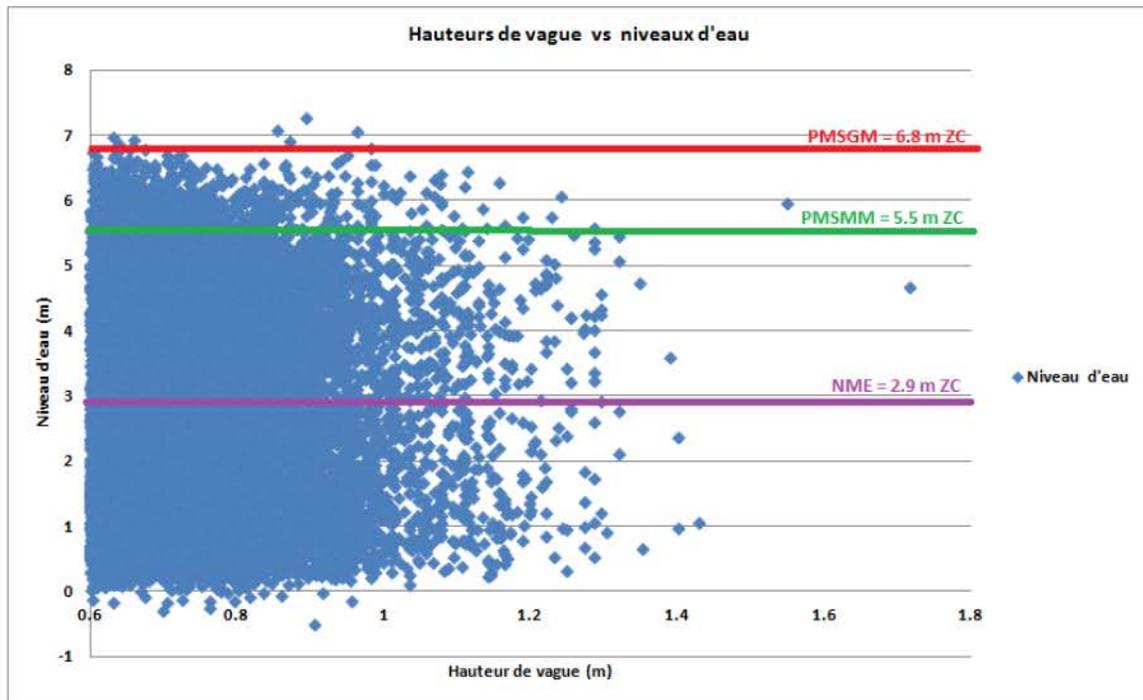


Figure 4 – Valeurs synchrones entre les niveaux d'eau et les hauteurs de vague.

À la figure précédente on observe que le niveau de la Pleine Mer Supérieure Marée Moyenne (+5,5 m ZC) est dépassé fréquemment, et que considérer comme critère de conception le niveau d'eau imposé par la Pleine Mer Supérieure Grande Marée (+6,8 m) est justifié.

Le tableau suivant montre les hauteurs de vague pour différentes récurrences selon une distribution de type Gumbel et du type Weibull.

Tableau 3 - Récurrence des vagues au large (intervalle de confiance = 95%) :

| Période de retour | Gumbel | | Weibull | |
|-------------------|---------|------------|---------|------------|
| | Hso (m) | Écart-type | Hso (m) | Écart-type |
| 2 ans | 1,24 | 0,06 | 1,22 | 0,06 |
| 5 ans | 1,37 | 0,09 | 0,36 | 0,12 |
| 10 ans | 1,46 | 0,12 | 1,46 | 0,17 |
| 25 ans | 1,57 | 0,16 | 1,6 | 0,24 |
| 50 ans | 1,65 | 0,19 | 1,7 | 0,3 |
| 75 ans | 1,7 | 0,21 | 1,76 | 0,33 |
| 100 ans | 1,73 | 0,22 | 1,8 | 0,36 |

En considérant que les écarts-types pour la distribution de type Gumbel sont plus faibles que ceux de la distribution de type Weibull, les résultats trouvés à l'aide de la distribution de type Gumbel sont retenus pour la conception des ouvrages. Selon cette distribution, la hauteur de vague au large peut varier entre 1.24 m et 1,73 mètre, pour des récurrences entre deux et cent ans. La

hauteur de vague retenue pour la conception des ouvrages de protection est celle de récurrence 50 ans trouvée à l'aide de la distribution de type Gumbel, c'est-à-dire : 1,65 m.

La figure suivante montre les valeurs synchrones entre les niveaux d'eau et les hauteurs de vague, ainsi que le critère de conception retenu (hauteur de vague au large de 1.65 m et niveau d'eau égal à la PMSGM = + 6.8 m).

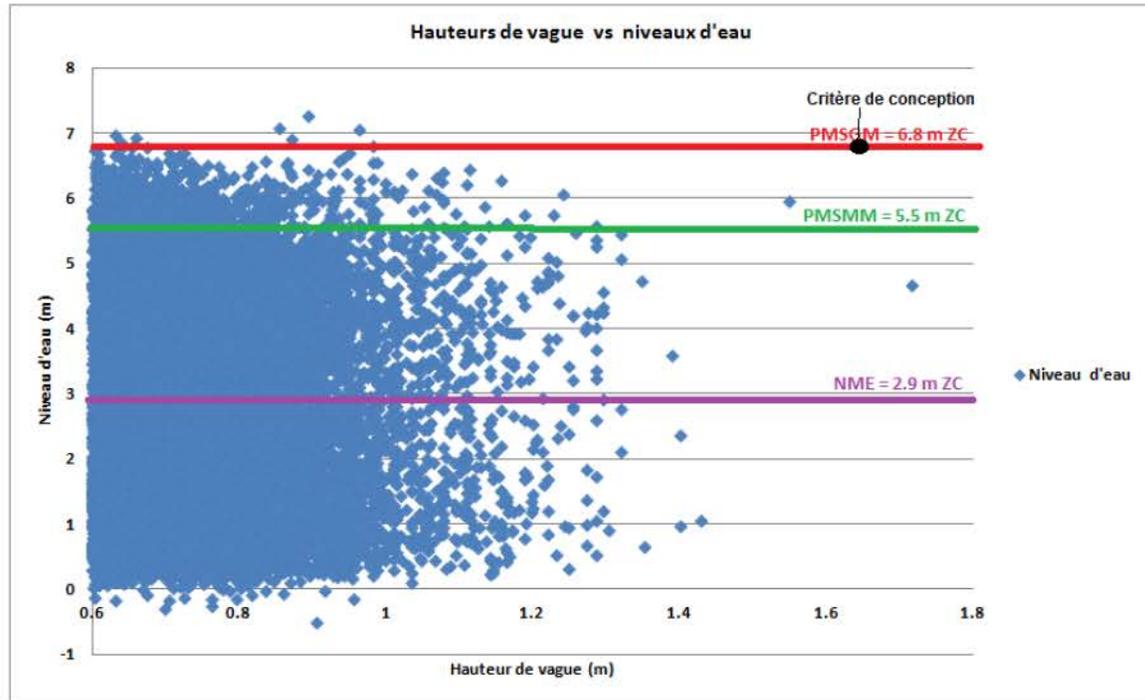


Figure 5 – Valeurs synchrones entre les niveaux d'eau et les hauteurs de vague, et critère de conception retenu.

Dans cette figure on observe que notre choix de critère de conception est conservateur. De plus, il faut rappeler que la période d'analyse retenue pour nos analyses est l'année complète (12 mois), cas extrême qui risque de se produire lors de températures hivernales particulièrement douces, scénario réaliste en considérant les changements climatiques.

En effet, nous vivons présentement une tendance au réchauffement climatique qui se montre par un rehaussement des niveaux d'eau, ainsi que pour une diminution de la période de couverture des glaces pendant l'hiver. Ce dernier aspect risque de produire une augmentation des contraintes et des sollicitations dues aux vagues pendant la période hivernale. La figure suivante montre les résultats par rapport à l'élévation du niveau moyen des mers à l'échelle du globe selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, 2013).

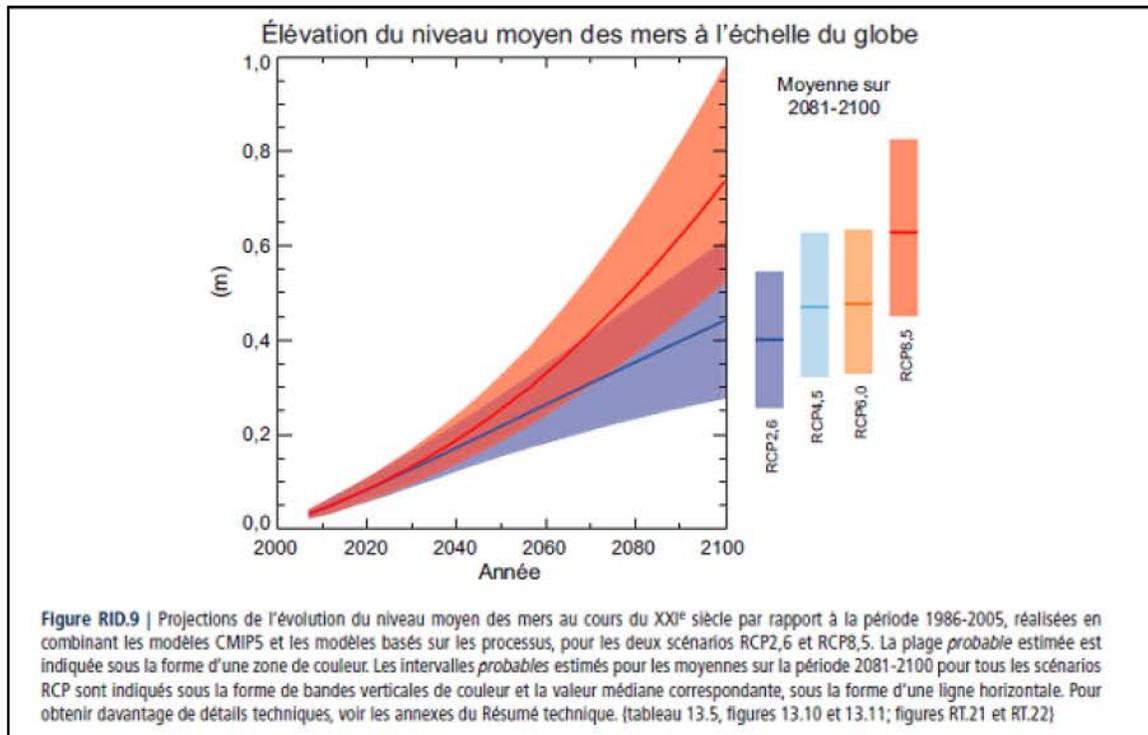


Figure 6 – Élévation du niveau moyen des mers à l'échelle du globe (GIEC, 2013).

À ce moment, une augmentation du niveau moyen des mers de l'ordre de 0.25 m pour l'année 2050 serait à prévoir, tandis qu'une augmentation de l'ordre de 0.75 m serait possible sur la période 2081-2100.

Cependant, il faut mentionner que l'opération prévue du quai est saisonnière (été et automne), ce qui sera en dehors des périodes de tempêtes et grandes marées qui surviennent généralement tard l'automne ou au printemps lorsqu'il n'y a pas de couvert de glace. Avec l'objectif de montrer la répartition saisonnière des niveaux d'eau extrêmes, la figure suivante montre le niveau d'eau maximal mensuel pour le site à l'étude.

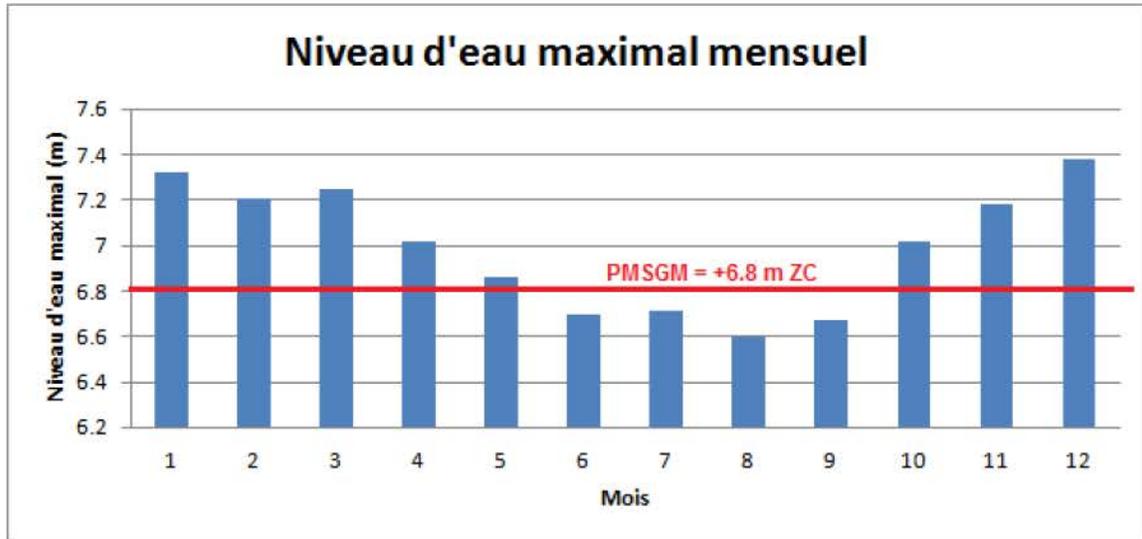


Figure 7 – Niveau d'eau maximal mensuel.

À la figure précédente, on observe que pendant la période estivale les niveaux d'eau sont plus faibles que pendant la période hivernale. De plus, on constate que l'augmentation du niveau moyen de la mer prévue pendant la période de vie utile de l'ouvrage (± 0.25 m), est bien représentée par notre choix de niveau d'eau de conception, c'est-à-dire: la PMSGM = +6.8 m ZC.

Finalement, mentionner que nous considérons que les marées et les conditions de vagues les plus pénalisantes arrivent au même temps, ce qui risque de diminuer davantage la récurrence de conception.

Transformation des vagues entre le large et le site à l'étude :

Lorsque les vagues approchent de la côte à partir du large, elles subissent des transformations sous l'effet des profondeurs d'eau, de la bathymétrie, ainsi que du frottement sur le fond.

Pour analyser la transformation des vagues, le modèle SWAN a été utilisé. SWAN est un outil de calcul reconnu internationalement dans le domaine de l'hydrodynamique et il permet de calculer l'évolution des vagues générées par le vent dans les régions côtières, dans diverses profondeurs d'eau. Il tient compte des phénomènes physiques suivants:

- Réfraction des vagues sur un fond à profondeur variable
- Propagation réfractive causée par les courants et le changement de profondeur d'eau
- Génération des vagues par le vent
- Dissipation par «whitecapping»
- Dissipation par le déferlement des vagues
- Dissipation induite par le frottement sur le fond
- Interactions non linéaires entre les vagues

Le tableau suivant montre les paramètres imposés dans le logiciel SWAN pour les modélisations des vagues réalisées dans la présente étude.

Tableau 4 - Paramètres imposés dans le logiciel SWAN.

| | |
|------------------------|--------------------------------------|
| Basic Equations | Fully Spectral Formulation |
| Spectrum | Default : JONSWAP ($\gamma = 3.3$) |
| Time Formulation | None Stationary Formulation |
| Water Level Conditions | Constant = +6.8 m ZC |
| Current Conditions | None |
| Wind Forcing | Vmed = 17 m/s |
| Ice Coverage | None |
| Diffraction | Not included |
| Energy Transfer | Include quadruplet-wave interaction |
| Wave Breaking | Specified $\gamma = 0.73$ |
| Bottom Friction | Constant D90 = 0,1 mm |
| White Capping | Included |
| Initial Conditions | Default : Kahma and Calkoen (1992) |

Par rapport aux conditions de frontière latérales, l'approche de modélisation suivie a été de faire la modélisation pour l'ensemble du secteur en utilisant une grande grille avec une densité des points de 5 m x 5 m, et une deuxième grille imbriquée à l'intérieur de cette grande grille pour le secteur plus proche du Quai de Sainte-Anne-de-Beaupré. La densité de la deuxième grille imbriquée a été de 1 m x 1 m. La figure suivante montre les deux grilles utilisées pour les analyses.



Figure 8 - Grilles utilisées pour l'analyse de la transformation des vagues.

Cette procédure a été suivie avec l'objectif d'éliminer les possibles erreurs induites par l'imposition des conditions de frontière aux limites du secteur modélisé. En effet, le logiciel SWAN recommande d'éloigner le plus possible les frontières du système du secteur à l'étude, ainsi que l'utilisation d'une deuxième grille de calcul imbriquée pour le secteur d'intérêt. À ce moment, le logiciel Swan génère les conditions de frontière au périmètre de la grille imbriquée en fonction des paramètres spectraux, en améliorant considérablement la qualité des résultats et la stabilité du modèle.

À titre d'exemple, la figure suivante montre les résultats de la transformation des vagues pour la vague de récurrence 50 ans.

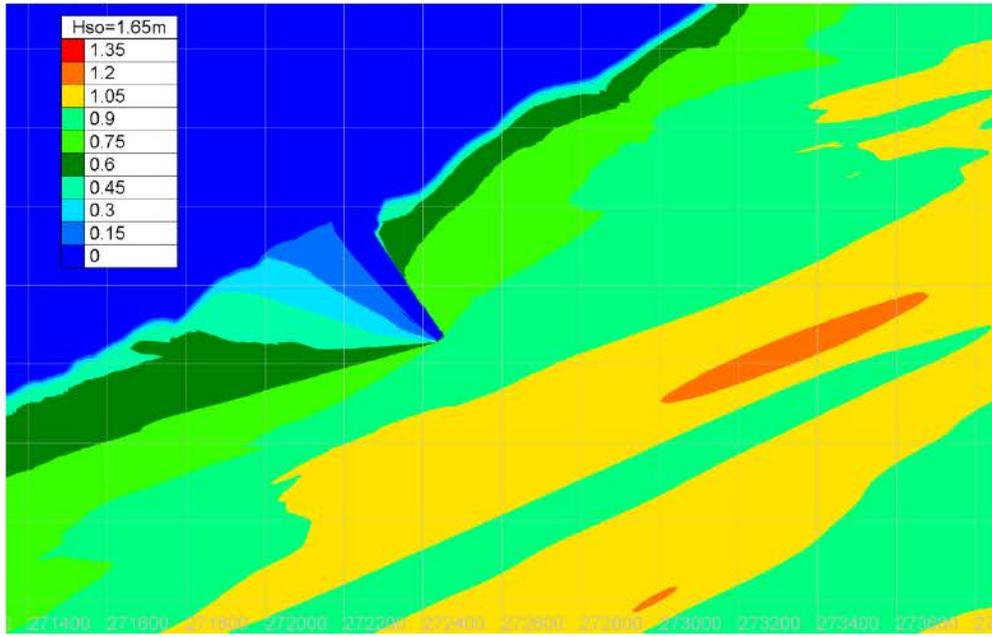


Figure 9 – Résultats de la transformation des vagues pour la vague de récurrence 50 ans.

De plus, les résultats de la transformation des vagues ont été extraits au long de 17 profils différents. La figure suivante montre l'emplacement des différents profils.



Figure 10 –Emplacement des différents profils analysés.

Le tableau suivant montre les résultats de la transformation des vagues pour chaque profil pour la vague de récurrence 50 ans.

Tableau 5 - Hauteurs de vague significative en face aux ouvrages, récurrence 50 ans

| Secteur Est | | Secteur Ouest | |
|-------------|-------------|---------------|-------------|
| Profil | Hauteur (m) | Profil | Hauteur (m) |
| E01 | 0,98 | O01 | 0,71 |
| E02 | 0,87 | O02 | 0,68 |
| E03 | 0,84 | O03 | 0,67 |
| E04 | 0,83 | O04 | 0,66 |
| E05 | 0,74 | O05 | 0,63 |
| E06 | 0,65 | O06 | 0,62 |
| E07 | 0,63 | O07 | 0,60 |
| E08 | 0,13 | O08 | 0,58 |

Au tableau précédent, on observe que pour les différents profils analysés, la hauteur de vague significative en face aux ouvrages varie entre 0,98 m et 0,13, pour le secteur ouest du quai, tandis que pour le secteur Est du quai la hauteur de vague significative en face aux ouvrages varie entre 0,71 m et 0,58 m.

Conception des enrochements :

À partir des résultats précédents, et à l'aide de la formulation de Hudson telle que présentée au Shore Protection Manual de 1984, on trouverait des grosseurs de pierre de carapace de l'ordre de 0,1 à 0,6 tonne. Ces grosseurs de pierre ne sont pas recommandées dans un environnement soumis aux contraintes de glace tel que l'estuaire du fleuve Saint-Laurent.

Pour tenir compte de la présence des glaces, il est recommandé d'utiliser des enrochements placés selon une pente de 1,5 / 1 (H/V) et des pierres de carapace pour le secteur à l'Est du quai :

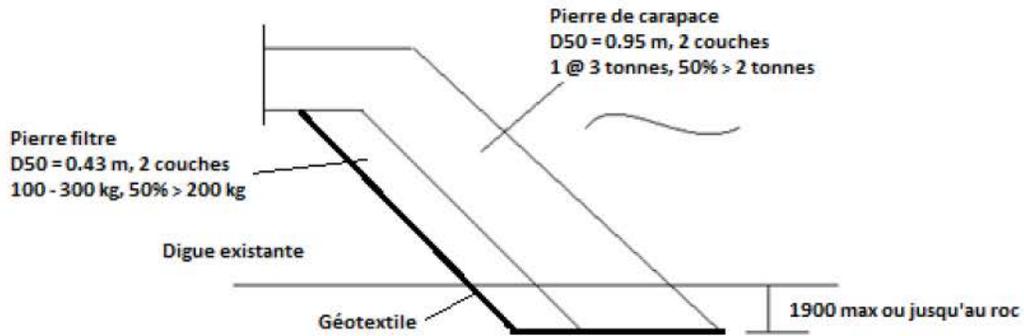
- 1 à 3 tonnes pour les 200m à l'extrémité du quai (épaisseur de couche de 1,9 m). Pierre filtre 100 à 300 kg (épaisseur de couche de 1,9 m);
- 0,5 à 1,5 tonne pour les 150 prochains mètres jusqu'à la tour de navigation (épaisseur de couche de 1,5 m). Pierre filtre 50 à 150 kg (épaisseur de couche de 0,7 m);
- Une plantation entre la tour de navigation et la racine du quai.

Pour le secteur à l'Ouest du quai :

- 1 à 3 tonnes pour les 200m à l'extrémité du quai (épaisseur de couche de 1,9 m). Pierre filtre 100 à 300 kg (épaisseur de couche de 1,9 m);
- 0,5 à 1,5 tonne pour le reste du quai.

La figure suivante montre les enrochements proposés.

ENROCHEMENT TYPE 1 (SECTEUR AU LARGE)



ENROCHEMENT TYPE 2 (SECTEUR INTÉRIEUR)

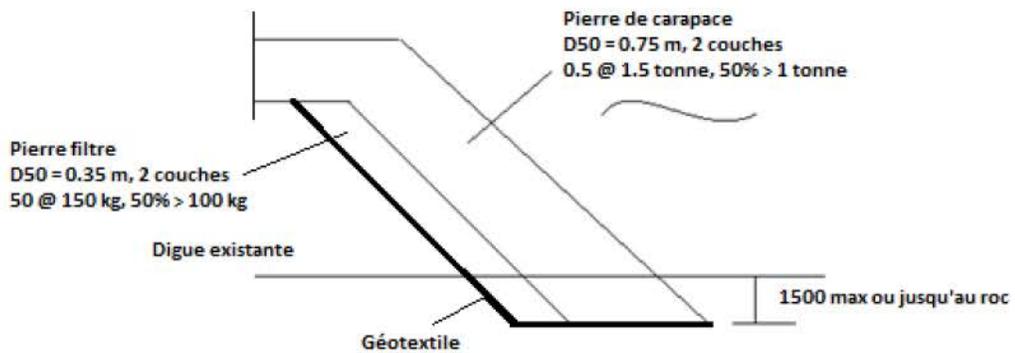


Figure 11 – Coupes types proposées.

Par rapport à la détermination de l'élévation de la crête de l'enrochement, la méthode proposée par Delft Hydraulics (1989, CEM 2002) est utilisée. L'élévation de la crête est le résultat de l'addition du niveau d'eau de conception, de l'élévation jusqu'où l'eau va monter sur l'enrochement (run-up), auquel on ajoute 0,3 mètre de sécurité. La figure suivante présente l'interprétation du paramètre run-up ($R(t)$) et du Set-up (η).

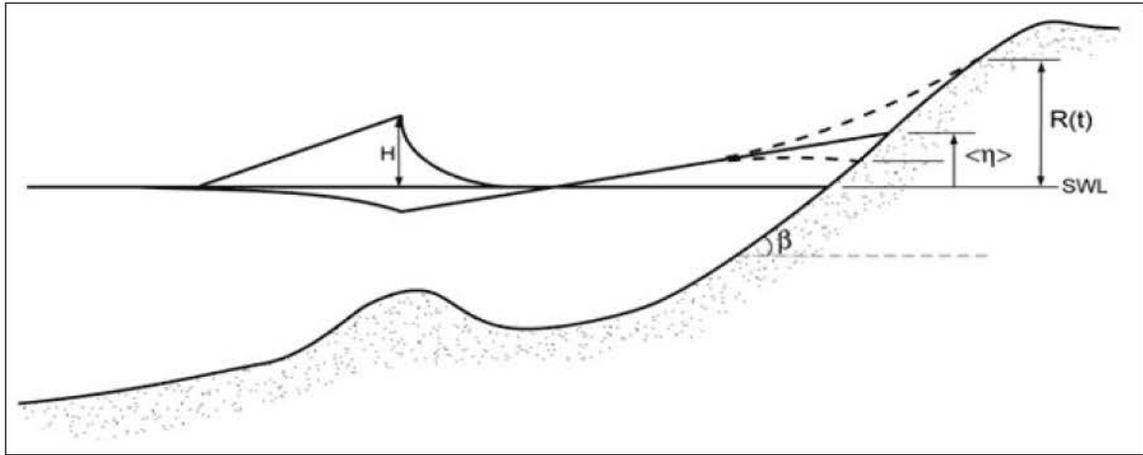


Figure 12 – Run-up, set-up et run-down des vagues.

Le tableau suivant montre les résultats de l'analyse de la remontée des vagues pour la vague de récurrence 50 ans. Deux élévations de crête sont présentées : l'élévation de crête seulement dépassée que par le 10% des vagues à l'intérieur de la tempête de récurrence 50 ans, et l'élévation de crête dépassée par le 50% des vagues à l'intérieur de la tempête de récurrence 50 ans.

Tableau 6 - Résultats de l'analyse de la remontée des vagues et de l'élévation de la crête

| Profil | Hauteur (m) | Élévation 10% (m) | Élévation 50% (m) | Élévation proposée (m NMM) |
|--------|-------------|-------------------|-------------------|----------------------------|
| E01 | 0,98 | 6,1 | 5,5 | 6,1 |
| E02 | 0,87 | 6,1 | 5,5 | |
| E03 | 0,84 | 5,9 | 5,3 | 5,9 |
| E04 | 0,83 | 5,9 | 5,3 | |
| E05 | 0,74 | 5,7 | 5,3 | 5,7 |
| E06 | 0,65 | 5,6 | 5,2 | 5,6 |
| E07 | 0,63 | 5,6 | 5,2 | |
| E08 | 0,13 | 4,7 | 4,7 | Actuelle |

Au tableau précédent, on observe que :

- Si nous voulons permettre que la crête de l'engrochement à l'extrémité du quai soit dépassée seulement par la remontée des vagues du 10% des vagues à l'intérieur d'une tempête de conception, il faudrait fixer la crête de l'engrochement à l'élévation 6,1 m.
- Après les 100 derniers mètres du quai, on peut commencer réduire l'élévation de la crête telle que montrée à la dernière colonne du tableau précédent.

Lester Trujillo Gonzalez, ing., Ph. D.
Génie hydraulique, fluvial et maritime.
Numéro de membre OIQ : 5026547



Annexe C
Plans des travaux proposés

7

6

5

4

3

2

1

G

F

E

D

C

B

A



LÉGENDE

| | Existant | Proposé |
|-------------------------------------|----------|----------|
| Niveau de terrain | 100 | 100.00 |
| Partie de drainage | [Symbol] | [Symbol] |
| Note au plan | [Symbol] | [Symbol] |
| Ligne d'implant et de bit | [Symbol] | [Symbol] |
| Mur | [Symbol] | [Symbol] |
| Sol, abaissement | [Symbol] | [Symbol] |
| Rue | [Symbol] | [Symbol] |
| Arbre feuill., Conif., Palmier | [Symbol] | [Symbol] |
| Poteau télégraphique / Éclairage | [Symbol] | [Symbol] |
| Éclairage d'ambiance | [Symbol] | [Symbol] |
| Arbre élagué / Arbre à planter | [Symbol] | [Symbol] |
| Poteau public, Hauteur | [Symbol] | [Symbol] |
| Câble électrique aérien | [Symbol] | [Symbol] |
| Câble électrique souterrain | [Symbol] | [Symbol] |
| Conduite de gaz souterrain | [Symbol] | [Symbol] |
| Poteau enseigne | [Symbol] | [Symbol] |
| Bord pavage | [Symbol] | [Symbol] |
| Bord gazon | [Symbol] | [Symbol] |
| Trottoir | [Symbol] | [Symbol] |
| Bordure | [Symbol] | [Symbol] |
| Panneau | [Symbol] | [Symbol] |
| Fosse | [Symbol] | [Symbol] |
| Heul de bois | [Symbol] | [Symbol] |
| Bas de bois | [Symbol] | [Symbol] |
| Clôture | [Symbol] | [Symbol] |
| Conduite d'égout | [Symbol] | [Symbol] |
| Entrée de service | [Symbol] | [Symbol] |
| Traverse (200mm) (au et au-dessus) | [Symbol] | [Symbol] |
| Traverse (100mm) (au et au-dessus) | [Symbol] | [Symbol] |
| Traverse (100mm) (au et au-dessous) | [Symbol] | [Symbol] |
| Verre d'égout | [Symbol] | [Symbol] |
| Boche d'égout | [Symbol] | [Symbol] |
| Boche | [Symbol] | [Symbol] |
| Plaque | [Symbol] | [Symbol] |
| Conduite de rétroéclairage | [Symbol] | [Symbol] |
| Réglet et égout souterrain | [Symbol] | [Symbol] |
| Réglet et égout combiné | [Symbol] | [Symbol] |
| Réglet et égout pluvial | [Symbol] | [Symbol] |
| Réglet-pluvial | [Symbol] | [Symbol] |
| Plancher | [Symbol] | [Symbol] |
| Clôture de sécurité | [Symbol] | [Symbol] |
| Plaque d'application / Forage | [Symbol] | [Symbol] |
| Sondage géotechnique | [Symbol] | [Symbol] |
| Éclairage à décodeur | [Symbol] | [Symbol] |
| Éclairage à récepteur | [Symbol] | [Symbol] |
| Éclairage à commutateur | [Symbol] | [Symbol] |
| Éclairage à secteur | [Symbol] | [Symbol] |

TOUTES LES ÉLEVATIONS SONT EN GÉODÉSIQUE

NOTES DE LA CONCEPTION PRÉLIMINAIRE
 CE DOCUMENT EST UN PROJET DE CONCEPTION PRÉLIMINAIRE. IL NE DOIT PAS ÊTRE UTILISÉ POUR LA CONSTRUCTION. SEULEMENT LES DIMENSIONS ET LES ÉLEVATIONS SONT GARANTIES. LE CLIENT EST RESPONSABLE DE LA VÉRIFICATION DES DIMENSIONS ET DES ÉLEVATIONS SUR LE terrain.

| NO | DATE | RAISON DE CONCEPTION | ÉLÉV. | PAR |
|----|------|----------------------|-------|-----|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

CLIENT:
 COORPORATION DE DÉVELOPPEMENT DU QUAI DE SAINTE-ANNE-DE-BEAUPRÉ

PROJET:
 QUAI DE SAINTE-ANNE DE BEAUPRÉ

TYPE:
 CONCEPTION PRÉLIMINAIRE PLAN

CONC.: S. Perras Ing. / N. Dussault Ing. / L. Trépanier-Gosselin Ing.
 DÉSSINÉ: S. Lavoie Tech.
 VÉRIFIÉ: S. Perras Ing.
 APPROUVÉ: S. Perras Ing.

ÉCHELLE 1:500

PROJET NO.: 115642.001, QCO 1 de 2 DA

CONVERSION: ELEV. MARÉGRAPHIQUE = ÉLÉV. GÉODÉSIQUE + 2.388

G

F

E

D

C

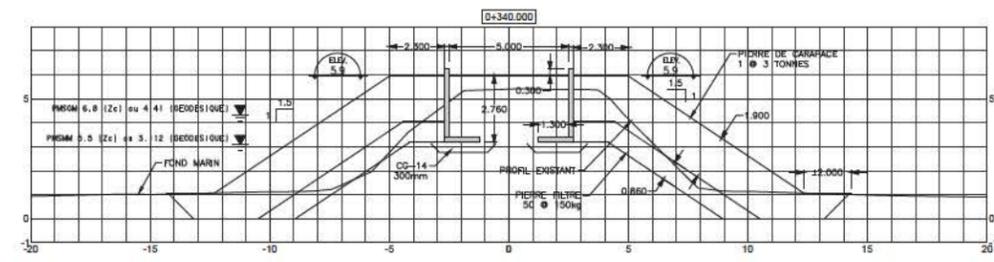
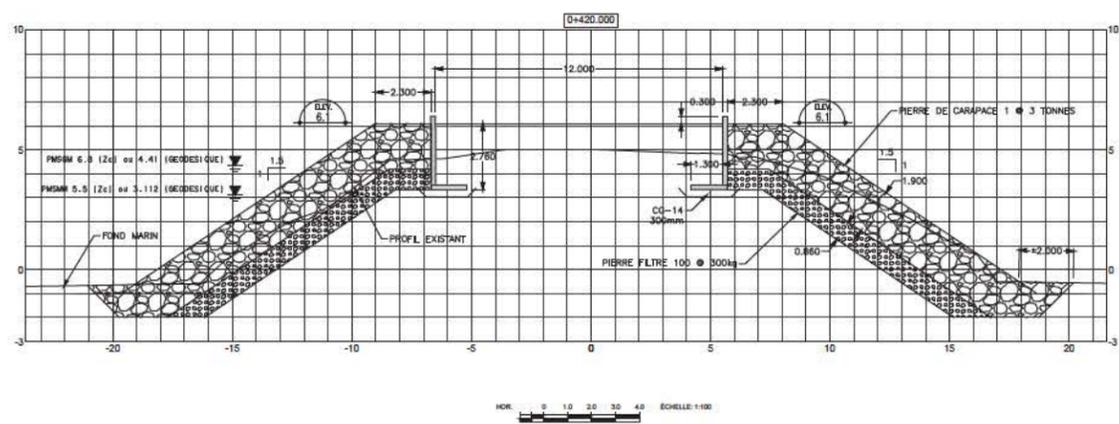
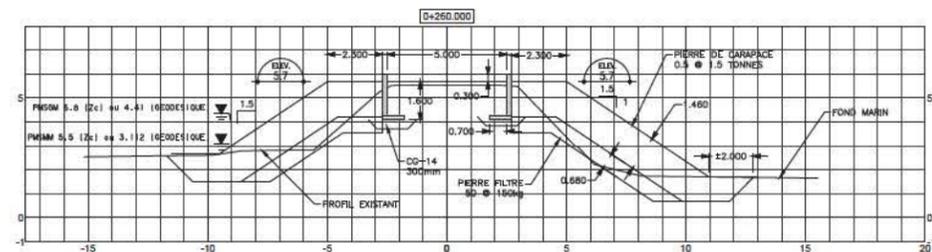
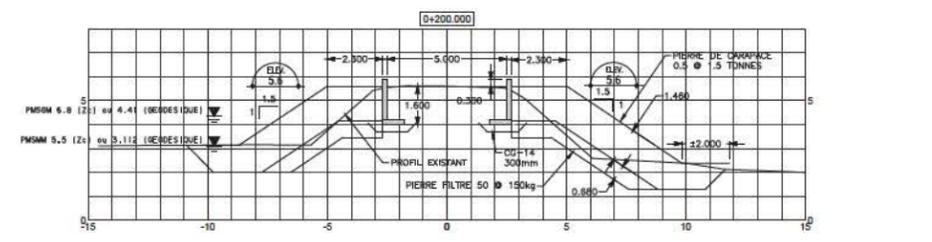
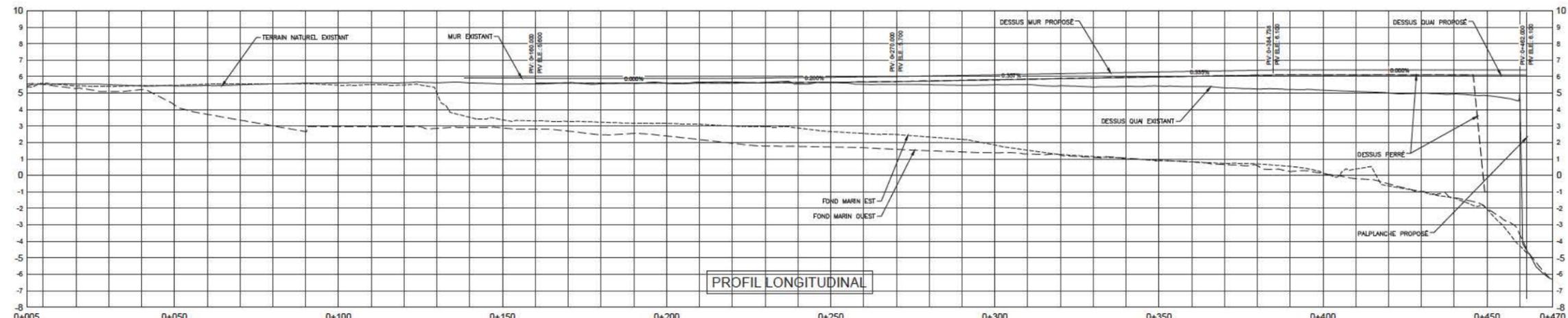
B

A



LÉGENDE

| Existant | Proposé |
|----------------------------------|----------------------------------|
| Niveaux de terrain | Niveaux de terrain |
| Partie de drainage | Partie de drainage |
| Note au plan | Note au plan |
| Ligne d'implant et de bit | Ligne d'implant et de bit |
| Mur | Mur |
| Solac, abriement | Solac, abriement |
| Rive | Rive |
| Attre-File, Coffre, Ancre | Attre-File, Coffre, Ancre |
| Poutres métalliques / Électrique | Poutres métalliques / Électrique |
| Éclairage de signalisation | Éclairage de signalisation |
| Avec 300mm/300mm | Avec 300mm/300mm |
| Poutres poutre, Heudon | Poutres poutre, Heudon |
| Câble électrique aérien | Câble électrique aérien |
| Câble électrique souterrain | Câble électrique souterrain |
| Conduite de gaz souterrain | Conduite de gaz souterrain |
| Poutres encastrées | Poutres encastrées |
| Bord pavé | Bord pavé |
| Trottoir | Trottoir |
| Bordure | Bordure |
| Panneau | Panneau |
| Fosse | Fosse |
| Heul de bois | Heul de bois |
| Sea de bois | Sea de bois |
| Clôture | Clôture |
| Conduite d'égout | Conduite d'égout |
| Entrée de service | Entrée de service |
| Arrière (200mm) (eau et égout) | Arrière (200mm) (eau et égout) |
| Arrière (100mm) (eau et égout) | Arrière (100mm) (eau et égout) |
| Verre d'égout | Verre d'égout |
| Bouche d'égout | Bouche d'égout |
| Éclairage | Éclairage |
| Placard | Placard |
| Conduite de rétroéclairage | Conduite de rétroéclairage |
| Regard et égout souterrain | Regard et égout souterrain |
| Regard et égout aérien | Regard et égout aérien |
| Regard et égout pluvial | Regard et égout pluvial |
| Placard | Placard |
| Clôture de sécurité | Clôture de sécurité |
| Pile d'application / Forage | Pile d'application / Forage |
| Sondage géotechnique | Sondage géotechnique |
| Démont à réintégrer | Démont à réintégrer |
| Démont à recouvrir | Démont à recouvrir |
| Démont à conserver | Démont à conserver |
| Démont à enlever | Démont à enlever |



TOUTES LES ÉLEVATIONS SONT EN GÉODÉSIQUE

NOTES: 1. Les hauteurs indiquées sont en géodésique. 2. Les hauteurs indiquées sont en géodésique. 3. Les hauteurs indiquées sont en géodésique. 4. Les hauteurs indiquées sont en géodésique. 5. Les hauteurs indiquées sont en géodésique. 6. Les hauteurs indiquées sont en géodésique. 7. Les hauteurs indiquées sont en géodésique. 8. Les hauteurs indiquées sont en géodésique. 9. Les hauteurs indiquées sont en géodésique. 10. Les hauteurs indiquées sont en géodésique.

| | | |
|----|------|-----------|
| NO | DATE | REVISIONS |
| | | |
| | | |
| | | |

PROJET: COORPORATION DE DÉVELOPPEMENT DU QUAI DE SAINTE-ANNE-DE-BEAUPRÉ

PROJET: QUAI DE SAINTE-ANNE DE BEAUPRÉ

TYPE: CONCEPTION PRÉLIMINAIRE PROFIL COUPES

CONC: S. Farnon Ing. / L. Daveling Ing. / L. Trochu-Gonzalez Ing.
 DES: S. Farnon Ing.
 VÉRIF: S. Farnon Ing.
 APPROV: S. Farnon Ing.

HOR: 0 50 100 150 200 30.0 ÉCHELLE HOR: 1:500
 VERT: 0 1.0 2.0 3.0 4.0 ÉCHELLE VERT: 1:100



Annexe D
Estimation des coûts



Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré
Réfection du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré
Estimation préliminaire (Étape de concept)

PROJET N° : 115642.001

14 mars 2018

| ITEM | DESCRIPTION | REF. | QUANTITÉ | UNITÉ | PRIX UNITAIRE | MONTANT TOTAL |
|-------|----------------------------------------------------------------------|------|----------|----------------|-----------------------|---------------------|
| 1.0 | <u>ORGANISATION DE CHANTIER (10%)</u> | | 1 | forfaitaire | 573 000.00 \$ | 573 000 \$ |
| | | | | | Sous-total 1.0 | 573 000 \$ |
| 2.0 | <u>INFRASTRUCTURES</u> | | | | | |
| 2.1 | <u>Déblai/remblai</u> | | | | | |
| 2.1.1 | Déblai/remblai et ajustement du profil | | 2000 | m2 | 20.00 \$ | 40 000 \$ |
| 2.1.2 | Enlèvement et disposition du béton et autres rebuts | | 1 | forfaitaire | 10 000.00 \$ | 10 000 \$ |
| 2.2 | <u>Voirie</u> | | | | | |
| 2.2.1 | MG-112 (450 mm) | | 3433 | m2 | 12.00 \$ | 41 196 \$ |
| 2.2.2 | MG-20 (200 mm) | | 3433 | m2 | 12.00 \$ | 41 196 \$ |
| 2.2.3 | Pavage (75mm EB-14) | | 600 | tonnes | 110.00 \$ | 66 000 \$ |
| 2.3 | <u>Murets de béton</u> | | | | | |
| 2.3.1 | Côté Est - Ch.0+160 à 0+300 | | 140 | m.l. | 1 000.00 \$ | 140 000 \$ |
| 2.3.2 | Côté Est - Ch.0+300 à 0+450 | | 150 | m.l. | 2 000.00 \$ | 300 000 \$ |
| 2.3.3 | Côté Ouest - Ch.0+160 à 0+300 | | 140 | m.l. | 1 000.00 \$ | 140 000 \$ |
| 2.3.4 | Côté Ouest - Ch.0+300 à 0+450 | | 150 | m.l. | 2 000.00 \$ | 300 000 \$ |
| 2.4 | <u>Aménagements divers secteur d'accueil et stationnement</u> | | 1 | un. | 50 000.00 \$ | 50 000 \$ |
| | | | | | Sous-total 2.0 | 1 128 392 \$ |
| 3.0 | <u>RECONSTRUCTION DE LA DIGUE D'APPROCHE</u> | | | | | |
| 3.1 | <u>Côté Est</u> | | | | | |
| 3.1.1 | Déblai et remblai | | 3400 | m ³ | 22.00 \$ | 74 800 \$ |
| 3.1.2 | Aménagement d'une clé et formation du profil | | 300 | m | 75.00 \$ | 22 500 \$ |
| 3.1.3 | Pierre Filtre 100 @ 300kg | | 2500 | t | 28.00 \$ | 70 000 \$ |
| 3.1.4 | Pierre de Carapace 1 @ 3 tonnes | | 7200 | t | 50.00 \$ | 360 000 \$ |
| 3.1.5 | Pierre Filtre 50 @ 150kg | | 1320 | t | 25.00 \$ | 33 000 \$ |
| 3.1.6 | Pierre de Carapace .5 @ 1.5 tonnes | | 3800 | t | 45.00 \$ | 171 000 \$ |
| 3.1.7 | Membrane géotextile | | 6600 | m2 | 7.00 \$ | 46 200 \$ |
| 3.2 | <u>Côté Ouest</u> | | | | | |
| 3.2.1 | Déblai et remblai | | 3800 | m ³ | 22.00 \$ | 83 600 \$ |
| 3.2.2 | Aménagement d'une clé et formation du profil | | 300 | m | 75.00 \$ | 22 500 \$ |
| 3.2.3 | Pierre Filtre 100 @ 300kg | | 2300 | t | 28.00 \$ | 64 400 \$ |
| 3.2.4 | Pierre de Carapace 1 @ 3 tonnes | | 6500 | t | 50.00 \$ | 325 000 \$ |
| 3.2.5 | Pierre Filtre 50 @ 150kg | | 1500 | t | 25.00 \$ | 37 500 \$ |
| 3.2.6 | Pierre de Carapace .5 @ 1.5 tonnes | | 4200 | t | 45.00 \$ | 189 000 \$ |
| 3.2.7 | Membrane géotextile | | 6600 | m2 | 7.00 \$ | 46 200 \$ |
| | | | | | Sous-total 3.0 | 1 545 700 \$ |



Corporation de développement du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré
Réfection du quai de Sainte-Anne-de-Beaupré
Estimation préliminaire (Étape de concept)

PROJET N° : 115642.001

14 mars 2018

| ITEM | DESCRIPTION | REF. | QUANTITÉ | UNITÉ | PRIX UNITAIRE | MONTANT TOTAL |
|------------|-------------------------------------------------------------|------|----------|----------------|----------------------------------|------------------------|
| 4.0 | <u>RECONSTRUCTION DE LA TÊTE DE QUAI</u> | | | | | |
| 4.1 | <u>Démolition</u> | | | | | |
| 4.1.1 | Démolition partielle du mur berlinois existant | | 52 | m lin. | 300 | 15 600 \$ |
| 4.1.2 | Démantèlement de la rampe existante | | 1 | Global | 10 000 | 10 000 \$ |
| 4.2 | <u>Excavation et remblai</u> | | | | | |
| 4.2.1 | Excavation du remblai existant | | 870 | m ³ | 40 | 34 800 \$ |
| 4.2.2 | Excavation d'enrochement | | 900 | m ³ | 75 | 67 500 \$ |
| 4.2.3 | Remblai | | 2 430 | m ³ | 60 | 145 800 \$ |
| 4.3 | <u>Ouvrages métallique</u> | | | | | |
| 4.3.1 | Pieux (fourniture) | | 30 | Unité | 18 000 | 540 000 \$ |
| 4.3.2 | Pieux (mise en place) | | 30 | Unité | 20 000 | 600 000 \$ |
| 4.3.3 | Paire de palplanche (fourniture) | | 29 | Unité | 12 000 | 348 000 \$ |
| 4.3.4 | Paire de palplanche (mise en place) | | 29 | Unité | 4 000 | 116 000 \$ |
| 4.3.5 | Tirants (fourniture) | | 340 | m lin. | 300 | 102 000 \$ |
| 4.3.6 | Tirants (mise en place) | | 17 | Unité | 1 500 | 25 500 \$ |
| 4.3.7 | Ancrages au roc (fourniture et mise en place) | | 18 | Unité | 20 000 | 360 000 \$ |
| 4.3.8 | Bollard d'amarrage (fourniture et mise en place) | | 6 | Unité | 7 500 | 45 000 \$ |
| 4.3.9 | Échelles | | 4 | Unité | 6 000 | 24 000 \$ |
| 4.4 | <u>Béton</u> | | | | | |
| 4.4.1 | Couronnement en béton | | 70.0 | m ³ | 1 500 | 105 000 \$ |
| 4.4.2 | Béton de remplissage des pieux | | 300.0 | m ³ | 350 | 105 000 \$ |
| 4.4.3 | Bloc d'ancrage (fourniture et mise en place) | | 14.0 | m ³ | 1 200 | 16 800 \$ |
| 4.5 | <u>Divers</u> | | | | | |
| 4.5.1 | Défense en caoutchouc, ancrages, plaques, fixation et béton | | 6 | Unité | 12 000 | 72 000 \$ |
| 4.5.2 | Passerelle pour navires | | 1 | Global | 120 000 | 120 000 \$ |
| 4.5.3 | Passerelle et pontons flottants | | 1 | Global | 70 000 | 70 000 \$ |
| | | | | | Sous-total 4.0 | 2 923 000.00 \$ |
| 5.0 | <u>ÉLECTRICITÉ</u> | | | | | |
| 5.1 | Raccordement électrique (347/600 V) et panneaux | | 1 | forfaitaire | 10 000 \$ | 10 000 \$ |
| 5.2 | Réseau électrique 347V pour éclairage | | 1 | forfaitaire | 10 000 \$ | 10 000 \$ |
| 5.3 | Réseau électrique 600V pour quai | | 1 | forfaitaire | 10 000 \$ | 10 000 \$ |
| 5.4 | Unités d'éclairage décorative (incluant base) | | 12 | unité | 8 000 \$ | 96 000 \$ |
| | | | | | Sous-total 5.0 | 126 000 \$ |
| | | | | | SOUS-TOTAL | 6 296 092 \$ |
| | | | | | Imprévus (15%) | 945 000 \$ |
| | | | | | Frais contingents (15%) | 1 087 000 \$ |
| | | | | | SOUS-TOTAL (avant taxes) | 8 328 092 \$ |
| | | | | | T.P.S. (5 %) | 416 405 \$ |
| | | | | | T.V.Q. (9,975 %) | 830 727 \$ |
| | | | | | TOTAL - COÛTS DES TRAVAUX | 9 575 224 \$ |



1 800 463-2839
info@norda.com
norda.com