

Ministères des Transports

Direction générale de la Côte-Nord

Réponses aux questions et commentaires pour la modification du projet de reconstruction de la route d'accès au quai de Tête-à-la-Baleine sur le territoire de la municipalité de Côte-Nord-du-Golfe-du-Saint-Laurent par le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

Dossier 3211-02-266

Le 1^{er} avril 2022

Le présent document regroupe les réponses de la Direction générale de la Côte-Nord aux questions et commentaires de la Direction de l'évaluation environnementale des projets hydriques, pour le projet de reconstruction de la route d'accès au quai de Tête-à-la-Baleine sur le territoire de la municipalité de Côte-Nord-du-Golfe-du-Saint-Laurent.

Ces questions et commentaires font suite à la demande de modification du décret 184-2015, déposée par le ministère des Transports le 30 novembre 2021.

Réponses aux questions et commentaires

1 Description des milieux humides et hydriques

1.1 Caractérisation des milieux humides et hydriques

QCM-1 Le paragraphe 4 de l'article 5 du Règlement relatif à l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement de certains projets (RÉEIE), entré en vigueur le 23 mars 2018, exige que l'étude d'impact sur l'environnement contienne « une description du milieu récepteur et des impacts appréhendés du projet sur ce dernier incluant, lorsque le projet porte atteinte à des milieux humides et hydriques au sens de l'article 46.0.2 de la LQE, les renseignements et documents prévus à l'article 46.0.3 de cette loi ».

Considérant les contextes législatif et réglementaire qui sont dorénavant en vigueur, l'initiateur doit présenter l'ensemble des informations exigées à l'article 46.0.3 de la Loi sur la qualité de l'environnement. L'initiateur doit s'assurer que les informations présentées reflètent la situation actuelle et, le cas échéant, justifier l'utilisation de données dont il dispose déjà.

RÉPONSE-1 Nous avons produit une caractérisation écologique, qui est en réalité une mise à jour des données et un complément d'informations au rapport d'étude d'impact déposé en 2012. La caractérisation écologique a été déposée au même endroit que ce document.

2 Description des variantes de réalisation

2.1 Description de la variante sélectionnée

QCM-2 L'initiateur doit préciser si le remplacement des ponceaux existants est prévu dans les deux tronçons pour maintenir le lien hydrique sous la route puisque ceux-ci ne sont pas présentés sur le plan du document daté du 26 novembre 2021. Si tel est le cas, le dimensionnement et les paramètres de conception doivent être présentés. Si le remplacement des ponceaux n'est pas envisagé, l'initiateur doit le justifier. À ce sujet, il est à noter que le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) est d'avis que le maintien du lien hydrique existant permet de limiter les impacts de nature hydraulique (vitesse et niveau d'eau) dans le secteur à l'étude.

RÉPONSE-2 Il faut d'abord savoir que l'un des ponceaux a été retiré lors de travaux réalisés en urgence par le MTQ et que celui restant ne semble plus maintenir le lien hydrique depuis un certain temps déjà étant donné son état (voir photos suivantes).

Le 4 mai 2021, la Direction générale de la Côte-Nord a rencontré le MELCC, le MFFP et le MPO justement à propos de ce ponceau. Les gens présents lors de cette rencontre (analystes au régional) avaient convenu que le secteur de la route d'accès au quai était tellement grand, que le maintien de la connectivité, dans le cas présent, n'était pas primordial. Le retrait des ponceaux ne nuirait pas réellement au maintien de la connectivité considérant que les espèces peuvent encore se déplacer d'un milieu à l'autre. Par ailleurs, il a été discuté que le retrait de ces ponceaux pourrait permettre une meilleure colonisation du secteur par les végétaux aquatiques. Cet élément sera certainement intégré au suivi post-travaux.



Photos du ponceau encore présent sous la route

Une analyse sommaire (Stantec avait utilisé les termes « démonstration par l'absurde ») démontre que l'ajout de quelques ponceaux supplémentaires n'aurait pratiquement aucun impact sur l'équilibrage des niveaux de part et d'autre de la route. En effet, il a environ 1,05 million de mètres cubes (m³) à transiter lors d'une marée sur une période d'environ 3 heures. Seuls des ponts ou une série de ponceaux très rapprochés saurait améliorer la situation.

Du point de vue technique, la construction de ponceaux dans un contexte d'eau salée, de glace et de tassement différentiel des sols amène un certain nombre de défis. Le concepteur doit faire des compromis entre la flexibilité du tuyau pour qu'il soit en mesure de prendre les tassements différentiels tout en étant capable de résister à l'eau salée. Il doit prévoir des extrémités résistant à l'écrasement par les glaces et avoir un poids suffisant pour éviter un soulèvement par la pression des glaces et des marées. Tout ceci génère un ouvrage qui va demander plus d'entretien que le reste de la jetée dans un contexte de milieux éloignés.

Par conséquent à moyen et long terme un mauvais entretien pourrait amener une faiblesse dans la structure de la jetée, entraînant ainsi des risques accrus de rupture de route lors des épisodes de tempête.

Étant donné que les ponceaux n'ont d'autre fonction que de reproduire la condition existante, que cette condition existante ne permet pas de réduire le gradient hydraulique observé d'une part et d'autres de la jetée, qu'ils engendrent potentiellement des problématiques techniques et que le fait de les retirer semble favoriser la régénérescence de l'herbier le MTQ n'a pas prévu le remplacement de ces ponceaux.

QCM-3 Les coupes types montrent un enrochement de calibre de 650 -800 mm. L'initiateur doit justifier le calibre sélectionné et les paramètres de conception et fournir, notamment, l'étude hydraulique qui a permis de retenir cette conception.

RÉPONSE-3 Vous trouverez ci-joint l'étude hydraulique réalisée pour le projet. C'est à la section 10 de ce rapport que vous trouverez les justifications et calculs utilisés pour déterminer le dimensionnement de la protection en enrochement.

3 Analyse des impacts du projet

3.1 Description des impacts

QCM-4 Les dispositions de la LQE et du RÉEIE prévoient certaines exigences en matière de considération des changements climatiques dans l'analyse des projets soumis au régime d'autorisation environnementale du Québec. Ces exigences sont traduites dans le *Guide à l'intention de l'initiateur-Les changements climatiques et l'évaluation environnementale* et résumées dans la fiche synthèse du guide.

Afin de se conformer à ces dispositions de la LQE et du RÉEIE, l'initiateur doit :

- Réaliser une estimation des gaz à effet de serre (GES) qui devraient être générés par le projet, comme demandé au paragraphe 5 du premier alinéa de l'article 5 du RÉEIE. Dans le cas du présent projet, c'est la période des travaux qui est visée. L'initiateur doit donc identifier les sources potentielles de GES (ex. : camions, machinerie, génératrices, etc.) et proposer des mesures visant à minimiser les émissions de GES durant les travaux.
- Réaliser une analyse des impacts et des risques anticipés des changements climatiques sur le projet et sur le milieu où il sera réalisé, comme demandé au paragraphe 6 du premier alinéa de l'article 5 du RÉEIE. Dans le cadre du présent projet, l'initiateur doit démontrer que la variante sélectionnée répondra bien aux conditions changeantes attendues en raison des changements climatiques.

RÉPONSE-4 L'estimation des GES a été effectuée et est présentée dans un rapport qui a également été déposé au même endroit que ce document.

En ce qui concerne les mesures visant à minimiser les émissions de GES pendant les travaux, voici la liste de celles que nous croyons applicables à ce projet :

- Utilisation de machinerie fixe ou mobile récente;
- Éviter de laisser la machinerie ou les véhicules fonctionner en tout temps, il faut éteindre les moteurs quand ils ne sont pas utilisés;
- Essayer de combiner le voyage de plusieurs personnes en même temps.

La deuxième partie de la question 4 concerne l'analyse des impacts et des risques anticipés des changements climatiques sur le projet. Les impacts et risques anticipés liés aux changements climatiques ont été pris en compte dans les calculs (voir page 7 et 8 de l'étude hydraulique section 6.5). En ce qui concerne le premier tronçon, le dimensionnement de la protection en enrochement est évalué en fonction d'événements extrêmes associés à des périodes de retour de 50 ans. Comme les contraintes géotechniques du tronçon 2 ne nous permettraient pas de rehausser la route pour la protéger des submersions, la mise en place d'un tapis de pavé de béton articulé sera utilisée comme revêtement de chaussée afin de la protéger du lessivage des matériaux lors des submersions. De cette façon, la route ne subira plus de dommage et pourra être remise en service rapidement après le retrait des eaux.

4 Approche Éviter-Minimiser-Compenser

QCM-5 L'approche d'atténuation « éviter-minimiser-compenser » pour l'atteinte aux milieux humides et hydriques (MHH) est au cœur de la section V.1 de la LQE et vise l'objectif d'aucune perte nette de MHH. La compensation est l'étape ultime de cette approche qui doit désormais faire partie de la conception des projets susceptibles d'entraîner des pertes de MHH.

L'initiateur doit démontrer de quelle façon l'approche d'atténuation a été prise en compte dans l'élaboration du projet. Il doit également expliquer de quelle façon la conception choisie permet d'éviter ou sinon de minimiser l'empiétement de la structure dans le milieu hydrique tout en étant résistant aux différentes forces érosives du secteur à l'étude.

RÉPONSE-5 L'approche d'atténuation a bien été prise en compte dans l'élaboration du projet, et ce, malgré les contraintes géotechniques importantes auxquelles les concepteurs étaient confrontés.

Les explications se trouvent dans la section 4.4 du document de caractérisation écologique.

5 Mesures de compensation

QCM-6 Afin de répondre aux exigences de la section V.1 de la LQE concernant les milieux humides et hydriques, l'initiateur doit :

- Fournir les superficies de pertes temporaires et permanentes maximales en rive et en littoral, causées par du déblai ou du remblai dans le cadre du projet.
- Dans le cas où il envisage de compenser les pertes en milieux humides et hydriques par des travaux visant la restauration ou la création de milieux humides et hydriques, présenter un plan de compensation préliminaire pour l'ensemble de ces pertes. Ce plan préliminaire devra minimalement contenir les éléments suivants :
 - o une carte de localisation des types de milieux humides et hydriques présents sur le site choisi avant la réalisation des travaux ainsi que des milieux qui seront restaurés ou créés;
 - o une caractérisation sommaire du site choisi pour la réalisation des travaux;
 - o les objectifs des travaux;
 - o une description sommaire des travaux;
 - o le plan des travaux, ainsi que l'échéancier préliminaire pour la réalisation de ce plan;
 - o un programme préliminaire de suivi qui inclut les objectifs poursuivis dans le cadre du suivi; une liste des éléments nécessitant un suivi environnemental; la durée minimale du programme de suivi ainsi que la fréquence des études prévues; les modalités concernant la production et la transmission des rapports de suivi (nombre, fréquence, délais et format) et les engagements de l'initiateur quant au dépôt du programme final et des rapports de suivi environnemental.
- L'initiateur devra compenser pour l'ensemble des pertes permanentes encourues, lesquelles seront validées lors des demandes d'autorisation qui seront déposées en vertu de l'article 22 de la LQE. L'initiateur doit ainsi s'engager à déposer, lors de chaque demande d'autorisation ministérielle en vertu de l'article 22, le bilan final des pertes liées à l'activité faisant l'objet de la demande et comportant des travaux en milieux humides et hydriques, et ce, selon les plans et devis qui seront fournis à ce moment.

RÉPONSE-6 Les superficies permanentes et temporaires d'empiètement en milieu humide ou hydrique sont présentées dans la section 4.3 du document de caractérisation écologique.

Le MTQ prévoit, comme méthode de compensation, payer la somme prévue afin de compenser les pertes occasionnées par le projet de reconstruction de la route d'accès au quai.

Le MTQ s'engage à déposer, lors de la demande d'autorisation ministérielle en vertu de l'article 22, le bilan final des pertes liées à l'activité faisant l'objet de la demande.

6 Remise en état

QCM-7 L'initiateur doit s'engager à remettre en état les superficies de milieux humides et hydriques qui seront perturbées de façon temporaire. À cet effet, il doit fournir un plan préliminaire de remise en état des milieux humides et hydriques dans le cadre de la présente demande de modification de décret. Ce plan doit démontrer que la remise en état projetée permettra un retour des fonctions écologiques du milieu perturbé par les travaux. L'initiateur doit également s'engager à déposer un plan final de remise en état des milieux humides et hydriques lors du dépôt des demandes d'autorisation en vertu de l'article 22 de la LQE qui vise les pertes temporaires.

RÉPONSE-7 Comme présenté dans les sections 4.2, 4.3 et 4.4 du document de caractérisation écologique, les seules superficies de milieux humides et hydriques qui seront perturbées de façon temporaire sont les rives, qui sont en réalité la chaussée routière. La remise en état de la chaussée routière est au cœur même de ce projet alors le MTQ va effectivement remettre en état la superficie temporaire des rives qui sera affectée dans le cadre du projet et même, elle sera améliorée puisque l'arrêt des lessivages récurrents permettra peut-être la colonisation des interstices rocheux par des végétaux, de petits mammifères, des oiseaux ou des insectes.

En raison des contraintes géotechniques et de la prise en compte de la séquence d'atténuation dans le projet, l'entrepreneur n'aura pas le droit d'empiéter, de manière temporaire, sur le fond marin. Il devra effectuer les travaux à partir de la chaussée existante, qui constitue les rives.

Rehaussement de la route du quai dans le village de Tête-à-la-Baleine en
Basse-Côte-Nord

CARACTÉRISATION ÉCOLOGIQUE

Numéro de projet : 154051499



Mars 2022

Équipe de travail du ministère des Transports

Gérante de projets : Lysanne Girard

Chargée d'activités conception : Thérèse Bélisle, ingénieure

Chargée d'activités environnement : Josée Gagnon, biologiste, M. Sc.

Technicien de la faune : Simon Landry

Préparée par :

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'J. Gagnon', is written over a horizontal line.

Table des matières

TABLE DES MATIÈRES	3
INTRODUCTION.....	4
1. OBJECTIFS	5
2. ZONE D'ÉTUDE	5
3. MÉTHODOLOGIE	8
4. RÉSULTATS ET DISCUSSION	8
4.1. DESCRIPTION DU MILIEU	9
4.1.1. MILIEU PHYSIQUE	9
4.1.2. MILIEU BIOLOGIQUE.....	10
4.1.3. MILIEU HUMAIN	10
4.2. DESCRIPTION DES FONCTIONS ÉCOLOGIQUES DU MILIEU HYDRIQUE	11
4.2.1. FONCTIONS ÉCOLOGIQUES DE UE1	11
4.2.2. FONCTIONS ÉCOLOGIQUES DE UE2	11
4.2.3. FONCTIONS ÉCOLOGIQUES DE UE3	12
4.3. SUPERFICIES D'EMPIÈTEMENT DU PROJET ET VALEUR ÉCOLOGIQUE DES UE.....	14
4.3.1. EMPIÈTEMENT PERMANENT.....	14
4.3.2. EMPIÈTEMENT TEMPORAIRE	14
4.3.3. VALEUR ÉCOLOGIQUE DES UE	15
4.4. SÉQUENCE ÉVITER – MINIMISER – COMPENSER	15
4.4.1. ÉVITER	16
4.4.2. MINIMISER	17
4.4.3. COMPENSER	18
5. RÉFÉRENCES	19
ANNEXE 1.....	20
ANNEXE 2.....	22

Introduction

Le ministère des Transports du Québec (MTQ) planifie le rehaussement de la route du quai dans le village de Tête-à-la-Baleine en Basse-Côte-Nord. Ce projet a fait l'objet d'une étude d'impact, réalisée en 2012.

Le paragraphe 4 de l'article 5 du *Règlement relatif à l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement de certains projets* (RÉEIE), entré en vigueur le 23 mars 2018, exige que l'étude d'impact sur l'environnement contienne « une description du milieu récepteur et des impacts appréhendés du projet sur ce dernier incluant, lorsque le projet porte atteinte à des milieux humides et hydriques au sens de l'article 46.0.2 de la LQE, les renseignements et les documents prévus à l'article 46.0.3 de cette loi ».

Le premier paragraphe du premier alinéa de l'article stipule que les renseignements suivants sont requis :

« 1° une étude de caractérisation des milieux visés, signée par un professionnel au sens de l'article 1 du *Code des professions* (chapitre C-26) ou un titulaire d'un diplôme universitaire en biologie, en sciences de l'environnement ou en écologie du paysage et, le cas échéant, ayant les compétences déterminées par règlement du gouvernement, laquelle doit notamment contenir les éléments suivants :

- a) une délimitation de l'ensemble des milieux humides et hydriques affectés ainsi que la localisation des milieux dans le réseau hydrographique du bassin versant;
- b) une délimitation de la portion de ces milieux dans laquelle sera réalisée l'activité concernée, incluant toute portion additionnelle susceptible d'être affectée par cette activité;
- c) une description des caractéristiques écologiques de ces milieux, notamment des sols et des espèces vivantes ainsi que leur localisation, y compris des espèces menacées ou vulnérables ou susceptibles d'être ainsi désignées en vertu de la *Loi sur les espèces menacées et vulnérables* (chapitre E-12.01);
- d) une description des fonctions écologiques des milieux qui seront affectés par le projet, en se référant aux différentes fonctions énumérées au deuxième alinéa de l'article 13.1 de la Loi affirmant le caractère collectif des ressources en eau et favorisant une meilleure gouvernance de l'eau et des milieux associés (chapitre C-6.2), dont la connectivité de ces milieux avec d'autres milieux humides et hydriques ou d'autres milieux naturels;
- e) une description des orientations et des affectations en matière d'aménagement du territoire applicables aux milieux visés de même que les usages existants à proximité; (...)

Cette caractérisation écologique se veut donc un complément au rapport d'étude d'impact. Les objectifs de ce document sont de présenter les éléments qui ne l'avaient pas été lors de l'étude d'impact et de faire une mise à jour des éléments présentés dans le rapport.

1. Objectifs

La caractérisation écologique vise à recenser tous les éléments sensibles présents sur le territoire afin de répondre aux exigences du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). La caractérisation écologique doit prendre en compte la *Loi sur la qualité de l'environnement* (LQE; art. 46.0.3) ainsi que les nouvelles exigences du *Règlement sur l'encadrement d'activités en fonction de leur impact sur l'environnement* (REAFIE).

Plus spécifiquement, les objectifs sont :

- Délimiter et caractériser les milieux humides et hydriques;
- Déterminer les espèces à statut particulier selon la *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables* (LEMV) et la *Loi sur les espèces en péril* (LEP) présentes dans la zone d'étude ou susceptibles de s'y trouver;
- Déterminer les fonctions écologiques des milieux humides et hydriques;
- Déterminer les espèces fauniques et floristiques présentes dans la zone du projet;
- Démontrer de quelle façon l'approche d'atténuation **Éviter-Minimiser-Compenser** a été prise en compte dans l'élaboration et le choix de la variante du projet.

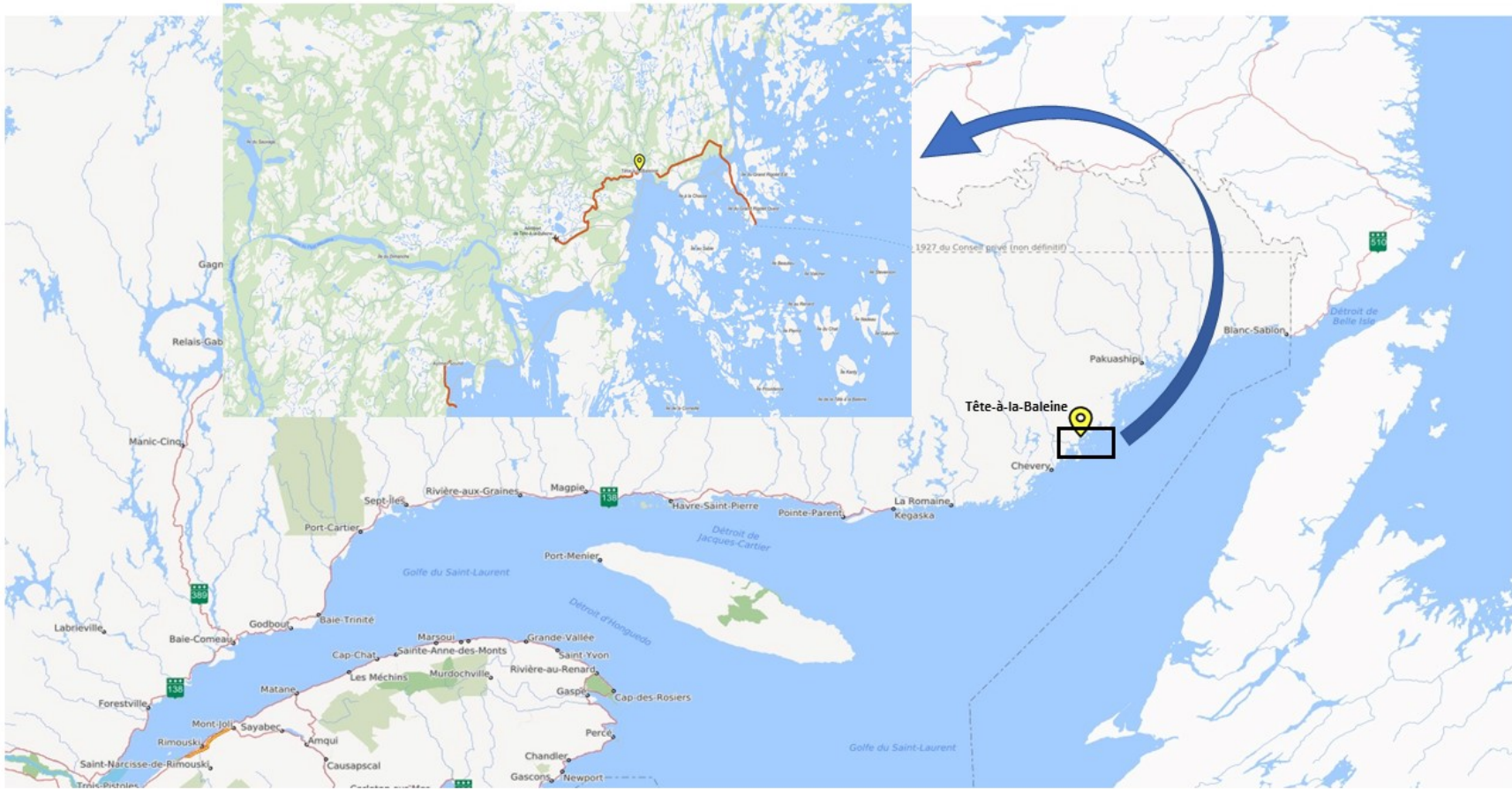
2. Zone d'étude

La route menant au quai est en réalité un tronçon de la route 138. Ce tronçon, d'une longueur totale de 15 km, relie l'aéroport au quai fédéral en passant par le village, mais n'est pas relié aux villages environnants (Carte 1).

Le rehaussement de la route du quai se fera en réalité sur 2 tronçons construits sur fond d'argile marine (Carte 2) qui, depuis plusieurs années, subissent des tassements et s'enfoncent.

Les coordonnées géographiques de ces 2 tronçons sont :

	Début	Fin
Tronçon 1	-59.2638, 50.7079	-59.2581, 50.7043
Tronçon 2	-59.2532, 50.6937	-59.2499, 50.6926



Carte 1. Localisation du village de Tête-à-la-Baleine



Carte 2. Localisation des 2 tronçons de route qui font partie du projet de rehaussement

3. Méthodologie

La méthodologie employée pour cette caractérisation écologique a été de recueillir et d'analyser l'information existante, de procéder à l'évaluation de la pertinence de retourner sur le terrain et de déterminer la valeur et les fonctions écologiques du milieu naturel.

Afin d'obtenir une meilleure compréhension des milieux naturels à l'intérieur de la zone du projet, plusieurs sources d'informations ont été consultées :

- Données du Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ) sur les espèces fauniques et floristiques à statut particulier;
- Fiches descriptives des espèces à statut particulier du MELCC et du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP), ainsi que celles des espèces en péril du *Registre public des espèces en péril du Canada* (RPEP);
- Rapports de situation du Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC);
- Cartographie des milieux humides potentiels du MELCC;
- Cartographie des habitats fauniques et des écosystèmes forestiers exceptionnels du MFFP;
- Cartographie des espèces aquatiques en péril du ministère des Pêches et Océans Canada;
- Le *Guide d'intervention en matière de conservation et de mise en valeur des habitats littoraux d'intérêt en Basse-Côte-Nord*, rédigé par le comité ZIP Côte-Nord du Golfe;
- L'*Atlas des milieux côtiers d'intérêt pour la conservation dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent*, rédigé dans le cadre du plan d'action Saint-Laurent 2011-2026.

4. Résultats et discussion

À la suite de la recherche effectuée, l'évaluation de la pertinence de retourner au terrain a été faite. La façon de procéder a été de déterminer les différences marquées entre ce qui avait été présenté dans le rapport d'étude d'impact de 2012 et les données mises à jour.

Selon notre évaluation, aucun inventaire terrain n'a besoin d'être refait dans le cadre de cette caractérisation écologique. Après avoir effectué des recherches dans les banques de données et certains rapports disponibles sur internet, le MTQ considère qu'une nouvelle visite de terrain n'est pas nécessaire, pour les raisons suivantes :

- Le milieu dans lequel le projet sera réalisé est situé dans un secteur assez fermé, c'est-à-dire que la population est très faible et le tourisme n'est pas très présent (sauf l'hiver en raison de la route blanche), ce qui fait en sorte que le milieu n'est pas tellement influencé par l'anthropisation, il est préservé;
- Bien que le milieu soit assez fermé, il subit quand même les changements climatiques. Cependant, compte tenu du fait que ces changements se font sur des périodes assez longues, les inventaires qui ont été réalisés il y a 10-15 ans sont encore d'actualité, d'un point de vue strictement en lien avec les changements climatiques;

- Les recherches effectuées dans les différentes banques de données énumérées plus haut montrent que les espèces fauniques et floristiques à statut sont les mêmes que celles présentées dans le rapport de l'étude d'impact;
- Le *Guide d'intervention en matière de conservation et de mise en valeur des habitats littoraux d'intérêt en Basse-Côte-Nord*, rédigé par le comité ZIP Côte-Nord du Golfe est encore un ouvrage de référence, et ce, même s'il a été présenté en octobre 2009;
- Dans le cadre du Plan d'action Saint-Laurent 2011-2026, le document *Atlas des milieux côtiers d'intérêt pour la conservation dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent* a été produit, en collaboration avec plusieurs partenaires, notamment le MELCC, le MFFP et le MPO. Un des objectifs du Plan d'action Saint-Laurent est l'élaboration d'un plan intégré de conservation des milieux naturels et de la biodiversité du Saint-Laurent. Ce document s'insère dans cette démarche afin de déterminer les sites où les besoins de conservation sont les plus criants. Ce document, produit en 2019, fait un très bon survol de plusieurs types d'unités écologiques plus sensibles et il ne présente pas de différences majeures avec ce qui avait été observé lors de l'étude d'impact;
- La difficulté de se rendre à l'endroit du projet entre également dans les éléments qui font que la visite terrain n'a pas été effectuée. Le village de Tête-à-la-Baleine est situé dans la partie non reliée de la Basse-Côte-Nord, alors l'avion et le bateau sont les seules façons de s'y rendre. En plus, les inventaires fauniques et floristiques doivent être réalisés dans un très court laps de temps puisque la saison estivale est courte;
- La population locale a été mise à contribution. Nous leur avons demandé de nous mentionner tout changement perçu ou observé, au cours des dernières années, à propos des espèces fauniques qui fréquentent le secteur, notamment sur les espèces de poissons et de mollusques de la zone étant donné que la pêche et la cueillette de mollusques sont des activités importantes du village. À ce jour, nous n'avons reçu aucune indication à propos de modifications importantes de la faune locale.

4.1 Description du milieu

Dans cette section, nous allons présenter la mise à jour des données pour le milieu naturel, c'est-à-dire le milieu physique, le milieu biologique et le milieu humain.

4.1.1 Milieu physique

Après avoir consulté les sites internet d'Environnement Canada, de Pêche et Océans Canada et de l'Observatoire global du Saint-Laurent, nous sommes en mesure de dire qu'il n'y a pas de différence significative dans les données descriptives du milieu physique présentées dans le rapport de l'étude d'impact.

Le seul point à noter concerne la modification du lit du cours d'eau au pied des talus routiers. En raison des submersions fréquentes de ces tronçons de route, le matériel en place est lessivé. Le substrat habituel du fond marin dans ce secteur a été remplacé par de la matière granulaire provenant des tronçons routiers (photo 1).



Photo 1. Matériau granulaire au pied des talus

4.1.2 Milieu biologique

Tout comme pour le milieu physique, les caractéristiques du milieu biologique n'ont pas changé de manière significative.

La végétation étant très peu diversifiée dans ce secteur du Québec, il n'y a rien dans les banques de données consultées qui indiquent des changements à ce niveau. Aucun habitat floristique désigné n'est présent à proximité des travaux.

La faune du secteur est demeurée à peu près la même et bien que quelques espèces à statut soient susceptibles de fréquenter la zone des travaux, aucun habitat faunique particulier n'est présent.

4.1.3 Milieu humain

Ici encore, il y a peu de changement par rapport à l'étude d'impact. Les données sur la population locale sont similaires à celles présentées, c'est-à-dire que la Côte-Nord fait partie des rares régions du Québec à subir de la dévitalisation. Cette dévitalisation est encore plus marquée dans les petites localités de la Basse-Côte-Nord.

À l'époque de l'étude d'impact, la MRC Golfe-du-Saint-Laurent venait d'être créée. Elle ne s'était pas encore dotée d'un plan en matière d'affectation du territoire. À présent, la MRC possède un schéma d'aménagement du territoire. Selon les bases de données, la zone des travaux serait

située dans une zone à vocation « récréoforestière » (Carte 3). Sur cette carte, nous constatons également la présence d'une zone de conservation, un périmètre d'urbanisation qui correspond au village même de Tête-à-la-Baleine, ainsi que quelques petites zones à vocation industrielle. La zone de conservation correspond à la réserve de biodiversité projetée de la côte d'Harrington Harbour.

Nous avons envoyé un avis d'intervention à la MRC afin de nous assurer avec eux que les travaux sont conformes au schéma d'aménagement. Nous n'avons pas obtenu la réponse encore, mais nous pourrions l'insérer dans la demande d'autorisation ministérielle.

Un petit mot à propos du bateau de ravitaillement qui dessert le village de Tête-à-la-Baleine. Dans l'étude d'impact, il était mentionné que le bateau en place, soit le Nordik Express, allait être remplacé par un autre bateau. Nous pouvons confirmer que c'est maintenant le Bella Desgagnés qui s'occupe du ravitaillement et du déplacement des gens dans ce village.

4.2 Description des fonctions écologiques du milieu hydrique

Avant de déterminer quelles sont les fonctions écologiques du milieu hydrique dans lequel le projet aura lieu, nous pensons qu'il serait important de diviser le milieu hydrique en unité écologique (UE) distincte. En effet, la zone des travaux est composée de 3 UE différentes qui ont des fonctions écologiques différentes. Les 3 UE sont :

- 1- Littoral du golfe du Saint-Laurent dans lequel il n'y a pas de végétation (UE1);
- 2- Littoral du golfe du Saint-Laurent dans lequel il y a de la végétation (UE2);
- 3- Rives du golfe du Saint-Laurent dans lesquels il n'y a pas de végétation (UE3).

4.2.1 Fonctions écologiques de UE1

L'unité écologique UE1 n'assure pas beaucoup de fonctions écologiques. La seule fonction qu'on peut lui attribuer en est une de conservation de la diversité biologique. En effet le littoral marin, même si aucune végétation n'est présente, est l'habitat de plusieurs espèces animales, dont les poissons, les crustacés et les mollusques. De plus, il permet à ces derniers de s'alimenter, de se mettre à l'abri et de se reproduire. Certains oiseaux viennent y trouver de la nourriture, en fouillant la vase avec leur bec à la recherche de mollusques, de crustacés, de petits poissons et d'insectes.

4.2.2 Fonctions écologiques de UE2

L'unité écologique UE2 est certainement celle, parmi les 3 UE présentes, qui assure le plus de fonctions écologiques. En effet le littoral marin, lorsqu'il est couvert de végétation (zostères), ajoute comme fonctions écologiques, celles de filtre contre la pollution et d'écran solaire. Les plantes sont capables de capter les polluants (filtre). Ceci les rend très importantes dans la préservation de la qualité de l'eau. Elles contribuent également au maintien de la température de l'eau, en agissant un peu comme des protections contre le soleil. Cependant, c'est dans sa fonction de conservation de la diversité biologique qu'elle est encore plus importante. En plus de

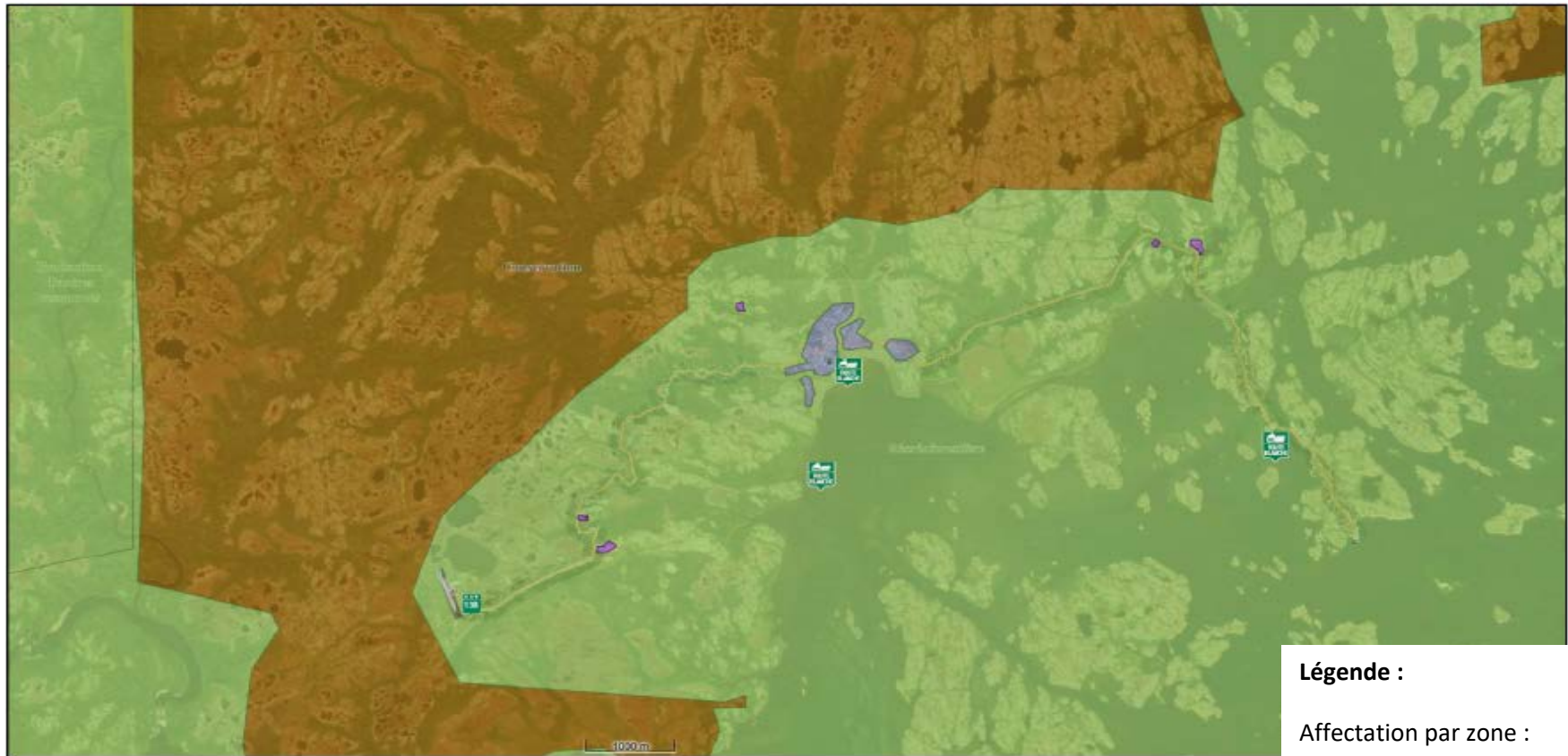
tenir tous les rôles énumérés à l'article 4.2.1, nous pouvons ajouter qu'elle sert d'abri et d'aire d'alimentation pour les petits poissons. Les herbiers marins sont très importants pendant la période de croissance de certaines espèces de poissons.

4.2.3 Fonctions écologiques de UE3

Les rives dont nous parlons dans ce projet sont en réalité la route qui mène au quai fédéral. Nous rappelons que ces 2 tronçons de route ont été entièrement construits, c'est-à-dire que les 2 jetées sont l'œuvre des humains. Les « rives » n'ont donc pas vraiment de fonction écologique puisqu'elles sont constituées de gravier, de sable et de roches de différents calibres (Photo 2). Avec le temps, de la végétation aurait pu s'installer aux abords de la chaussée, mais en raison des événements de submersion fréquents, le lessivage de la chaussée par les vagues ne permet pas l'installation des végétaux. La seule fonction écologique possible serait en lien avec la conservation de la diversité biologique puisque les interstices rocheux peuvent servir d'abri à de petits mammifères, à des oiseaux ou à des insectes.



Photo 2. Vue de la chaussée qui constitue les rives, dans le cadre du projet



Carte 3. Affectation du territoire à proximité de la zone des travaux

Légende :

Affectation par zone :

- Conservation
- Récréoforestière
- Industrielle
- Urbanisée

4.3 Superficies d’empiétement du projet et valeur écologique des UE

Comme indiqué dans notre document de demande de modification de décret, l’impact le plus important du projet sur le milieu sera la perte de superficie dans le littoral du golfe du Saint-Laurent.

Dans le cadre de ce projet, nous avons 3 types d’empiétement :

- 1- Empiétement permanent dans l’unité écologique UE1;
- 2- Empiétement permanent dans l’unité écologique UE2;
- 3- Empiétement temporaire dans l’unité écologique UE3.

4.3.1 Empiétement permanent

Lors de la présentation du rapport d’étude d’impact, l’empiétement qui avait été calculé était de 5 441 m². Cette superficie était comprise uniquement dans l’UE1. Il n’y avait pas d’empiétement dans l’UE2.

Avec la nouvelle conception, il y aura un empiétement permanent supplémentaire de 4 718 m². Depuis la présentation de la demande de modification de décret, les plans ont été mis à jour alors il y a une petite différence de 154 m² (Annexe 1).

Pour le projet, le total des empiétements permanents dans le littoral du golfe du Saint-Laurent s’élève à 10 159 m². De cette superficie, nous avons 324 m² d’empiétement dans l’UE2 (Annexe 2). Une superficie de 1 349 m² d’empiétement correspond à la modification du fond marin (plage de gravier).

4.3.2 Empiétement temporaire

En raison des contraintes géotechniques, l’entrepreneur ne pourra absolument pas faire d’empiétement temporaire dans le littoral. Il aura seulement le droit de travailler à partir de la rive, c’est-à-dire la chaussée. L’empiétement temporaire que nous avons pour ce projet est situé dans la rive puisque la chaussée sera complètement refaite. En multipliant la longueur des 2 tronçons routiers (720 et 530 m) par la largeur de la route (10 m), nous sommes en mesure d’évaluer les empiétements temporaires à environ 12 500 m².

Cependant, nous sommes d’avis que cet empiétement ne représente pas réellement une perte étant donné que la rive actuelle est très instable et cause régulièrement de la pollution dans le secteur des travaux (lessivage du gravier dans l’eau). Puisque notre intervention permettra de refaire les rives de manière à ce qu’elles deviennent beaucoup plus stables, ne représentant plus une source d’émission de sédiments dans le cours d’eau, nous aimerions que ces empiétements temporaires ne soient pas pris en compte dans le calcul des empiétements.

4.3.3 Valeur écologique des UE

Nous allons maintenant évaluer la valeur écologique de chaque UE présente dans la zone des travaux.

Tableau 1. Valeur écologique de chaque UE présente dans la zone des travaux

Unité écologique	UE1 Littoral sans végétation	UE2 Littoral avec végétation	UE3 Rives
Rareté	Cette UE est très bien représentée dans la région.	Cette UE est très bien représentée dans la région.	Cette UE est bien représentée dans la région.
Cote	1	1	1
Présence d'espèces à statut particulier	Aucune espèce à statut particulier ni aucun habitat n'a été recensé dans cette UE.	Aucune espèce à statut particulier ni aucun habitat n'a été recensé dans cette UE.	Aucune espèce à statut particulier ni aucun habitat n'a été recensé dans cette UE.
Cote	1	1	1
Richesse de la flore	La richesse floristique de cette UE est très faible.	La richesse floristique de cette UE est moyenne.	La richesse floristique de cette UE est très faible.
Cote	1	2	1
Occupation du milieu aux alentours	75% de l'UE sont bordés de milieux naturels.	75% de l'UE sont bordés de milieux naturels.	75% de l'UE sont bordés de milieux naturels.
Cote	2	2	2
Degré de perturbation	Des perturbations générant peu d'effets sur le milieu naturel ont été observées.	Des perturbations générant peu d'effets sur le milieu naturel ont été observées.	Cette UE est perturbée par des activités anthropiques.
Cote	2	2	1
Total	7	8	6
Valeur écologique	Moyenne	Moyenne	Faible

Selon le Tableau 1, la valeur écologique des UE présentes dans la zone des travaux est modérée pour l'UE1 et l'UE2, mais faible pour l'UE3. Cette évaluation sera utile afin de déterminer le montant de la compensation financière.

4.4 Séquence Éviter – Minimiser – Compenser

La séquence Éviter – Minimiser – Compenser fait maintenant partie intégrante du processus d'autorisation. Cette section vous présente, dans un premier temps, la justification du projet

(éviter). Par la suite, nous vous présenterons toutes les mesures d'atténuation qui ont été utilisées lors de la conception, mais également celles qui seront utilisées lors des travaux (minimiser). Nous terminerons par la compensation des pertes occasionnées par la réalisation du projet (compenser).

4.4.1 Éviter

La route actuelle qui mène au quai fédéral est trop basse, elle est à peine plus élevée que la PMSGM. Ceci fait en sorte qu'elle est soumise à des événements de submersion importants (Photo 3), qui conduisent systématiquement à la fermeture de la route, et ce, parfois pour plusieurs jours. La durée de la fermeture n'est pas uniquement due à l'événement de tempête, mais également au délai requis pour réparer la chaussée afin de permettre une circulation sécuritaire.



Photo 3. Tempête provoquant une submersion importante de la chaussée

La route menant au quai est au cœur des préoccupations des citoyens puisqu'ils dépendent en grande partie du bateau. En effet, étant un village non relié à la route 138, le ravitaillement du village passe par le Bella Desgagnés. Cette route permet aux gens de se ravitailler en produits de toute sorte. L'importance de cette route est élevée, alors c'est difficile pour eux lorsqu'elle doit fermer pour quelques jours.

Au fil du temps, malgré les réparations sommaires effectuées par le MTQ lorsque c'est requis, la route semble rétrécir et devient de moins en moins sécuritaire à utiliser (Photo 4). Des travaux de

réfection majeurs sont requis et il s'agit d'une question de sécurité. L'eau est très près de la chaussée et aucune glissière de sécurité n'est présente.

Donc, en tenant compte des éléments suivants :

- La route du quai est importante parce que le ravitaillement du village est fait par bateau;
- La route est soumise à des submersions fréquentes;
- Malgré les réparations effectuées au fur et à mesure des tempêtes, la route devient de plus en plus mince et non sécuritaire;
- Le lessivage de la chaussée provoque un épandage, dans le lit du cours d'eau, de gravier non propice au maintien de la diversité biologique.

La réfection majeure de cette route ne pouvait pas être évitée.



Photo 4. Apparence de la route en octobre 2021

4.4.2 Minimiser

Le projet ne pouvant pas être évité, nous devons alors essayer de minimiser les impacts du projet sur l'environnement. Comme expliqué dans la demande de modification du décret, la conception du projet a fait face à de nombreuses contraintes géotechniques. Les jetées sont construites en partie sur un fond d'argile sensible qui a compliqué de manière importante les choix de conception.

Le choix présenté dans l'étude d'impact avait permis, à ce moment-là, de minimiser l'empiètement dans le milieu marin, en comparant la variante avec celles présentées dans le rapport. Cependant, cette solution n'étant plus possible après la réalisation des études hydraulique et géotechnique, nous avons dû refaire la conception en tenant compte des contraintes géotechniques, ce qui a augmenté l'empiètement dans le milieu marin. Malgré cela, la limitation au maximum des empiètements dans le milieu a été au cœur de la conception :

- Techniques de construction qui limitent les excavations dans le littoral : tapis de gabion et clé d'encrochement en remblai;
- Largeur minimale de la plateforme de la route pour assurer une stabilité géotechnique tout en conservant 2 voies de circulation et permettant l'ajout de glissières de sécurité;
- Pente de talus la plus abrupte permise sans compromettre la stabilité et utilisation de glissières de sécurité;
- Le centre-ligne de la route n'a pas été déplacé. La route n'étant pas très droite, il aurait été tentant de linéariser le plus possible celle-ci. Cependant, ceci aurait occasionné des empiètements supplémentaires. Bien que le choix ait été fait également à cause des contraintes géotechniques, il n'en demeure pas moins qu'il s'agit d'une mesure afin de minimiser l'empiètement.

Des mesures d'atténuation afin de minimiser l'impact sur le milieu peuvent également être mises en place pendant les travaux. Bien que ces mesures permettent de minimiser l'empiètement, ils servent également à éviter l'émission de sédiments :

- Travaux à partir de la chaussée. En aucun cas l'entrepreneur n'aura le droit de se construire un ouvrage temporaire dans le littoral ou de se déplacer, avec sa machinerie, dans celui-ci;
- Aucune excavation directement dans le fond marin;
- Travaux le plus possible à marée basse;
- Si requis, l'utilisation de mesures de confinement des sédiments (rideau de turbidité, rideau de bulles d'air) sera demandée à l'entrepreneur.

4.4.3 Compenser

Malgré les efforts des concepteurs pour minimiser les impacts du projet dans le milieu marin, il y aura quand même un empiètement permanent de 10 159 m². De ces 10 159 m², 324 m² sont perdus dans l'UE2, c'est-à-dire dans des zostères. Il y a 1 349 m² qui sont sous le gravier. Cette superficie est donc déjà hautement perturbée. C'est 8 486 m² qui sont perdus dans le littoral.

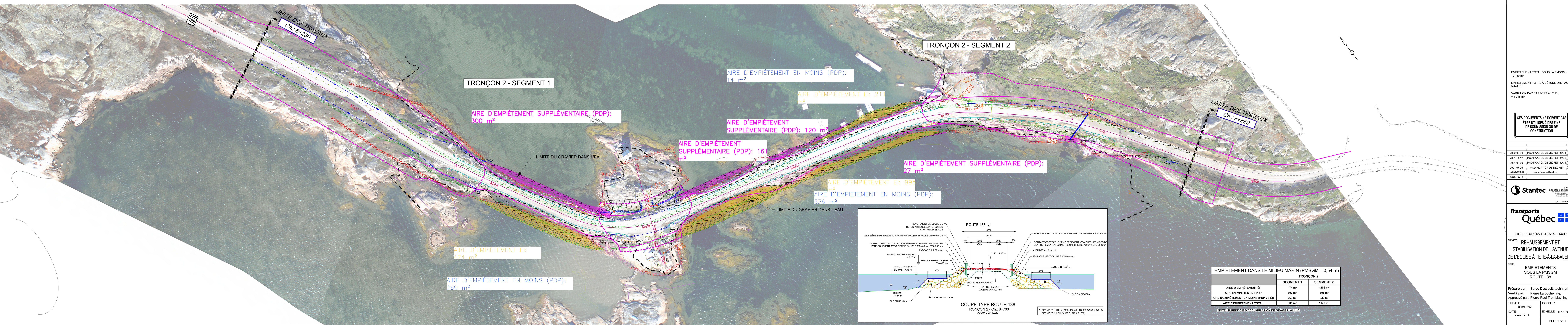
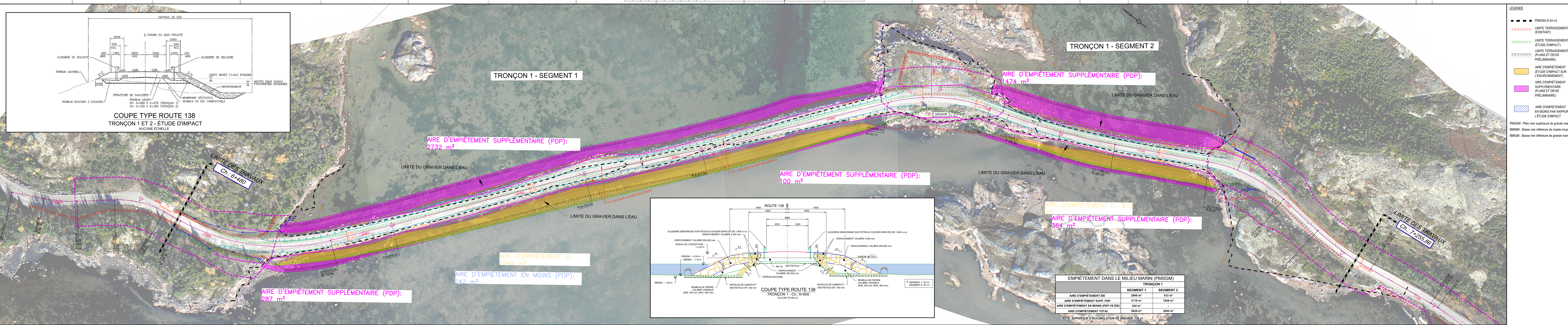
Le MTQ désire compenser de manière monétaire les pertes de superficie dans le littoral du golfe du Saint-Laurent.

Cependant, pour les pertes temporaires en rive (maximum de 12 500 m²), le MTQ demande à ne pas compenser celles-ci. Les rives du projet sont en réalité la chaussée de la route, donc elle est complètement anthropisée. Même si elles ne sont pas accessibles pendant la durée des travaux, cela ne fera pas de différence puisque la faune et la flore n'y sont pas présentes. Les rives actuelles n'étant pas très stables, le projet permettra de remettre celles-ci en état et même, de les améliorer. Une fois les travaux terminés, étant donné que les rives ne devraient plus subir de lessivage intense, la possibilité que la flore et la faune locales colonisent une partie de ces rives est beaucoup plus importante que cela ne l'est en ce moment. Selon nous, il s'agit d'un gain et non une perte. Nous aimerions alors ne pas avoir à compenser cette perte.

5. Références

- Ministère des Transports du Québec (Côte-Nord). 2012. *Stabilisation de la route du quai de Tête-à-la-Baleine, Basse-Côte-Nord*. Étude d'impact sur l'environnement. Document préparé par AECOM. 158 pages et annexes.
- Bourque, M., V. Provost et G. Mazo, 2009. *Guide d'intervention en matière de conservation et de mise en valeur des habitats littoraux d'intérêt en Basse-Côte-Nord*. Comité ZIP Côte-Nord du Golfe, vi + 166 pages.
- Jobin, B., Gratton et P. Desautels, 2019. *Atlas des milieux côtiers d'intérêt pour la conservation dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent – Rapport méthodologique*. Environnement et Changement Climatique Canada et ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Plan d'action Saint-Laurent, Québec, 93 pages.

ANNEXE 1



LÉGENDE

- PMSGM (0,54 m)
- LIMITE TERRASSEMENT (EXISTANT)
- LIMITE TERRASSEMENT (ÉTUDE D'IMPACT)
- LIMITE TERRASSEMENT (PLANS ET DEVIS PRÉLIMINAIRES)
- LIMITE D'ÉMPIÈTEMENT (ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT)
- LIMITE D'ÉMPIÈTEMENT SUPPLÉMENTAIRE (PLANS ET DEVIS PRÉLIMINAIRES)
- LIMITE D'ÉMPIÈTEMENT EN MOINS PAR RAPPORT À L'ÉTUDE D'IMPACT

PMSGM: Plein mer supérieure de grande marée
 BMM: Basse mer inférieure de marée moyenne
 BMSGM: Basse mer inférieure de grande marée

EMPIÈTEMENT TOTAL SOUS LA PMSGM: 10 159 m²
 EMPIÈTEMENT TOTAL À L'ÉTUDE D'IMPACT: 5 441 m²
 VARIATION PAR RAPPORT À L'ÉTUDE D'IMPACT: + 4 718 m²

CES DOCUMENTS NE DOIVENT PAS ÊTRE UTILISÉS À DES FINS DE SOUSMISSION OU DE CONSTRUCTION

2020-03-30 MODIFICATION DE DÉCRET - RR 3
 2020-11-12 MODIFICATION DE DÉCRET - RR 2
 2020-08-08 MODIFICATION DE DÉCRET - RR 1
 2020-05-29 MODIFICATION DE DÉCRET - RR 1
 AAAAARJJJ Nature des modifications
 2020-12-15

Stantec

Transports Québec

DIRECTION GÉNÉRALE DE LA CÔTE-NORD

PROJET: REHAUSSEMENT ET STABILISATION DE L'AVENUE DE L'ÉGLISE À TÊTE-À-LA-BALEINE

TITRE: EMPIÈTEMENTS SOUS LA PMSGM ROUTE 138

Préparé par: Sergio Dusault, techn. princ.
 Vérifié par: Pierre Larouche, ing.
 Approuvé par: Pierre-Paul Tremblay, ing.

PROJET: 15055489 DOSSIER:
 DATE: 2020-12-15 ÉCHELLE: H = 1:500
 PLAN 1 DE 1

ANNEXE 2





MH	Superficie m ²	Empiètement	% empiètement
1	8003,61	0	0,00
2	14934,3	0	0,00
3	8462,55	323,44	3,82
4	3814,85	0	0,00
5	15546,79	0,34	0,00
6	11509,23	0	0,00
Total	62271,33	323,78	0,52

Ministère des Transports du Québec – Direction générale de la Côte-Nord

Étude hydraulique

Analyse hydraulique, conception d'ouvrage de protection et de positionnement de ponceau – Municipalité de la Côte-Nord-du-Golfe-du-Saint-Laurent

N° de dossier 6703-20-QB02 / Projet : 154051499



Numéro de projet CIMA+ : ST20112A
Décembre 2021 – Révision 2

Ministère des Transports du Québec – Direction générale de la Côte-Nord

Étude hydraulique

Analyse hydraulique, conception d'ouvrage de protection et de positionnement
de ponceau – Municipalité de la Côte-Nord-du-Golfe-du-Saint-Laurent

No de dossier 6703-20-QB02 / Projet : 154051499

Préparé par :

Pierre-Marc Pelletier, ing. M. Sc.
N° de membre O.I.Q. : 5019504

Vérifié par :



Yann Ropars, ing. M. Sc.
N° de membre O.I.Q. : 34863

Approuvé par :

Mathieu Lemay, ing.
N° de membre O.I.Q. : 130720



300-1145, boul. Lebourgneuf
Québec, QC G2K 2K8

Numéro de projet CIMA+ : ST20112A
Décembre 2021 – Révision 2

Propriété et confidentialité

À moins d'entente entre CIMA+ s.e.n.c. et son client à l'effet contraire, tous les documents, qu'ils soient imprimés ou électroniques, ainsi que tous les droits de propriété intellectuelle qui y sont contenus, appartiennent exclusivement à CIMA+ s.e.n.c., laquelle réserve tous ses droits d'auteur. Toute utilisation ou reproduction sous quelque forme que ce soit, même partielle, est strictement interdite à moins d'obtenir l'autorisation de CIMA+ s.e.n.c.

Registre des révisions et émissions			
N° de révision	Révisé par	Date	Description de la modification et/ou de l'émission
0	M.L./Y.R.	2020-08-26	Émission préliminaire
1	M.L./Y.R.	2020-09-08	Suivi des commentaires du MTQ
1	M.L./Y.R.	2021-12-14	Révision avant émission final
2	M.L./Y.R.	2021-12-21	Émission finale

Table des matières

1.	Mise en contexte	1
2.	Objectifs.....	2
3.	La méthodologie	2
4.	Description des caractéristiques du site.....	3
4.1	Les principaux constats de l'enquête terrain.....	3
5.	Récurrence de conception	4
6.	Analyse des niveaux d'eau.....	4
6.1	Zéro des cartes et niveau moyen des mers.....	4
6.2	Données disponibles.....	4
6.3	Niveaux d'eau extrêmes hauts	5
6.4	Remontée isostatique de la croûte terrestre	7
6.5	Influence des changements climatiques.....	7
7.	Conditions de vagues	9
7.1	Radiales et fetchs.....	10
7.2	Estimation des vagues par modèle de génération	15
7.3	Vagues extrêmes	18
7.4	Remontée des vagues sur un enrochement	19
7.4.1	Tronçon 1 (digue nord), côté ouest (Scénario 2A-4)	20
7.4.2	Tronçon 2 (digue sud), côté ouest (Scénario 2A-5)	23
7.4.3	Tronçon 2 (digue sud), côté est (Scénario 2A-5)	25
8.	Recommandation sur le niveau de la crête	26
8.1	Franchissement.....	27
9.	Conditions de glace	29
9.1	Données disponibles.....	29
9.2	Méthodologie pour l'estimation des épaisseurs de glace extrêmes	29
9.3	Analyse statistique des épaisseurs de glace mesurées.....	29
9.3.1	Station YBX – Blanc-Sablon.....	30
9.3.2	Épaisseur de glace thermique – Équation de Stefan	31
9.4	Résultats retenus	32
10.	Dimensionnement de la protection.....	32
11.	Recommandations	34
12.	Clause de limitation des responsabilités	35
13.	Normes et références.....	35

Liste des figures

Figure 1 : Plan de localisation de la digue de la route 138 vers le quai fédéral de la localité de Tête-à-la-Baleine.	1
Figure 2 : Variation des niveaux d'eau maximum, moyenne et minimum à Harrington Harbour sur la période 1939-2011.....	5
Figure 3 : Fréquence de non-dépassement – Maximums annuels (1939-2011).....	6
Figure 4 : Évolution du niveau d'eau moyen des océans déduite des informations du GIEC-2019.....	8
Figure 5 : Rose de vents de 1994 à 2020 – Chevery	9
Figure 6 : Localisation des points de calculs des radiales et des fetchs	10
Figure 7: Rose des radiales pour le point P1-Ouest.....	11
Figure 8: Rose des radiales pour le point P2-Est	11
Figure 9 : Rose des radiales pour le point P3-Ouest.....	12
Figure 10 : Rose des radiales pour le point P4-Est	12
Figure 11 : Rose des fetchs pour le point P1-Ouest.....	13
Figure 12 : Rose des fetchs pour le point P2-Est	13
Figure 13 : Rose des fetchs pour le point P3-Ouest.....	14
Figure 14 : Rose des fetchs pour le point P4-Est	14
Figure 15 : Rose des vagues - Vents mesurés à Chevery et appliqués à P1	15
Figure 16 : Rose des vagues - Vents mesurés à Chevery et appliqués à P2	16
Figure 17 : Rose des vagues - Vents mesurés à Chevery et appliqués à P3	16
Figure 18 : Rose des vagues - Vents mesurés à Chevery et appliqués à P4	17
Figure 19 : Élévation de remontée des vagues en fonction de la fréquence de dépassement (%) (tronçon 1-ouest)	20
Figure 20 : Élévation de remontée des vagues en fonction de la fréquence de dépassement (%) (tronçon 2-ouest)	23
Figure 21 : Élévation de remontée des vagues en fonction de la fréquence de dépassement (%) (tronçon 2-est)	25
Figure 22 : Analyse statistique de l'épaisseur de glace maximale annuelle mesurée - Loi Normale (maximum de vraisemblance).....	30
Figure 23 : Résultats de l'analyse statistique de l'épaisseur de glace maximale annuelle – Loi Normale (Maximum de vraisemblance).....	31

Liste des tableaux

Tableau 6.1 : Marée à Tête-à-la-Baleine.....	4
Tableau 6.2 : Analyse statistique des niveaux d'eau maximum à Harrington Harbour	6
Tableau 7.1: Valeurs numériques des fetchs effectifs selon le point de calcul (km)	15
Tableau 7.2 : Conditions de vagues en fonction de la période de retour – P1	18
Tableau 7.3 : Conditions de vagues en fonction de la période de retour - P2.....	18
Tableau 7.4 : Conditions de vagues en fonction de la période de retour – P3.....	18
Tableau 7.5 : Conditions de vagues en fonction de la période de retour – P4.....	19
Tableau 7.6 : Remontée des vagues (en élévations CGVD28) en fonction de la fréquence de dépassement (tronçon 1-ouest).....	20

Tableau 7.7 : Remontée des vagues (5 % en élévations CGVD28) en fonction de la période de retour (tronçon 1-ouest).....	21
Tableau 7.8 : Remontée des vagues (en élévations CVGD28) en fonction de la fréquence de dépassement (tronçon 1-est).....	22
Tableau 7.9 : Remontée des vagues (5 % en élévations CGVD28) en fonction de la période de retour (tronçon 1-est).....	23
Tableau 7.10 : Remontée des vagues (en élévations CGVD28) en fonction de la fréquence de dépassement (tronçon 2-ouest).....	24
Tableau 7.11 : Remontée des vagues (5 % en élévations CGVD28) en fonction de la période de retour (tronçon 2-ouest).....	24
Tableau 7.12 : Remontée des vagues (en élévations CGVD28) en fonction de la fréquence de dépassement (tronçon 2-est).....	25
Tableau 7.13 : Remontée des vagues (5 % en élévations CGVD28) en fonction de la période de retour (tronçon 2-est).....	26
Tableau 8.1 : Débit de franchissement des vagues en fonction de la période de retour.....	27
Tableau 8.2 : Débit de franchissement des vagues en fonction de la période de retour.....	27
Tableau 9.1 : Épaisseur de glace maximale annuelle par période de retour - Loi Normale (maximum de vraisemblance).....	30
Tableau 9.2 : Résultats de l'analyse statistique des épaisseurs de glace maximales annuelles – Loi Normale (maximum de vraisemblance).....	31

1. Mise en contexte

La Direction générale de la Côte-Nord du ministère des Transports du Québec (MTQ) prévoit le rehaussement de la route 138 sur le chemin menant au quai de Tête-à-la-Baleine situé dans la municipalité de la Côte-Nord-du-Golfe-du-Saint-Laurent de la région administrative de la Côte-Nord (route-tronçon-section (RTS) 00138-14-155). Plus précisément, le rehaussement est planifié pour le secteur de la route construit en jetées (ci-après appelé digues) entre les chaînages 6+490 à 7+210 et 8+320 à 8+850. Le tronçon de digue à l'étude entre les chaînages 6+490 à 7+210 est nommé ci-après Digue Nord/Tronçon 1, et le tronçon entre les chaînages 8+350 à 8+850 est nommé ci-après Digue Sud/ Tronçon 2.

Dans le cadre de ce projet, une étude d'avant-projet préliminaire portant sur le rehaussement et la stabilisation de la route menant au quai fédéral a été produite pour le MTQ en février 2020 par Stantec. Cette étude comporte, entre autres, des recommandations quant aux scénarios de rehaussement de la route incluant des géométries de protection en enrochement ainsi que la taille des pierres de protection. Toutefois, tel que mentionné par les auteurs, l'ensemble des recommandations émises dans cette étude d'avant-projet préliminaire relatives aux vagues et aux glaces nécessitent d'être vérifiées par des analyses supplémentaires.

Dans ce contexte, CIMA+ a été mandatée (CEDPP n° 2501-20BD01) pour réaliser une étude hydraulique complète afin de faire la conception hydraulique de la protection de la digue de la route 138 menant au quai fédéral dans la localité de Tête-à-la-Baleine. Voir le plan de localisation de la digue montré à la figure 1.

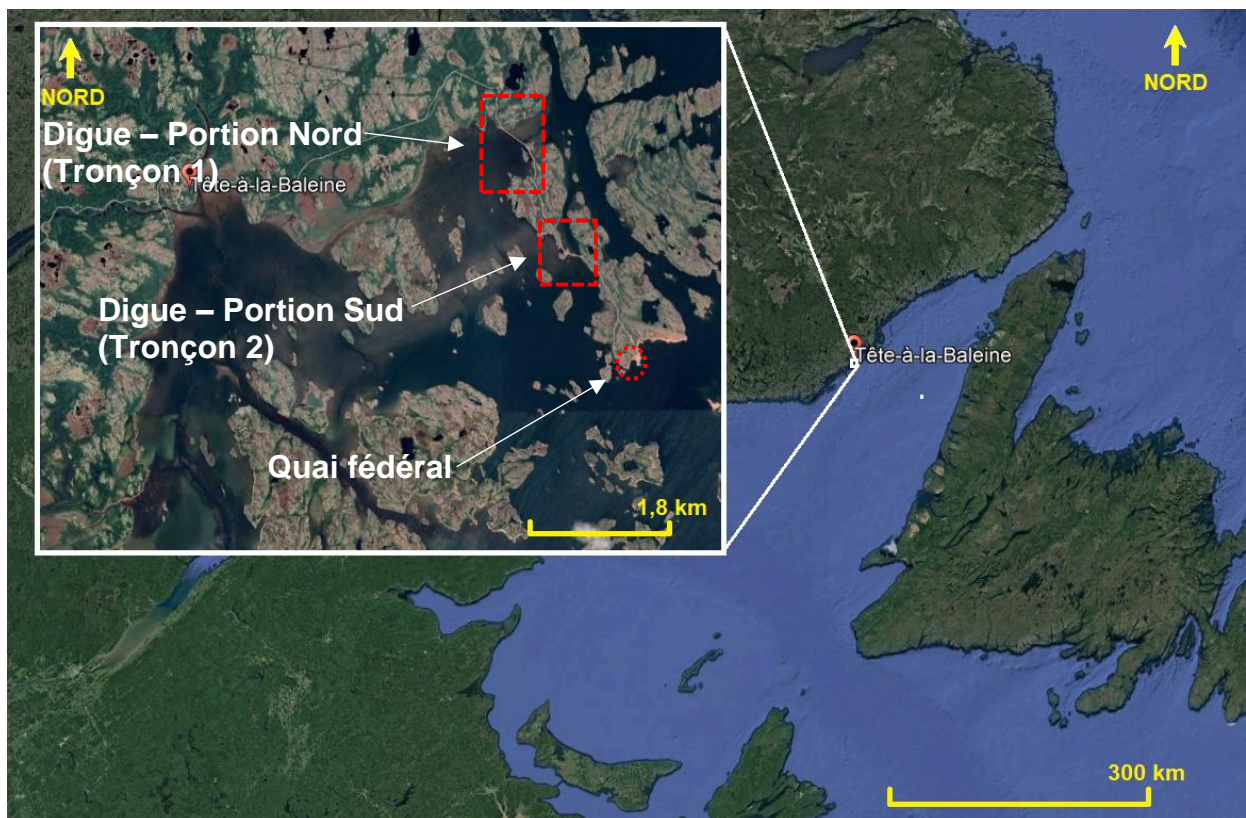


Figure 1 : Plan de localisation de la digue de la route 138 vers le quai fédéral de la localité de Tête-à-la-Baleine.

2. Objectifs

L'étude hydraulique a pour principaux objectifs d'émettre des recommandations quant à la géométrie de la protection en enrochement et aux dimensions des pierres de protection afin de protéger la digue de la route 138 contre les effets des vagues et de la glace.

3. La méthodologie

La méthodologie utilisée dans la présente étude est la suivante :

- + Étude de terrain et des caractéristiques du site;
- + Relevé d'arpentage complémentaire;
- + Analyse des niveaux d'eau à Tête-à-la-Baleine;
- + Analyse des conditions de vagues;
- + Analyse des conditions de glace;
- + Estimation du calibre de la protection en enrochement;
- + Recommandation du calibre de la protection en enrochement.
- + Recommandation de la géométrie de la protection en enrochement

4. Description des caractéristiques du site

Dans le cadre du présent mandat, une visite terrain a été réalisée les 14 et 15 juillet 2020. Lors de cette visite, la température extérieure moyenne était de respectivement 12 °C et 11 °C, et ce, sans précipitation. La vitesse de vent maximale enregistrée à l'aéroport de Chevery pendant la période d'observation (Station id. : 7041382) était de 15 km/h le 14 juillet (direction est-nord-est) et de 17 km/h le 15 juillet (direction est). Les prévisions de marées du SHC¹ pour Tête-à-la-Baleine le 14 juillet 2020 indiquent une marée basse de 0,8 m ZC à 12h55 et une marée haute de 1,6 m ZC à 19h35. Tandis que le 15 juillet, une marée haute de 1,4 m ZC était prédite pour 7 h 28, une marée basse de 0,7 m à 13 h 41 et une seconde marée haute de 1,6 m ZC à 20 h 34. Il est à noter que les heures sont fournies en heure avancée de l'Atlantique.

4.1 Les principaux constats de l'enquête terrain

- + Les dommages observés sur la chaussée de gravier de la digue sont plus importants aux endroits où la crête de l'enrochement est plus basse, surtout lorsqu'elle est plus basse que le niveau de la route. Pour une même élévation de crête, les protections en place semblent plus efficaces lorsque la crête de l'enrochement est plus large.
- + La digue ne semble pas inclure de couche de pierre-filtre ni de membrane géotextile entre les pierres de carapaces et la structure de la route.
- + À marée montante, il existe une différence d'élévation entre le niveau d'eau à l'est et à l'ouest de la digue (tronçon 1) et des résurgences dans la digue ont été observées.
- + Une plage de gravier est observée tout au long de la digue (portions nord et sud). Compte tenu de la dynamique sédimentaire de ce secteur (aucune autre accumulation de sédiment de ce calibre n'est observée dans le secteur), ce gravier provient très vraisemblablement des multiples opérations d'entretien de la chaussée (épandage de gravier) et de l'effet du franchissement par les vagues de la digue.
- + Les conditions de vagues à la digue étaient significativement différentes de celles au quai fédéral lors de la visite terrain. La hauteur des vagues observées au quai fédéral était de l'ordre de 300 mm (estimation visuelle), tandis qu'aucune vague n'a été observée à la digue.
- + Des pierres de la protection en enrochement semblent avoir été déplacées de quelques mètres vraisemblablement sous l'action des glaces. Les conditions de vagues estimées pour le secteur à l'étude et présentées à la section 7 renforcent cette hypothèse.
- + Un seul ponceau a pu être localisé, et ce, sur la portion sud de la digue.
- + Selon l'information obtenue des gestionnaires de l'auberge de l'Archipel à Tête-à-la-Baleine, le niveau d'eau du golfe du Saint-Laurent ne dépasse pas le niveau du quai fédéral (élévation 2,25 m CGVD28). Toutefois, lors des tempêtes, la remontée des vagues atteint le quai et du franchissement par les vagues est observé sur le quai. Ils estiment que les événements de franchissement au quai fédéral ont lieu environ 1 fois par année.

¹ Service hydrographique du Canada

5. Récurrence de conception

Pour la conception des ouvrages d'art, selon le tableau 2.1-1 du *Tome III – Ouvrages d'art de la collection Normes et ouvrages routiers* du Ministère (mise à jour du 30 janvier 2020), pour une classification fonctionnelle de route de type « Collectrice, Locale, Régionale et Nationale » la période de retour de la crue est de cinquante (50) ans. Tandis que pour une route dont la classification fonctionnelle est « Autoroute » la crue de conception passe à 100 ans.

Finalement, dans le cadre de l'avant-projet préliminaire (Stantec, 2020), on y propose de concevoir la route pour un niveau d'eau correspondant à une marée haute moyenne additionné de la hauteur de vague de récurrence 25 ans puisque les critères de conception mentionnés au paragraphe précédent s'appliquent aux ponts et non aux routes en bordure de l'eau.

CIMA+ propose plutôt que le dimensionnement de la protection en enrochement soit évalué en fonction d'évènements extrêmes associés à des périodes de retour de 50 ans.

6. Analyse des niveaux d'eau

6.1 Zéro des cartes et niveau moyen des mers

Le SHC donne, en 2019, une différence de 1,157 m entre le zéro des cartes marines (ZC) et le niveau moyen des mers (NMM-CGVD28) à Harrington Harbour, le ZC étant en dessous du NMM. De plus, le ministère Pêches et Océans Canada a été contacté afin d'obtenir les informations concernant la marée à Tête-à-la-Baleine (voir tableau 6.1 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Tableau 6.1 : Marée à Tête-à-la-Baleine

Unités : m et m CGVD28						
Marnage		Grande Marée		Marée moyenne		Niveau moyen de l'eau
Grande marée	Marée moyenne	PMS	BMI	PMS	BMI	
2,1	1,3	0,54	-1,56	0,14	-1,16	-0,56

*Notons que le SHC donne en 2020 une différence de 1,658 m entre le zéro des cartes marines (ZC) et le niveau moyen des mers (NMM-CGVD28) à Tête-à-la-Baleine

6.2 Données disponibles

Le Service hydrographique du Canada (SHC) fournit des données de niveaux d'eau pour la période du 4 août au 9 septembre 1984 à la station n° 2554 de Tête-à-la-Baleine. Cette série est trop courte pour les besoins de la présente étude. Le SHC fournit également des niveaux d'eau mesurés et modélisés dans le Golfe du fleuve Saint-Laurent à Harrington Harbour (situé à 26 km au sud-ouest de Tête-à-la-Baleine).

Les niveaux d'eau mesurés par le SHC à la station n° 2550 à Harrington Harbour sont disponibles pour la période de 1939 à 1989. Les niveaux d'eau modélisés par Zhigang Xu et Denis Lefavre (ISMER/UQAR) à la station n°2550 de Harrington Harbour couvrent pour leur part la période du 28 juillet 1979 au 31 décembre 2011.

La figure 2 illustre la variation des niveaux d'eau maximum, moyen et minimum mesurés et modélisés à Harrington Harbour de 1939 à 2011 sur cette période. La figure n'est fournie que pour visualiser la variabilité annuelle des niveaux d'eau.

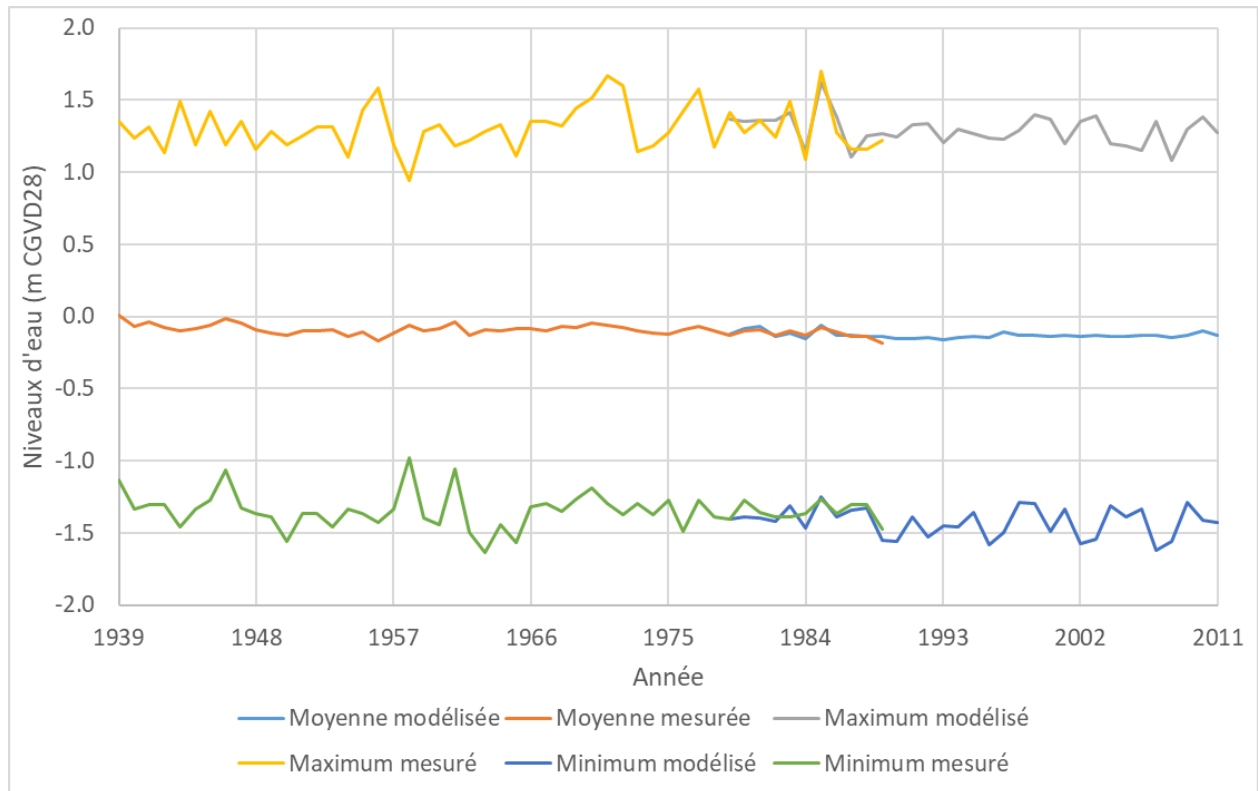


Figure 2 : Variation des niveaux d'eau maximum, moyenne et minimum à Harrington Harbour sur la période 1939-2011

En raison de la proximité de la station hydrométrique de Harrington Harbour avec les infrastructures de Tête-à-la-Baleine et de l'absence de données sur une période suffisamment longue pour réaliser des analyses statistiques à Tête-à-la-Baleine, les données mesurées et modélisées à Harrington Harbour ont été retenues pour la suite de l'analyse. Notons que le géoréférencement vertical de la station de Tête-à-la-Baleine semble problématique puisque les informations de marée indiquent un niveau moyen nettement inférieur au niveau moyen des mers (Différences ZC/NMM de 1,157 m pour Harrington Harbour et de 1,658 m pour Tête-à-la-Baleine, deux ports distants de 26 km).

6.3 Niveaux d'eau extrêmes hauts

L'analyse statistique a été réalisée avec le logiciel HYFRAN-PLUS en utilisant les niveaux maximums annuels mesurés et modélisés à la station n° 2550, et ce, pour les années de 1939 à 2011. La loi statistique retenue est la loi de Gamma inverse (maximum de vraisemblance) et celle-ci a été choisie parmi les différentes lois statistiques d'après le critère bayésien. La figure 3 illustre la courbe de probabilité de non-dépassement des niveaux d'eau extrêmes hauts à Harrington Harbour, tandis que le tableau 6.2 présente les niveaux atteints pour les différentes périodes de retour.

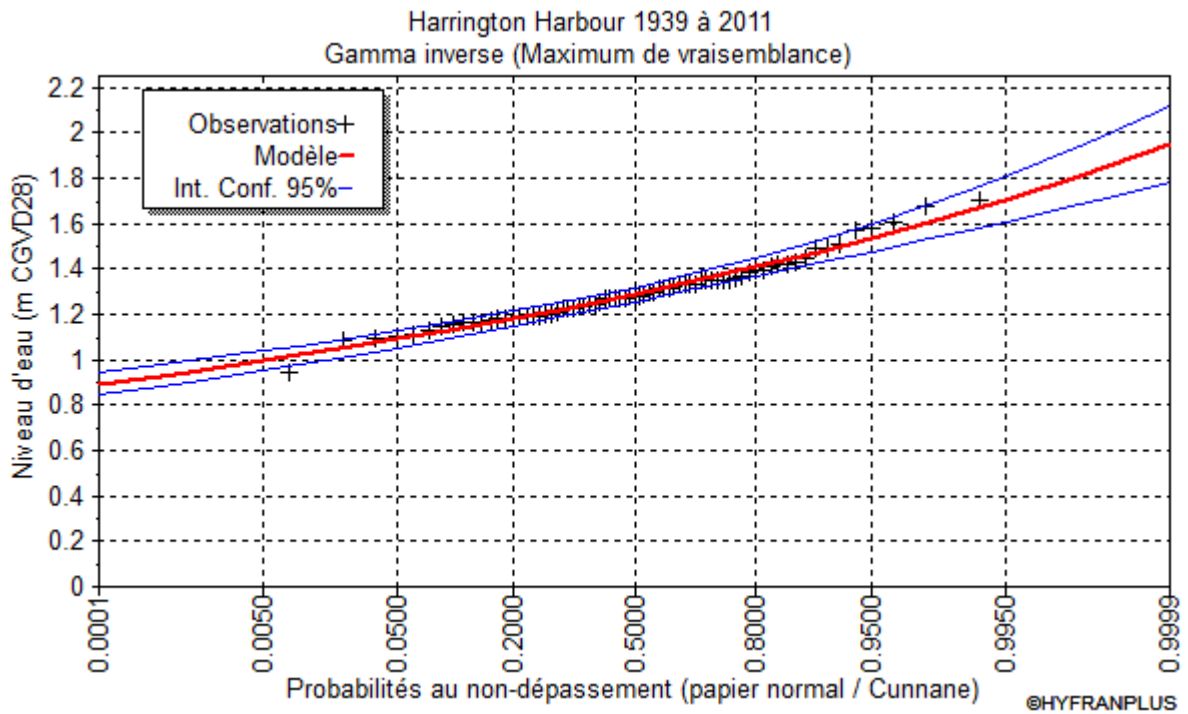


Figure 3 : Fréquence de non-dépassement – Maximums annuels (1939-2011)

Tableau 6.2 : Analyse statistique des niveaux d'eau maximum à Harrington Harbour

Période de retour (ans)	Niveaux d'eau (m CGVD28)	Écart-type (m)	Intervalle de confiance 95 %
100	1,66	0,0450	1,57 - 1,75
50	1,61	0,0391	1,53 - 1,69
25	1,56	0,0332	1,49 - 1,62
10	1,48	0,0258	1,43 - 1,53
5	1,41	0,0206	1,37 - 1,45
2	1,29	0,0157	1,26 - 1,32

Une analyse de sensibilité sur la période sélectionnée pour l'analyse statistique a été réalisée en reproduisant l'analyse présentée précédemment en utilisant seulement les données modélisées par l'ISMER (1979 à 2011). Les niveaux d'eau de récurrence 2 ans, 50 ans et 100 ans ainsi obtenus sont respectivement de 1,29 m CGVD28, 1,53 m CGVD28 et de 1,57 m CGVD28. Les niveaux d'eau obtenus avec cette série sont égaux à ceux obtenus précédemment pour une période de retour de 2 ans et légèrement inférieurs pour des périodes de retour plus longues.

6.4 Remontée isostatique de la croûte terrestre

Ressources naturelles Canada (RNCAN) met à la disposition du public un modèle permettant de calculer, pour tout point au Canada, le taux de mouvement de la croûte terrestre². Pour le site de Tête-à-la-Baleine, le taux de remontée fourni par le modèle de RNCAN est de 2,76 mm/an.

6.5 Influence des changements climatiques

Dans le cadre du dimensionnement d'infrastructures côtières 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 en cours. Les informations fournies par le GIEC³ seront utilisées pour définir un taux de remontée des niveaux moyens des océans et de l'appliquer au niveau d'eau extrême prévisible dans le contexte du dimensionnement des infrastructures portuaires. Les prévisions de hausse du niveau moyen des océans^[1] du GIEC^[2] et les calculs de remontée de la croûte terrestre de RNCAN^[3] ont été utilisés pour définir plus précisément les niveaux d'eau extrêmes à long terme. Une application des données fournies par le GIEC en 2019^[4] indique que le niveau d'eau moyen des océans devrait augmenter de 0,32 m dans 50 ans (voir figure 4).

² <http://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/tools-outils/trx.php>.

³ Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (IPCC en Anglais).

[1] IPCC – Special report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate – Chapter 4: Sea level rise and implications for low lying islands, coasts and communities (<https://www.ipcc.ch/srocc/download-report/>)

[2] Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (IPCC en Anglais)

[3] <http://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/tools-outils/trx.php>

[4] *“Future rise in global mean sea level caused by thermal expansion, melting of glaciers and ice sheets, and land water storage changes, is strongly dependent on which RCP emission scenario is followed. Sea level rise at the end of the century is projected to be faster under all scenarios, including those compatible with achieving the long-term temperature goal set out in the Paris Agreement. GMSL will rise between 0.43 m (0.29–0.59 m, likely range) (RCP2.6) and 0.84 m (0.61–1.10 m, likely range) (RCP8.5) by 2100 (medium confidence) relative to 1986-2005”.*

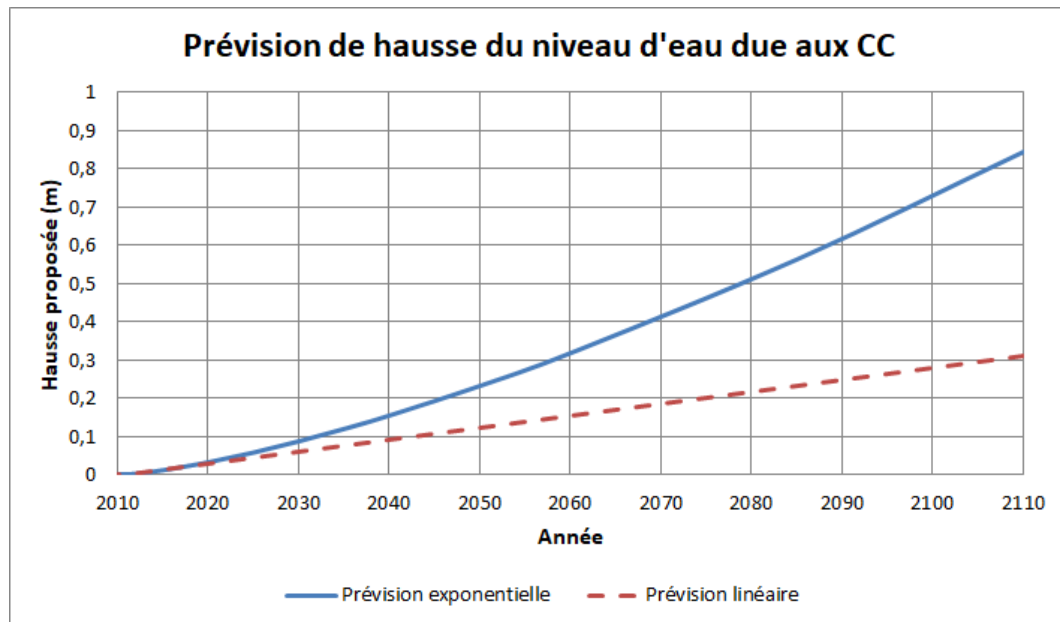


Figure 4 : Évolution du niveau d'eau moyen des océans déduite des informations du GIEC-2019

Cette augmentation du niveau moyen des océans est limitée à Tête-à-la-Baleine par la remontée isostatique (138 mm en 50 ans) pour résulter en une augmentation effective prévue des niveaux d'eau de 182 mm dans 50 ans.

7. Conditions de vagues

Afin d'émettre des recommandations quant aux calibres des pierres de protection qui devraient être mises en place en bordure de la digue de la route 138 à Tête-à-la-Baleine, une étude du régime des vagues de part et d'autre de la digue est nécessaire.

En l'absence de données de vagues pour le secteur, celles-ci doivent être établies à l'aide d'un modèle mathématique à partir de données de vents mesurées. Dans le cadre de la présente analyse, les données de vents mesurées de 1994 à aujourd'hui à l'aéroport Chevery (station : 7041382) ont été utilisées. Pour ce faire, les données de vents mesurées à la station d'Environnement Canada ont été collectées.

La rose des vents obtenue à partir des mesures de vents de Chevery (1994 à 2020) est fournie à la figure 5. C'est la période d'avril à décembre qui a été retenue pour l'analyse des vagues (période réputée sans glaces).

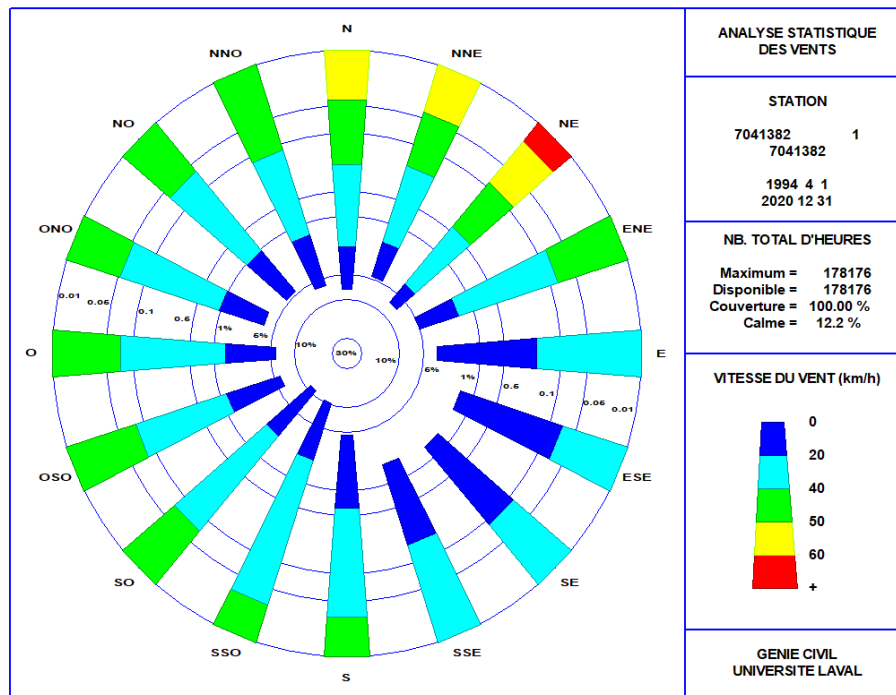


Figure 5 : Rose de vents de 1994 à 2020 – Chevery

7.1 Radiales et fetchs

Le fetch est la distance dans une direction donnée entre le point de calcul des vagues et la côte la plus proche, distance sur laquelle les vents peuvent soulever les vagues dans la direction considérée.

Les radiales permettant de calculer les fetchs ont été déterminées tous les trois degrés (3°) à partir d'images satellites (Google™ Earth). Les fetchs utilisés suivant les directions d'intérêt sont calculés à l'aide de la méthode des fetchs effectifs. Il est à noter que les fetchs utilisés correspondent à la moyenne, plus un demi-écart-type.

La figure 6 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** présente la localisation des quatre points d'origine de mesure des radiales (P1, P2, P3 et P4) utilisées pour le calcul des longueurs de fetchs. Ces points sont situés aux coordonnées suivantes :

- + P1 : 50° 42' 25,16"N / 59° 15' 44,93" W
- + P2 : 50° 42' 22,82"N / 59° 15' 35,86" W
- + P3 : 50° 41' 32,32"N / 59° 15' 1,12" W
- + P4 : 50° 41' 35,35"N / 59° 15' 3,13" W

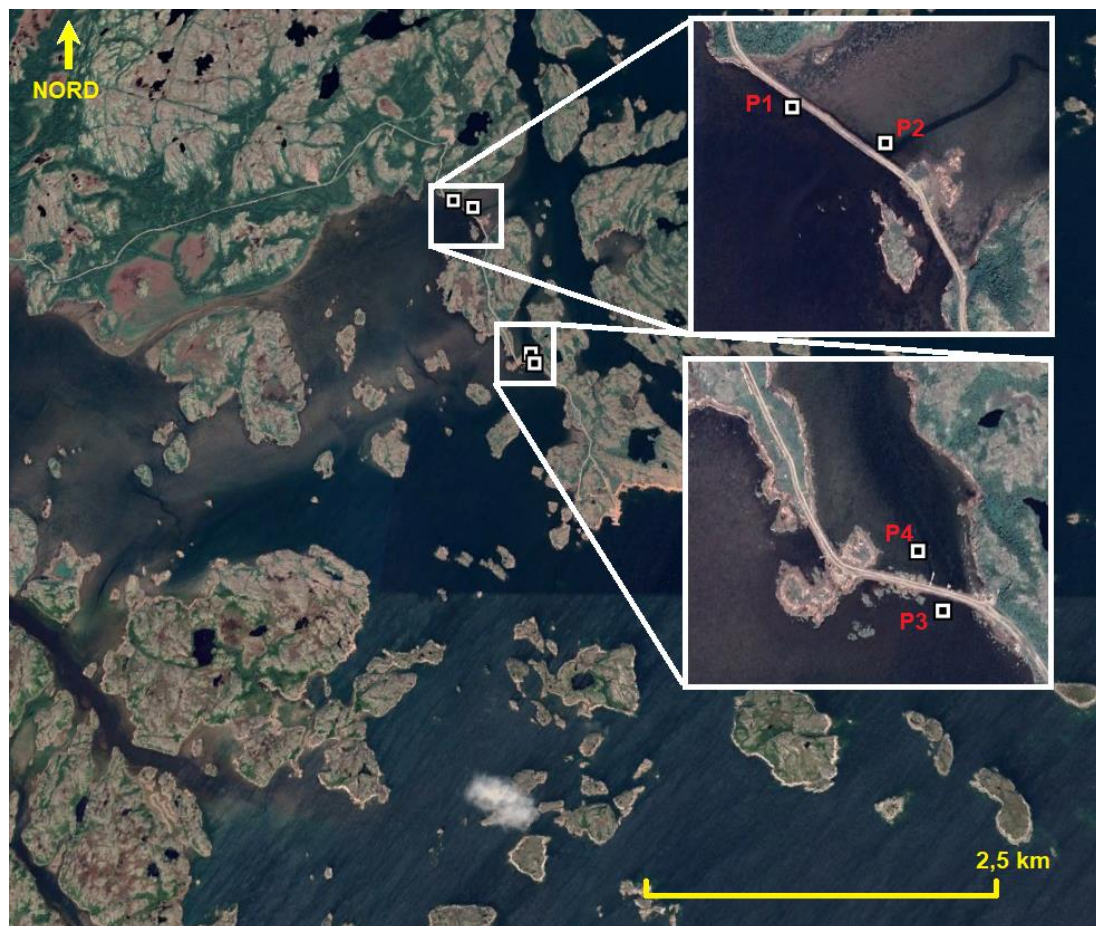


Figure 6 : Localisation des points de calculs des radiales et des fetchs

Les radiales sont présentées, respectivement pour les points P1, P2, P3 et P4, sous forme de roses aux figures 7 à 10. Les fetchs effectifs sont également présentés sous forme de roses aux figures 11 à 14.

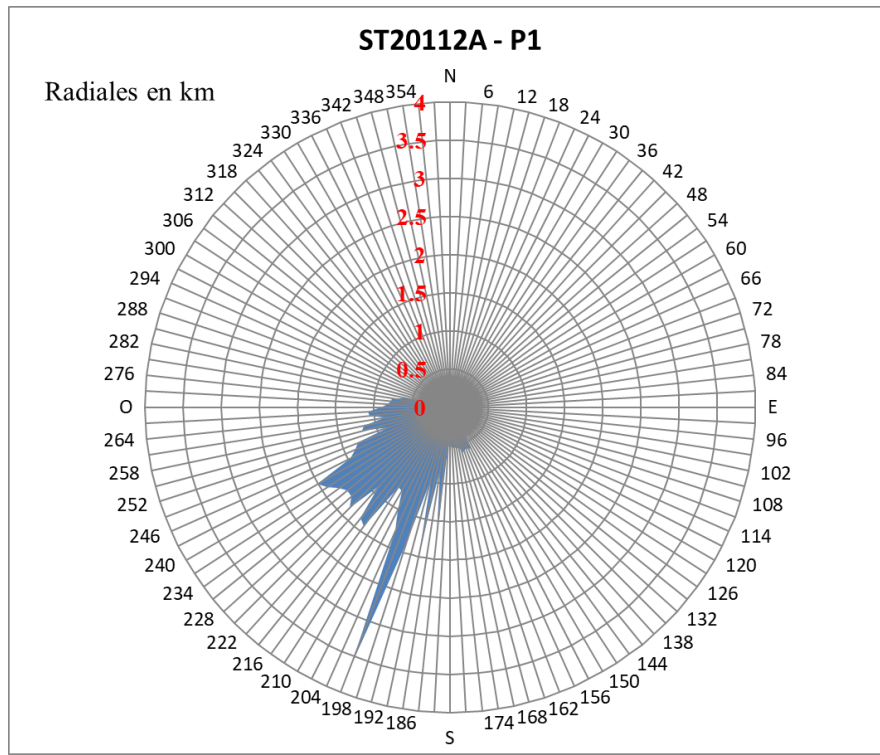


Figure 7: Rose des radiales pour le point P1-Ouest

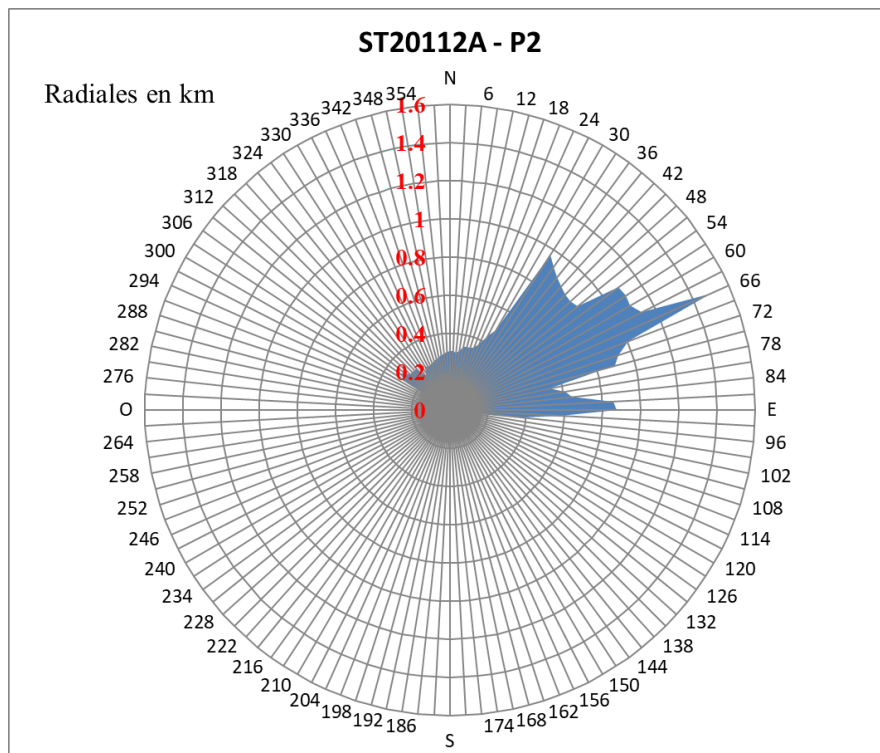


Figure 8: Rose des radiales pour le point P2-Est

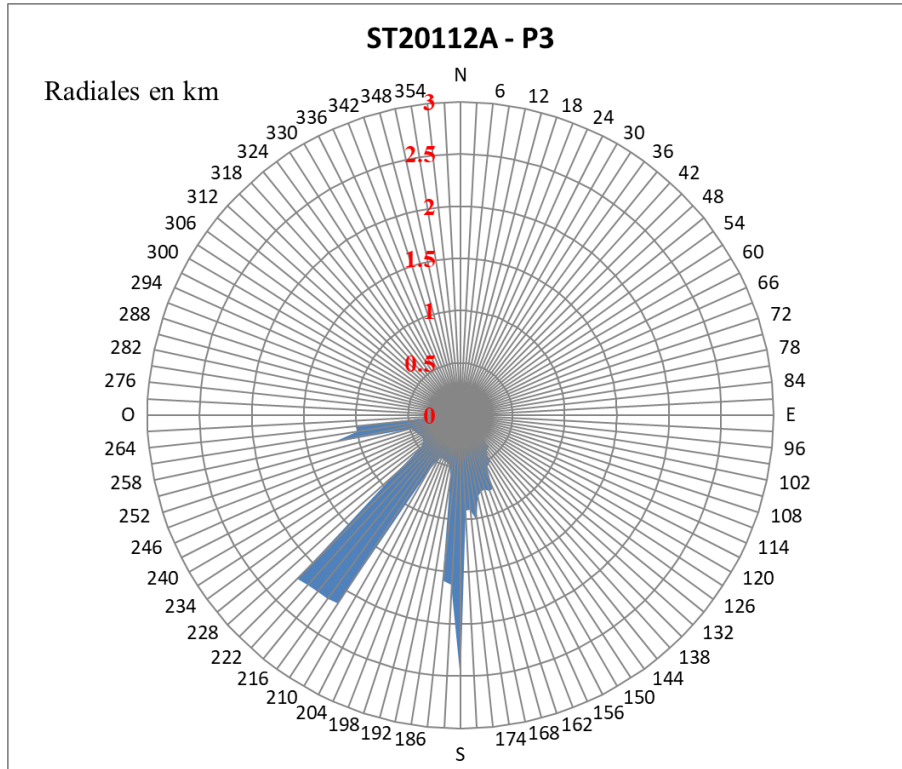


Figure 9 : Rose des radiales pour le point P3-Ouest

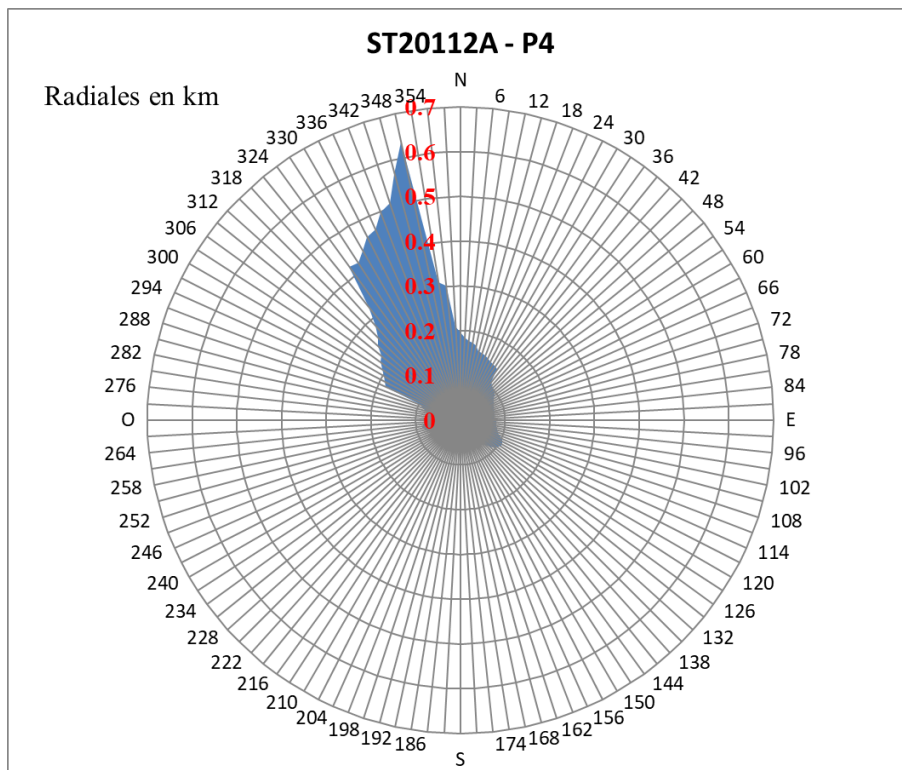


Figure 10 : Rose des radiales pour le point P4-Est

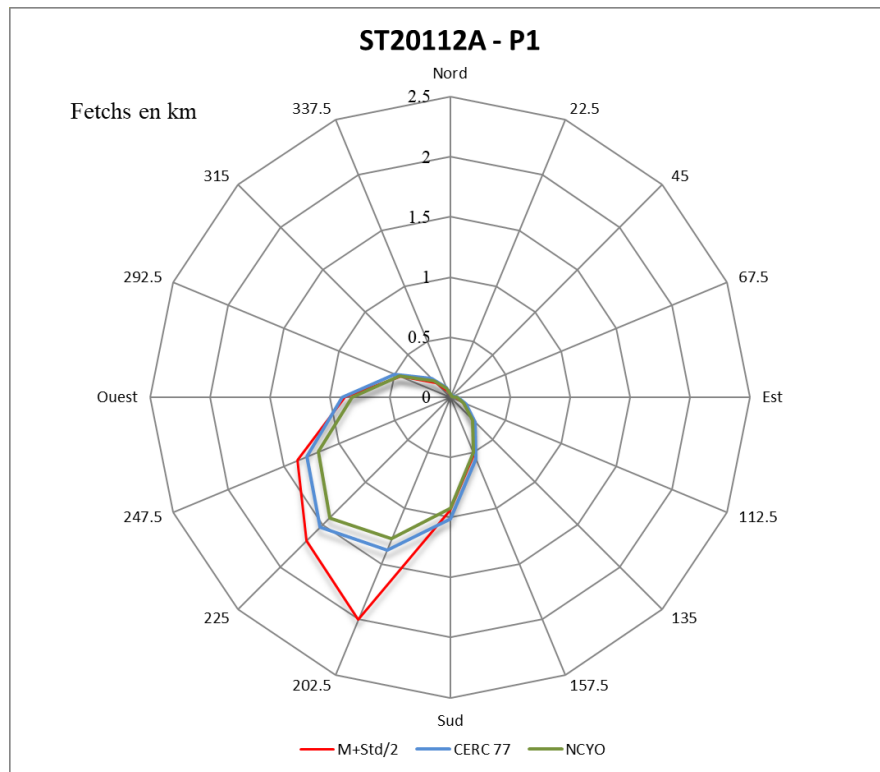


Figure 11 : Rose des fetchs pour le point P1-Ouest

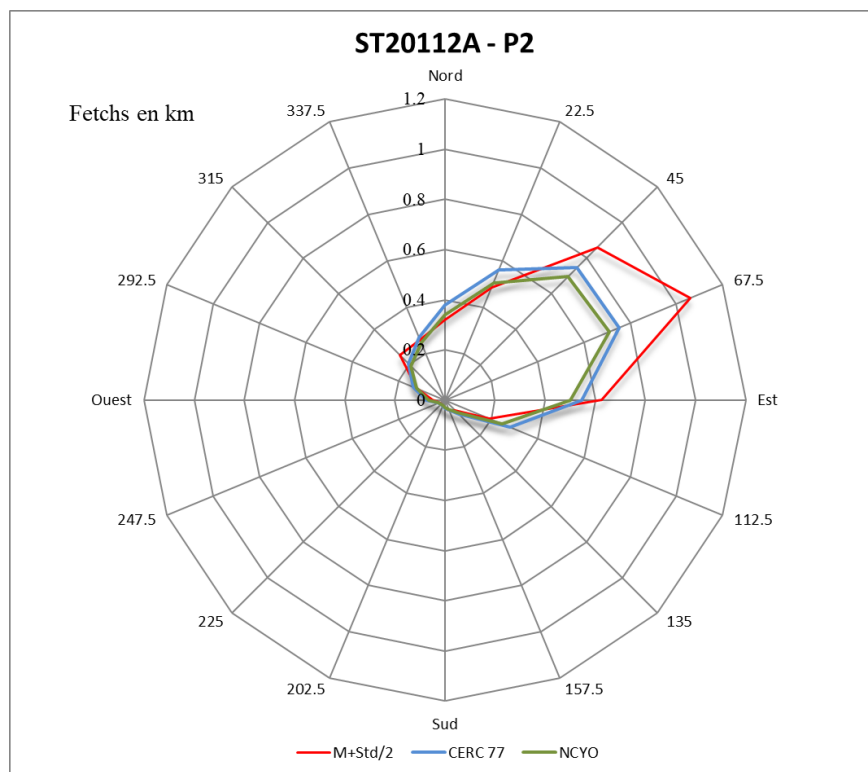


Figure 12 : Rose des fetchs pour le point P2-Est

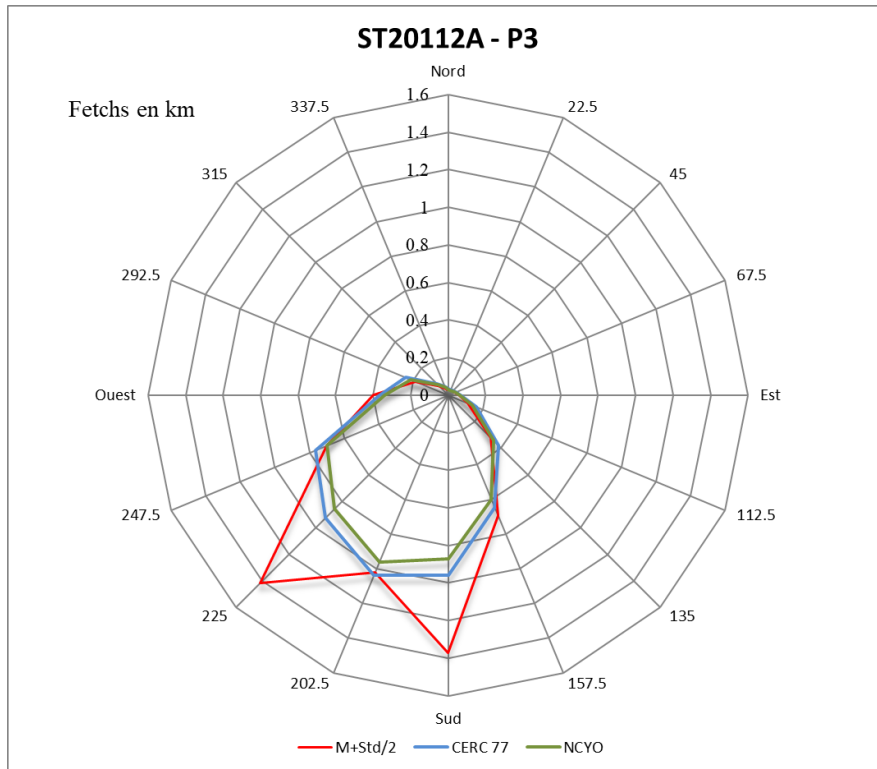


Figure 13 : Rose des fetchs pour le point P3-Ouest

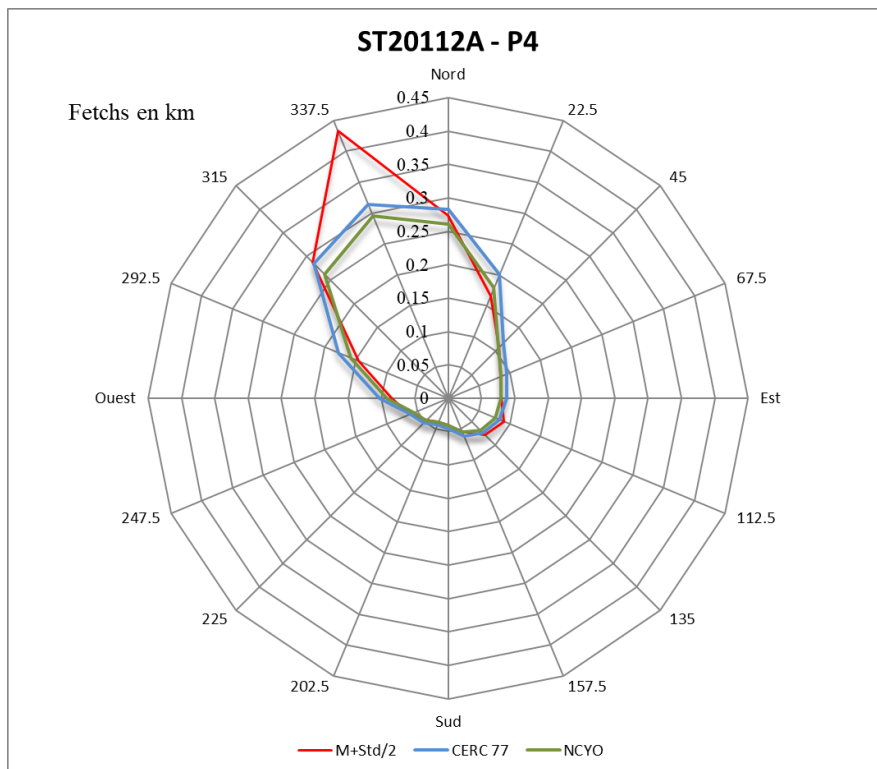


Figure 14 : Rose des fetchs pour le point P4-Est

La méthode de calcul des fetchs effectifs « $M+Std/2$ » a été retenue pour représenter la géométrie du domaine de génération des vagues au large de la digue de Tête-à-la-Baleine car elle résulte en des valeurs de fetchs plus représentatives de la forme du domaine de génération des vagues que les deux autres méthodes de calcul de fetchs utilisées. Les valeurs de fetchs retenues pour chacun des points d'origine sont présentées au tableau 7.1.

Tableau 7.1: Valeurs numériques des fetchs effectifs selon le point de calcul (km)

Point	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSO	SO	OSO	O	ONO	NO	NNO
P1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,5	0,9	2,0	1,7	1,4	0,9	0,4	0,2	0,1
P2	0,3	0,5	0,9	1,1	0,6	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,3	0,3
P3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,3	0,7	1,4	1,0	1,4	0,7	0,4	0,2	0,1	0,0
P4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,3	0,4

7.2 Estimation des vagues par modèle de génération

Le modèle GENER (Version 1.32) 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 site à l'étude. La méthode de calcul du SPM-77 et une profondeur d'eau de 5 m (représentative des profondeurs de la zone des points d'origine du calcul des radiales) ont été retenues dans les calculs. Rappelons que les calculs ont été réalisés pour la période d'avril à décembre inclusivement, en appliquant un facteur multiplicatif de 1,2 aux vitesses de vent mesurées. Les roses des vagues ainsi obtenues sont présentées aux figures 15 à 18.

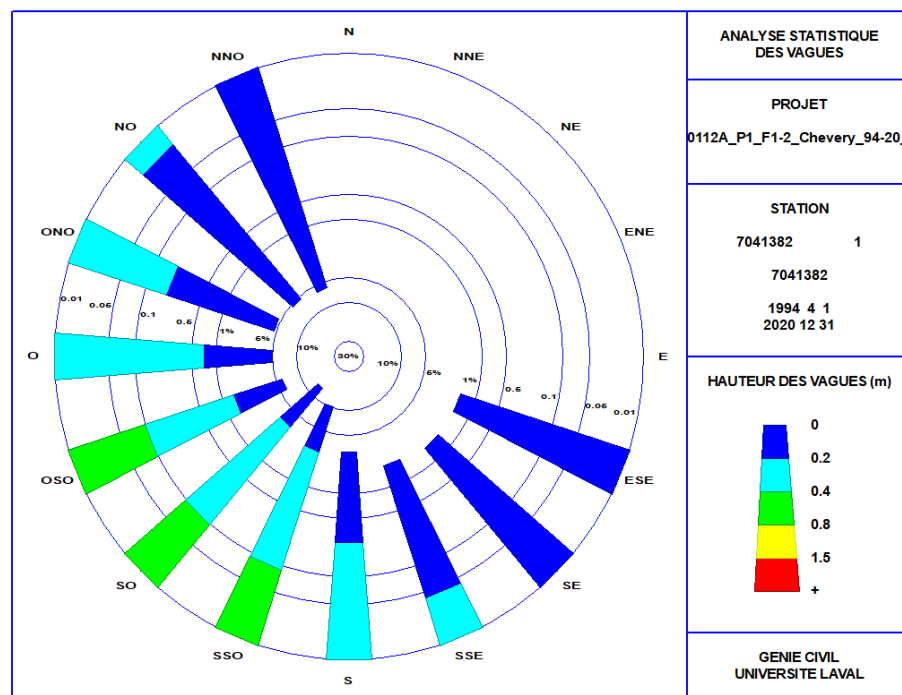


Figure 15 : Rose des vagues - Vents mesurés à Chevery et appliqués à P1

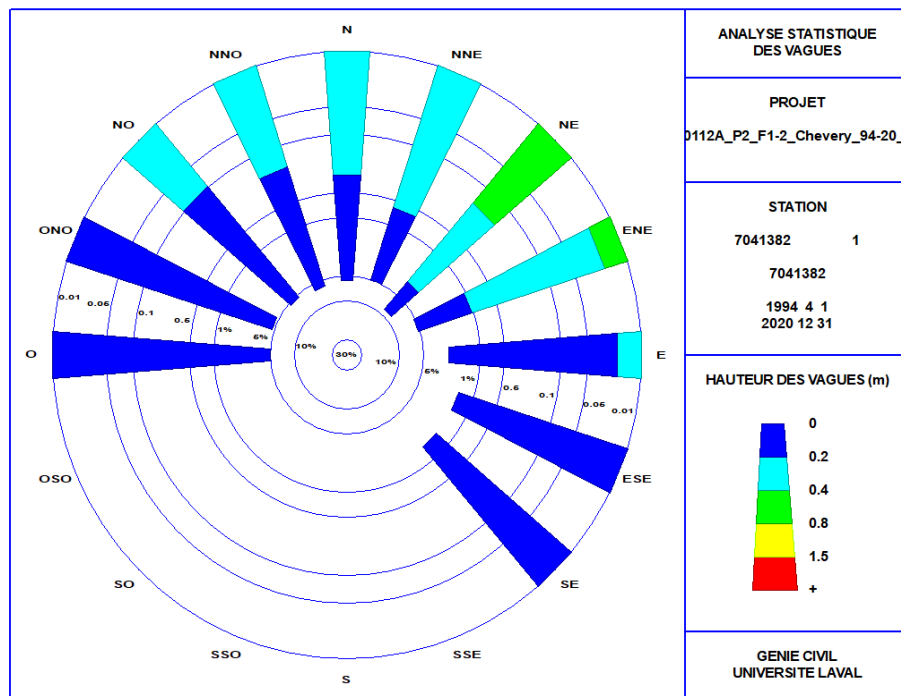


Figure 16 : Rose des vagues - Vents mesurés à Chevery et appliqués à P2

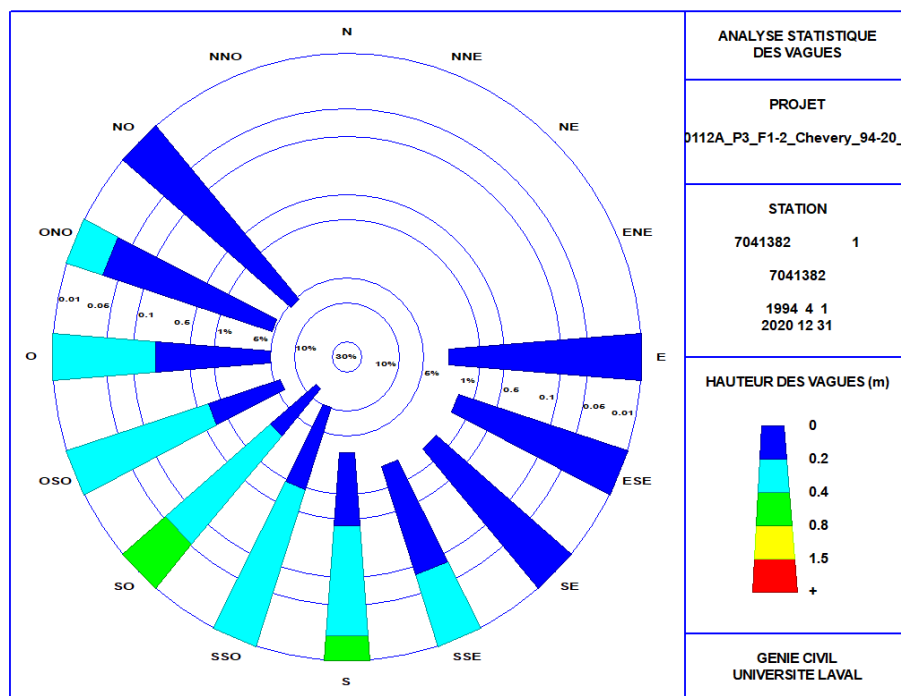


Figure 17 : Rose des vagues - Vents mesurés à Chevery et appliqués à P3

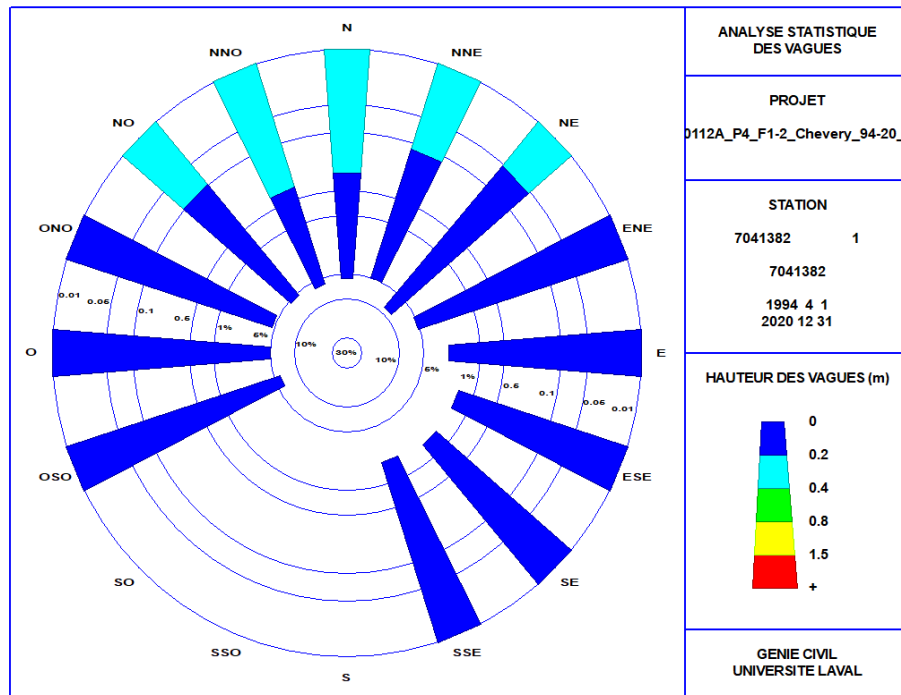


Figure 18 : Rose des vagues - Vents mesurés à Chevery et appliqués à P4

Il est à noter qu'une analyse de sensibilité a été réalisée afin de vérifier la variabilité des hauteurs de vagues estimées en fonction de la profondeur considérée lors de la génération des vagues. Cette analyse a permis de constater que pour une vague de récurrence 50 ans (au point de génération P1) la hauteur significative est estimée à 0,72 m pour une profondeur de 5 mètres, à 0,77 m pour une profondeur de 20 m et à 0,79 m pour une profondeur de 1000 m. La valeur de profondeur égale à 5 mètres a été retenue, car elle nous semble plus représentative des conditions locales.

7.3 Vagues extrêmes

L'analyse statistique des hauteurs de vagues extrêmes a été réalisée avec le logiciel HYFRAN-PLUS en utilisant les hauteurs de vagues maximums annuelles générés heure par heure à partir des vents de Chevery, et ce, pour la période de 1994 à 2020. Il est à noter que les lois statistiques ont été choisies en fonction du critère bayésien. Les tableaux 4.4 à 4.7 présentent les hauteurs de vagues extrêmes ainsi obtenues pour les différentes périodes de retour aux points P1 à P4.

Tableau 7.2 : Conditions de vagues en fonction de la période de retour – P1

Période de retour (année)	Hauteur significative (m)	Période de pointe (s)
100	0,72	3,6
50	0,69	3,5
25	0,65	3,4
10	0,60	3,3
5	0,56	3,1
2	0,49	2,9

Tableau 7.3 : Conditions de vagues en fonction de la période de retour - P2

Période de retour (année)	Hauteur significative (m)	Période de pointe (s)
100	0,74	3,3
50	0,69	3,2
25	0,65	3,2
10	0,58	3,0
5	0,53	2,9
2	0,49	2,7

Tableau 7.4 : Conditions de vagues en fonction de la période de retour – P3

Période de retour (année)	Hauteur significative (m)	Période de pointe (s)
100	0,59	3,1
50	0,57	3,0
25	0,55	3,0
10	0,52	2,9
5	0,49	2,9
2	0,44	2,7

Tableau 7.5 : Conditions de vagues en fonction de la période de retour – P4

Période de retour (année)	Hauteur significative (m)	Période de pointe (s)
100	0,43	2,5
50	0,41	2,4
25	0,39	2,4
10	0,36	2,3
5	0,33	2,2
2	0,29	2,1

7.4 Remontée des vagues sur un enrochement

À partir des données horaires de vagues générées pour la période de 1994 à 2020 et des niveaux d'eau modélisés à Harrington Harbour pour la période de 1979 à 2011, des séries temporelles synchrones de niveaux d'eau et de vagues couvrant une période de 17 ans ont pu être produites. Ces séries synchrones ont été utilisées pour évaluer heure par heure la remontée des vagues sur la digue. Les résultats de cette analyse permettront d'associer une élévation de crête de protection en enrochement à une fréquence de dépassement et ainsi d'émettre des recommandations.

Les géométries de protection en enrochement considérées pour les calculs de remontée correspondent au scénario 2A-4 pour le tronçon 1 (partie nord de la digue) et aux scénarios 2A-4 et 2A-5 (1^{er} et 2^e segment) pour le tronçon 2 (partie sud de la digue) de l'étude d'avant-projet. Il est à noter que les calculs des franchissements ont seulement été réalisés pour l'élévation de crête de protection recommandée par CIMA+.

Les configurations proposées dans l'étude d'avant-projet préliminaire prévoient que la route 138 sera à une élévation de 2,5 m CGVD28 sur l'ensemble de la digue (tronçon 1 et 2). Le scénario 2A-4 présente une pente de 1V:5H entre les élévations 2,5 m et 1,5 m CGVD28 et de 1V:3H sous l'élévation 1,5 m CGVD28. Le scénario 2A-5 (1^{er} segment) présente une pente de 1V:5H entre les élévations 2,5 m et 1,5 m CGVD28 et de 1V:2H sous l'élévation 1,5 m CGVD28. Finalement, le scénario 2A-5 (2^e segment) montre une pente de 1V:2H à partir du niveau de la route. Les analyses produites pour chacun de ces scénarios sont présentées aux sections suivantes. Il est à noter que les résultats obtenus pour les scénarios 2A-5 (1^{er} et 2^e segment) sont les mêmes puisque l'ensemble des niveaux d'eau de la série temporelle utilisée pour l'analyse se trouve sous l'élévation 1,5 m CGVD28.

7.4.1 Tronçon 1 (digue nord), côté ouest (Scénario 2A-4)

La figure 19 présente l'élévation de remontée des vagues sur un enrochement en fonction de la fréquence de dépassement en pourcentage des valeurs maximales calculées à partir de la série temporelle de données synchrones couvrant la période de 1994 à 2011 (point P1). La pente de protection en enrochement considérée est de 1V : 3H.

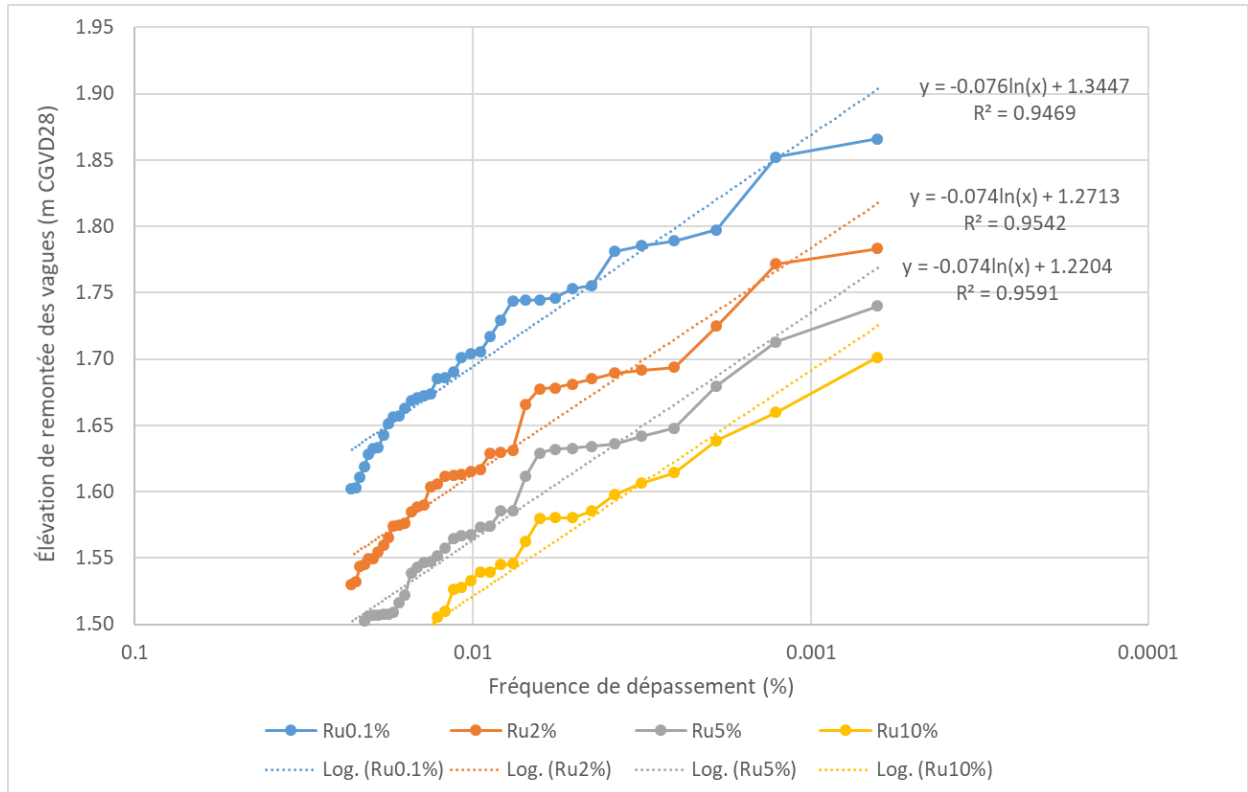


Figure 19 : Élévation de remontée des vagues en fonction de la fréquence de dépassement (%) (tronçon 1-ouest)

Les élévations de remontée des vagues pour différentes fréquences de dépassement ont pu être estimées par régression logarithmique et sont présentées au tableau 7.6.

Tableau 7.6 : Remontée des vagues (en élévations CGVD28) en fonction de la fréquence de dépassement (tronçon 1-ouest)

Fréquence de dépassement	Remontée des vagues 0,1 % (m)	Remontée des vagues 2 % (m)	Remontée des vagues 5 % (m)	Remontée des vagues 10 % (m)
1h/100 ans	2,0	1,9	1,9	1,9
1h/50 ans	2,0	1,9	1,8	1,8
1h/25 ans	1,9	1,8	1,8	1,8
1h/10 ans	1,9	1,8	1,7	1,7
1h/5 ans	1,8	1,7	1,7	1,7
1h/2 ans	1,7	1,7	1,6	1,6

Finalement, l'analyse statistique des valeurs maximales annuelles de remontée de 5 % des vagues a été réalisée avec le logiciel HYFRAN-PLUS pour les années de 1994 à 2011. La loi statistique retenue est la loi Normale (maximum de vraisemblance) et celle-ci a été choisie parmi les différentes lois statistiques d'après le critère bayésien. Le tableau 7.7 présente les niveaux de remontée atteints pour les différentes périodes de retour.

*Tableau 7.7 : Remontée des vagues (5 % en élévations CGVD28)
en fonction de la période de retour (tronçon 1-ouest)*

Période de retour	Remontée des vagues 5 % (m)
100 ans	1,81
50 ans	1,78
25 ans	1,74
10 ans	1,68
5 ans	1,62
2 ans	1,51

7.4.1.1 Tronçon 1 (digue nord), côté est (Scénario 2A-4)

La figure 20 présente l'élévation de remontée des vagues sur un enrochement en fonction de la fréquence de dépassement en pourcentage des valeurs maximales calculées à partir de la série temporelle de données synchrones couvrant la période de 1994 à 2011. La pente de protection en enrochement considérée est de 1V : 3H.

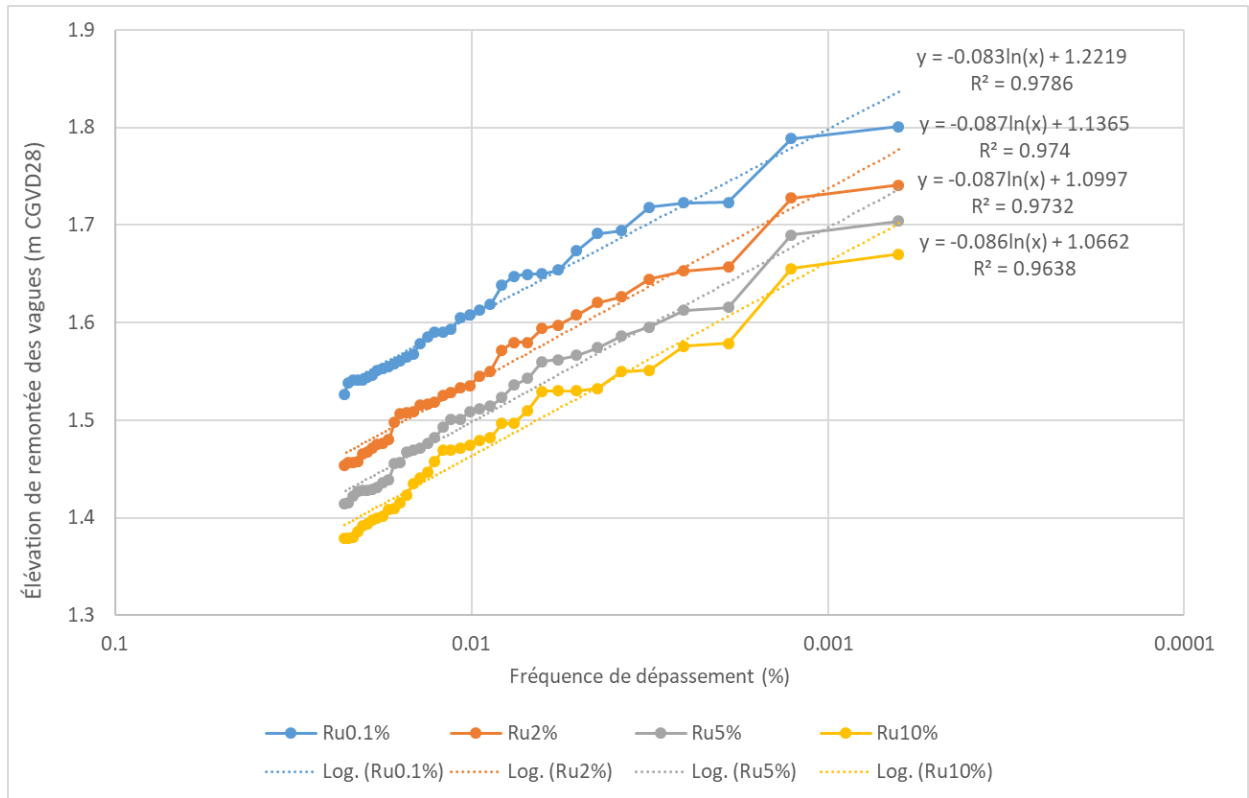


Figure 20 : Élévation de remontée des vagues en fonction de la fréquence de dépassement (%) (tronçon 1-est)

Les élévations de remontée des vagues pour différentes fréquences de dépassement ont pu être estimées par régression logarithmique et sont présentées au tableau 7.8.

Tableau 7.8 : Remontée des vagues (en élévations CVGD28) en fonction de la fréquence de dépassement (tronçon 1-est)

Fréquence de dépassement	Remontée des vagues 0,1 % (m)	Remontée des vagues 2 % (m)	Remontée des vagues 5 % (m)	Remontée des vagues 10 % (m)
1h/100 ans	2,0	1,9	1,9	1,8
1h/50 ans	1,9	1,9	1,8	1,8
1h/25 ans	1,9	1,8	1,8	1,7
1h/10 ans	1,8	1,7	1,7	1,6
1h/5 ans	1,7	1,7	1,6	1,6
1h/2 ans	1,7	1,6	1,5	1,5

Finalement, l'analyse statistique des valeurs maximales annuelles de remontée de 5 % des vagues a été réalisée avec le logiciel HYFRAN-PLUS pour les années de 1994 à 2011. La loi statistique retenue est la loi de Gamma (maximum de vraisemblance) et celle-ci a été choisie parmi les différentes lois statistiques d'après le critère bayésien. Le tableau 7.9 présente les niveaux de remontée atteints pour les différentes périodes de retour.

Tableau 7.9 : Remontée des vagues (5 % en élévations CGVD28) en fonction de la période de retour (tronçon 1-est)

Période de retour	Remontée des vagues 5 % (m)
100 ans	1,78
50 ans	1,74
25 ans	1,69
10 ans	1,62
5 ans	1,55
2 ans	1,43

7.4.2 Tronçon 2 (digue sud), côté ouest (Scénario 2A-5)

La figure 20 présente l'élévation de remontée des vagues sur un enrochement en fonction de la fréquence de dépassement en pourcentage des valeurs maximales calculées à partir de la série temporelle de données synchrones couvrant la période de 1994 à 2011. La pente de protection en enrochement considérée est de 1V : 2H.

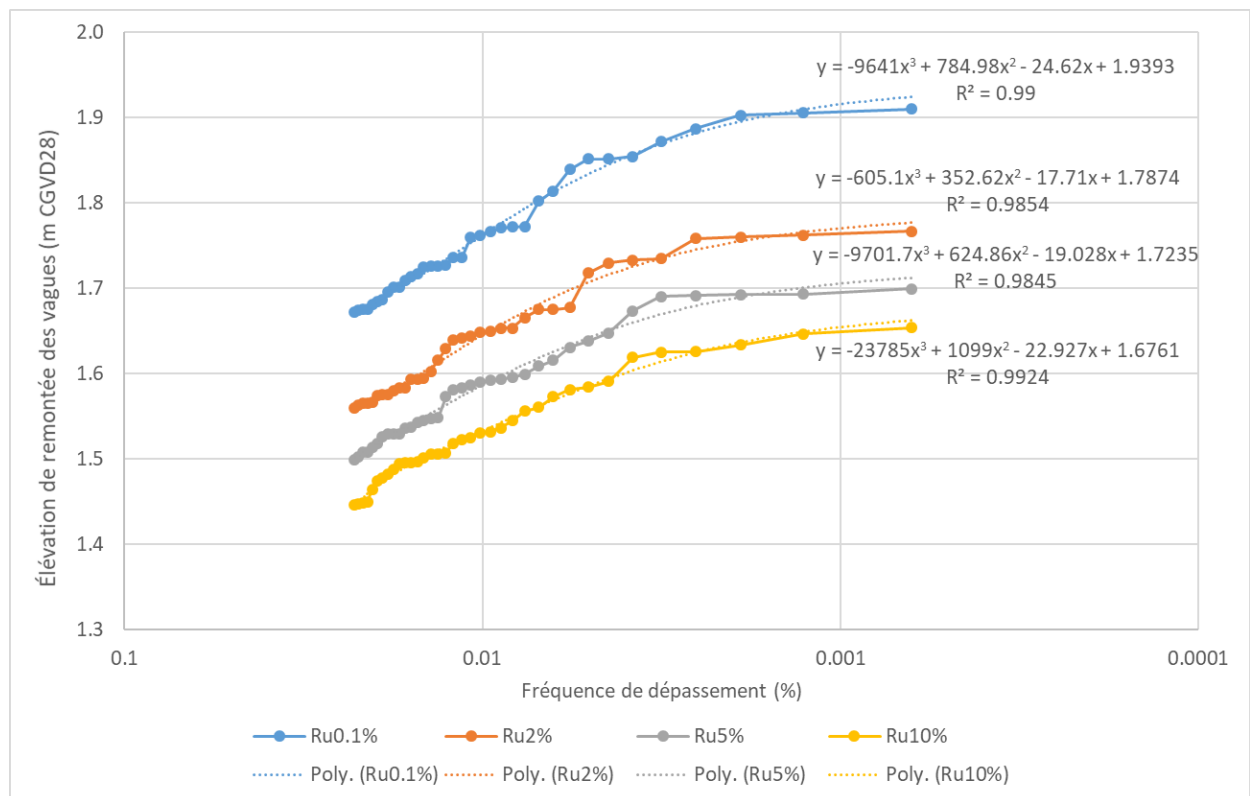


Figure 20 : Élévation de remontée des vagues en fonction de la fréquence de dépassement (%) (tronçon 2-ouest)

Les élévations de remontée des vagues pour différentes fréquences de dépassement ont pu être estimées par régression polynomiale et sont présentées au tableau 7.10.

Tableau 7.10 : Remontée des vagues (en élévations CGVD28) en fonction de la fréquence de dépassement (tronçon 2-ouest)

Fréquence de dépassement	Remontée des vagues 0,1 % (m)	Remontée des vagues 2 % (m)	Remontée des vagues 5 % (m)	Remontée des vagues 10 % (m)
1h/100 ans	1,9	1,8	1,7	1,7
1h/50 ans	1,9	1,8	1,7	1,7
1h/25 ans	1,9	1,8	1,7	1,7
1h/10 ans	1,9	1,8	1,7	1,7
1h/5 ans	1,9	1,8	1,7	1,6
1h/2 ans	1,8	1,7	1,6	1,6

Finalement, l'analyse statistique des valeurs maximales annuelles de remontée de 5 % des vagues a été réalisée avec le logiciel HYFRAN-PLUS pour les années de 1994 à 2011. La loi statistique retenue est la loi Normale (maximum de vraisemblance) et celle-ci a été choisie parmi les différentes lois statistiques d'après le critère bayésien. Le tableau 7.11 présente les niveaux de remontée atteints pour les différentes périodes de retour.

Tableau 7.11 : Remontée des vagues (5 % en élévations CGVD28) en fonction de la période de retour (tronçon 2-ouest)

Période de retour	Remontée des vagues 5 % (m)
100 ans	1,81
50 ans	1,78
25 ans	1,74
10 ans	1,68
5 ans	1,62
2 ans	1,51

7.4.3 Tronçon 2 (digue sud), côté est (Scénario 2A-5)

La figure 21 présente l'élévation de remontée des vagues sur un enrochement en fonction de la fréquence de dépassement en pourcentage des valeurs maximales calculées à partir de la série temporelle de données synchrones couvrant la période de 1994 à 2011. La pente de protection en enrochement considérée est de 1V : 2H.

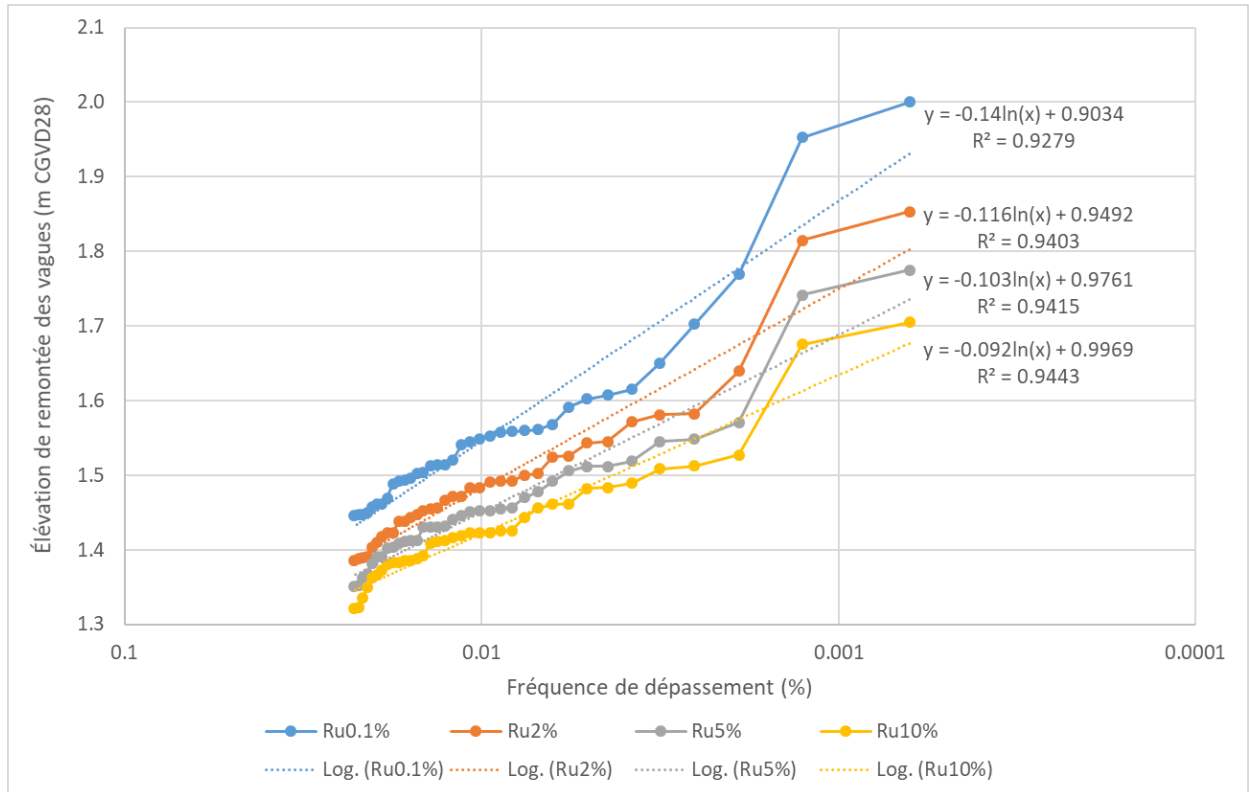


Figure 21 : Élévation de remontée des vagues en fonction de la fréquence de dépassement (%) (tronçon 2-est)

Les élévations de remontée des vagues pour différentes fréquences de dépassement ont pu être estimées par régression logarithmique et sont présentées au tableau 7.12.

Tableau 7.12 : Remontée des vagues (en élévations CGVD28) en fonction de la fréquence de dépassement (tronçon 2-est)

Fréquence de dépassement	Remontée des vagues 0,1 % (m)	Remontée des vagues 2 % (m)	Remontée des vagues 5 % (m)	Remontée des vagues 10 % (m)
1h/100 ans	2,2	2,0	1,9	1,8
1h/50 ans	2,1	1,9	1,8	1,8
1h/25 ans	2,0	1,8	1,8	1,7
1h/10 ans	1,9	1,7	1,7	1,6
1h/5 ans	1,8	1,7	1,6	1,6
1h/2 ans	1,6	1,5	1,5	1,5

Finalement, l'analyse statistique des valeurs maximales annuelles de remontée de 5 % des vagues a été réalisée avec le logiciel HYFRAN-PLUS pour les années de 1994 à 2011. La loi statistique retenue est la loi de Gumbel (maximum de vraisemblance) et celle-ci a été choisie parmi les différentes lois statistiques d'après le critère bayésien. Le tableau 7.13 présente les niveaux de remontée atteints pour les différentes périodes de retour.

Tableau 7.13 : Remontée des vagues (5 % en élévations CGVD28) en fonction de la période de retour (tronçon 2-est)

Période de retour	Remontée des vagues 5 % (m)
100 ans	1,88
50 ans	1,79
25 ans	1,70
10 ans	1,59
5 ans	1,49
2 ans	1,35

8. Recommandation sur le niveau de la crête

L'analyse de l'élévation de remontée des vagues sur un enrochement pour la série synchrone (niveaux d'eau et vagues) de 1994 à 2011 a permis d'estimer le niveau de remontée des vagues (0,1%, 2%, 5% et 10%) pour différentes fréquences de dépassement. Compte tenu du type d'infrastructure à protéger par l'enrochement (route nationale), un franchissement de 5 % des vagues de tempête est considéré comme raisonnable. En fonction de ce critère, pour une fréquence de dépassement de 50 ans les élévations de remontée des vagues qui devraient être considérées sont de :

- + 1,8 m CGVD28 pour le tronçon 1 (P1 et P2) et pour le tronçon 2 du côté est (P4) et
- + 1,7 m CGVD28 du côté ouest (P3) pour le tronçon 2.

En fonction de ces valeurs, l'élévation de la crête des enrochements pour le tronçon 1 et 2 devrait être fixée à +2,25 m NMM. Cette élévation correspond au niveau de remontée de 5 % des vagues pour une fréquence de dépassement de 50 ans (1,8 m) majoré pour tenir compte des prévisions de remontée du niveau moyen des mers (+ 320 mm) et de la remontée isostatique de la croûte terrestre (- 138 mm) sur une période de 50 ans, et ce, avec une revanche de 250 mm.

Il est recommandé d'ajouter cette revanche de 250 mm pour prendre en compte la qualité moyenne des données de vents, de vagues et de niveaux d'eau. Cette revanche ne prend pas en compte les problématiques de tassement dues à la nature et la qualité des sols de fondation de la route. Une expertise géotechnique serait requise pour déterminer le tassement et ajuster l'élévation de la crête des enrochements en conséquence.

8.1 Franchissement

En fonction des résultats de l'analyse de remontée des vagues, l'élévation de la crête de la digue recommandée est de +2,25 m CGVD28 pour les tronçons 1 et 2. Afin de confirmer cette recommandation, des calculs de débit de franchissement ont été réalisés à partir de la série synchrone de niveaux d'eau et de vagues, et ce, pour des protections en enrochement de pente 1V :3H (tronçon 1) et 1V : 2H (tronçon 2). Les calculs ont été réalisés à partir des équations de van der Meer and Janssen (1995) présentée dans le « Coastal Engineering Manuel » du U.S. Army Corps of Engineers.

Tableau 8.1 : Débit de franchissement des vagues en fonction de la période de retour

Fréquence de dépassement	Franchissement Tronçon 1 - Ouest (L/s/m.lin.)	Franchissement Tronçon 1 - Est (L/s/m.lin.)	Franchissement Tronçon 2 - Ouest (L/s/m.lin.)	Franchissement Tronçon 2 - Est (L/s/m.lin.)
1h/100 ans	0,0008	0,0011	0,0022	0,0054
1h/50 ans	0,0006	0,0010	0,0020	0,0049
1h/25 ans	0,0005	0,0009	0,0018	0,0044
1h/10 ans	0,0004	0,0008	0,0016	0,0038
1h/5 ans	0,0002	0,0007	0,0014	0,0033
1h/2 ans	0,0001	0,0005	0,0012	0,0027

Pour évaluer le niveau de franchissement, les valeurs critiques de débit de franchissement du U.S. Army Corps of Engineers ont été utilisées. La valeur retenue pour valider le choix d'élévation de crête correspond au débit de franchissement à partir duquel il n'est pas sécuritaire de stationner sur un brise-lames. La crête placée à 2,25 m CGVD28 permet de limiter les franchissements des vagues en deçà de cette valeur critique de 0,1 litre/s par mètre linéaire, l'élévation de crête à +2,25 m CGVD28 est donc jugée comme étant adéquate.

Le MTQ souhaite être en mesure d'évaluer les conséquences en termes de franchissement des vagues, associées à une crête à l'élévation 1,5 m CGVD28 pour le tronçon 2 en conditions futures. Donc afin d'évaluer le franchissement pour ce scénario, les calculs de débit de franchissement ont été réalisés à partir de la série synchrone de niveaux d'eau et de vagues, et ce, pour des protections en enrochement de pente 1V :3H et 1V : 2H. Les calculs ont été réalisés à partir des équations de van der Meer and Janssen (1995) présentée dans le « Coastal Engineering Manuel » du U.S. Army Corps of Engineers.

Tableau 8.2 : Débit de franchissement des vagues en fonction de la période de retour

Fréquence de dépassement	Franchissement Tronçon 2 – Ouest Pente 1V : 2H (L/s/m.lin.)	Franchissement Tronçon 2 - Est Pente 1V : 2H (L/s/m.lin.)	Franchissement Tronçon 2 - Ouest Pente 1V : 3H (L/s/m.lin.)	Franchissement Tronçon 2 – Est Pente 1V : 3H (L/s/m.lin.)
1h/100 ans	Supérieure à 200	Supérieure à 200	Supérieure à 200	Supérieure à 200
1h/50 ans	Supérieure à 200	Supérieure à 200	Supérieure à 200	Supérieure à 200
1h/25 ans	155	Supérieure à 200	Supérieure à 200	Supérieure à 200

Fréquence de dépassement	Franchissement Tronçon 2 – Ouest Pente 1V : 2H (L/s/m.lin.)	Franchissement Tronçon 2 - Est Pente 1V : 2H (L/s/m.lin.)	Franchissement Tronçon 2 - Ouest Pente 1V : 3H (L/s/m.lin.)	Franchissement Tronçon 2 – Est Pente 1V : 3H (l/s/m.lin.)
1h/10 ans	105	167	105	Supérieure à 200
1h/5 ans	67	53	65	58
1h/2 ans	20	5	14	3

Pour un scénario de crête à l'élévation 1,5 m CGVD28, certaines valeurs de niveaux d'eau de la série utilisée pour l'analyse surpassent la crête. L'intervalle de validité pour les calculs de franchissement est limité par une revanche positive (niveaux d'eau inférieurs à la crête évaluée). Pour cette raison, les valeurs de débits de franchissement lorsque la crête est submergée sont identifiées comme étant supérieures à 200 litres/s/m.

Rappelons que selon le tableau VI-5-6 du Coastal Engineering Manual, le débit de franchissement associé au début des dommages pour une route non pavée est de 50 litres/s par mètre linéaire et que le débit de franchissement associé au début des dommages pour une route pavée est de 200 litres/s par mètre linéaire. En fonction des résultats obtenus, des dommages devraient être observés pour une route non pavée à une fréquence approximative de 1 heure par 5 ans pour l'ensemble des pentes considérées.

9. Conditions de glace

9.1 Données disponibles

Dans le cadre du présent mandat, les températures enregistrées par Environnement Canada à Chevery ainsi que les épaisseurs de glace mesurées par le Service canadien des glaces (SCG) à Blanc-Sablon et Harrington Harbour (à respectivement 171 km au nord-est et 26 km au sud-ouest de Tête-à-la-Baleine) ont été recueillies et analysées afin d'estimer les épaisseurs de glace thermiques extrêmes.

Plus précisément, l'information provenant du domaine public recueillie dans le cadre du présent mandat est la suivante :

- + Les épaisseurs de glace mesurées de 1976 à 1998 à Blanc-Sablon (station : BLANC-SABLON YBX) – 519 mesures;
- + Les épaisseurs de glace mesurées de 1976 à 1978 à Harrington Harbour (station : Harrington Harbour YHR) – 50 mesures;
- + Les températures mesurées de 1992 à 2020 à la station météorologique d'Environnement Canada de Chevery (n° 7041382) à 34 km au sud-ouest du site à l'étude.

Selon Environnement Canada, la mesure de l'épaisseur de la glace a été prise sur une base hebdomadaire chaque saison hivernale, toujours aux mêmes endroits et aussitôt qu'il était sécuritaire de marcher sur la glace, de la période de gel jusqu'au moment du dégel où il devient dangereux de circuler sur la glace. Le site a été choisi près de la rive où la profondeur d'eau est supérieure à l'épaisseur maximale de la glace.

9.2 Méthodologie pour l'estimation des épaisseurs de glace extrêmes

Les épaisseurs de glace attendues à Tête-à-la-Baleine ont été estimées à l'aide de deux méthodes, et ce, pour plusieurs récurrences. La première méthode consiste en l'analyse statistique des épaisseurs de glace mesurées par le Service canadien des Glaces (SCG) à proximité du site à l'étude. La seconde méthode utilisée est l'estimation de la croissance thermique de la glace à partir de l'équation de Stefan. Cette méthode nécessite le calcul des degrés-jours de gel cumulés à partir des températures enregistrées aux sites à l'étude ainsi qu'un coefficient régional. Dans le cadre de cette étude, ce coefficient régional a été calibré à partir des données disponibles sur les épaisseurs de glace dans la région.

9.3 Analyse statistique des épaisseurs de glace mesurées

L'analyse statistique des épaisseurs de glace mesurées à la station de Blanc-Sablon à 171 km du site à l'étude a été produite à l'aide du logiciel HYFRAN-PLUS version 2.2. Les lois statistiques retenues pour les stations de mesures d'épaisseur de glace ont été sélectionnées en comparant graphiquement les cinq lois statistiques présentant les meilleures corrélations avec les données mesurées selon le critère bayésien. Les données de la station de mesure d'épaisseur de glace de Harrington Harbour n'ont pas été retenues pour l'analyse puisqu'elles ne fournissaient pas suffisamment de données (3 années).

9.3.1 Station YBX – Blanc-Sablon

La loi statistique retenue pour l'analyse des épaisseurs de glace maximales annuelles mesurées à la station YBX est la loi Normale (maximum de vraisemblance). Les résultats de cette analyse sont présentés à la figure 22 et au tableau 9.1. L'échantillon comporte 23 années de mesures.

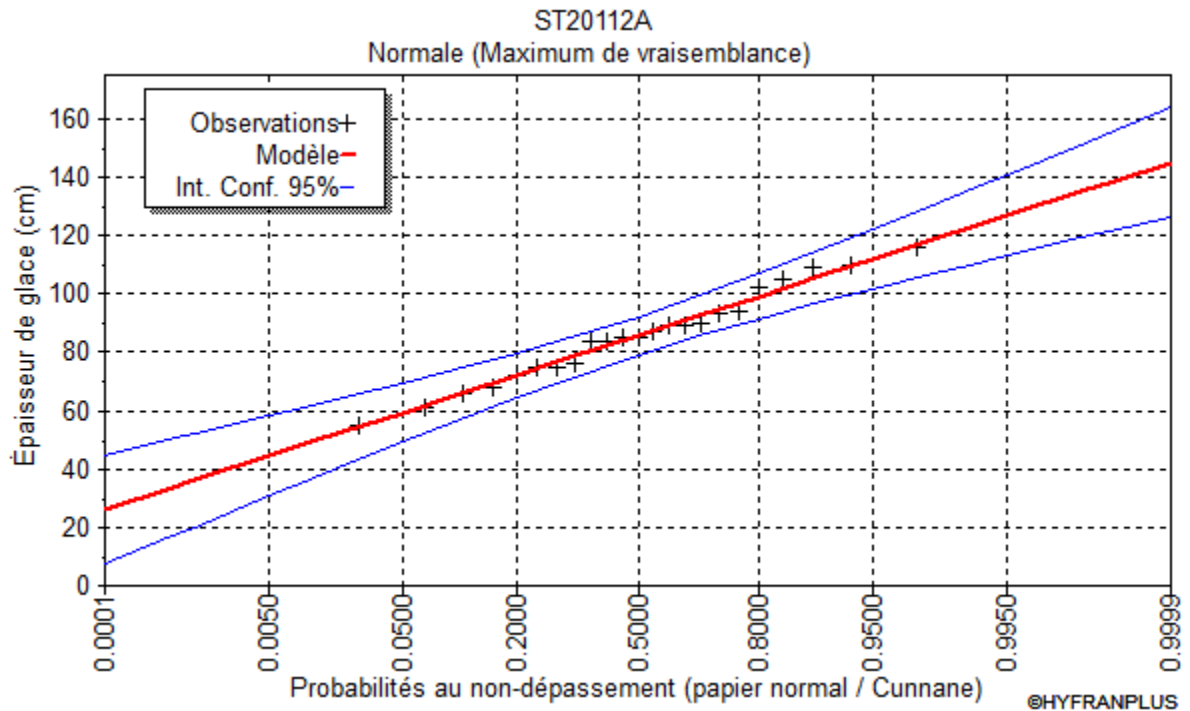


Figure 22 : Analyse statistique de l'épaisseur de glace maximale annuelle mesurée - Loi Normale (maximum de vraisemblance)

Tableau 9.1 : Épaisseur de glace maximale annuelle par période de retour - Loi Normale (maximum de vraisemblance)

Période de retour (année)	Épaisseurs de glace (cm)	Écart-type (cm)	Intervalle de confiance – 95 %
100	123	6,53	110 - 136
50	118	5,97	107 - 130
20	112	5,18	102 - 122
10	106	4,55	97,2 - 115
5	99	3,90	91,5 - 107
3	93	3,49	85,7 - 99,4
2	86	3,33	79,1 - 92,2

9.3.2 Épaisseur de glace thermique – Équation de Stefan

L'épaisseur de glace extrême pour des périodes de retour de 2 à 100 ans est estimée par analyse statistique de l'épaisseur de glace maximale annuelle calculée en fonction des degrés-jours de gel cumulés à la station météorologique de Chevery en utilisant l'équation de Stefan (équation A.6-3 de la norme CAN/CAS-ISO 19906) calibrée avec les mesures de terrain du SCG.

$$h = aC_{FDD}^b \quad C_{FDD} = |\sum(T_a - T_b)|$$

Où

- h : épaisseur de la glace (cm)
 - b : 0,5 (selon équation de Stephan de transfert de la chaleur)
 - a : coefficient régional estimé à partir des mesures d'épaisseur de glace mesurées
- CFDD : Degrés-jours de gel cumulés

La calibration de l'équation A-6-3 de la norme CAN/CSA-ISO 19906 a été faite par l'estimation du coefficient régional à partir des données d'épaisseur de glace mesurée. L'épaisseur de glace maximale mesurée à la station YBX Blanc-Sablon a été retenue pour l'estimation du coefficient régional de l'équation de Stefan. Le coefficient régional pour Blanc-Sablon a été estimé à 2,3. Les résultats de l'analyse statistique réalisée à partir des épaisseurs de glace maximales estimées sont présentés à la figure 23 et au tableau 9.2.

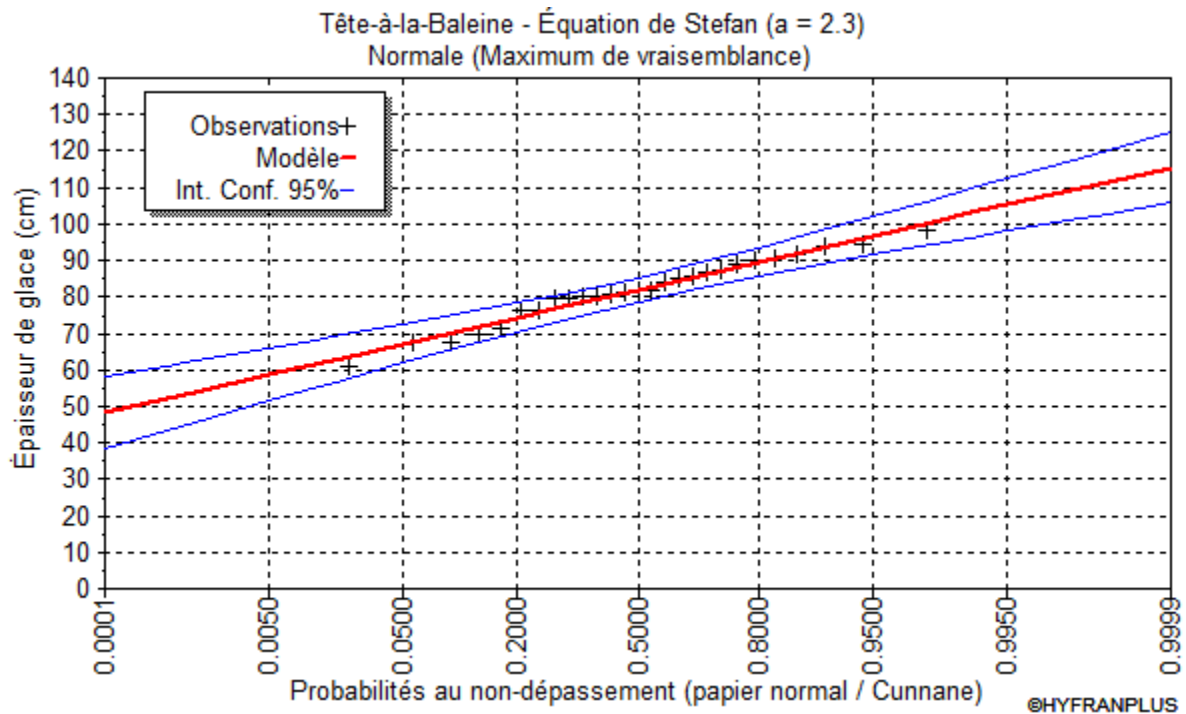


Figure 23 : Résultats de l'analyse statistique de l'épaisseur de glace maximale annuelle – Loi Normale (Maximum de vraisemblance)

Tableau 9.2 : Résultats de l'analyse statistique des épaisseurs de glace maximales annuelles – Loi Normale (maximum de vraisemblance)

Période de retour (année)	Épaisseurs de glace (cm)	Écart-type (cm)	Intervalle de confiance – 95 %
100	103	3,40	96,3 - 110
50	101	3,11	94,4 - 107
25	98	2,80	92,3 - 103
10	94	2,37	88,9 - 98,2
5	80	2,03	85,5 - 93,5
3	86	1,82	82,3 - 89,4
2	82	1,74	78,5 – 85,3

9.4 Résultats retenus

Les épaisseurs de glace estimées en fonction des épaisseurs de glace maximales annuelles mesurées à Blanc-Sablon ont été retenues pour la suite des analyses.

10. Dimensionnement de la protection

Tout le dimensionnement de la protection en enrochement de la route présenté ci-dessous suit les recommandations du Coastal Engineering Manual du U.S. Army Corps of Engineers. En l'absence d'information sur ce paramètre, la densité de pierre retenue dans les calculs a été de 2,62 t/m³ et la densité de l'eau établie à 1,02 t/m³.

Compte tenu du type d'infrastructure à protéger par l'enrochement (route nationale), un franchissement de 5 % des vagues de tempête est considéré comme raisonnable. En fonction de ce critère, il est recommandé de fixer l'élévation de la crête des enrochements pour les tronçons 1 et 2 à +2,25 m CGVD28 (voir la section 8).

Le dimensionnement des pierres de carapace a été dans un premier temps estimé à partir de la hauteur de vagues précédemment établies pour une période de retour de 50 ans à chacun des points d'analyses ($H_s \text{ max} = 0,7 \text{ m}$) et en utilisant la méthode de Hudson (1974) du Chapitre VI-5 « Coastal Engineering Manuel (CEM) – USACE 2008 ». Selon cette analyse le **diamètre équivalent médian des pierres** qui devraient être mises en place serait de **330 mm pour l'ensemble de la digue**.

Pour des fins de comparaison, la méthode du Guide pratique de dimensionnement du riprap de la Société d'énergie de la Baie James (SEBJ) a aussi été utilisée pour estimer le calibre des pierres qui devraient être mises en place. Ce guide ne tient pas compte de l'effet des glaces et n'est pas conçu pour des enrochements du type de celui qui est prévu le long de la route 138 (riprap présentant une granulométrie étalée versus pierres de carapace dont la granulométrie est serrée). Ce guide prévoit des valeurs minimales de hauteur de vagues à considérer. La dimension médiane des pierres (D_{50}) de carapace obtenue avec la méthode proposée par la SEBJ est de 480 mm pour le tronçon 1 et de 590 mm pour le tronçon 2. Il est normal pour un rip-rap (granulométrie étalée) d'obtenir des diamètres médians supérieurs à ceux obtenus avec la formule de Hudson du CEM pour un enrochement traditionnel (granulométrie serrée). Cette méthode de dimensionnement ne sera pas retenue pour la protection de la route.

Des vérifications supplémentaires ont été faites pour le dimensionnement des pierres de carapace afin de s'assurer qu'elles résistent aux efforts d'arrachement dus à la présence de glace et à l'action de la marée. Le guide pratique pour le calcul des forces exercées par la glace mentionne que : « Matheson (1988), sur la foi de ses observations, conclut que l'arrachement ne peut se produire, avec un rehaussement du plan d'eau, si le diamètre moyen D_{50} , des pierres est supérieur à l'épaisseur de la glace, h . ». Selon ce critère, il faudrait des pierres de calibre supérieur à 1180 mm pour résister à l'arrachement des pierres par la glace. Ce résultat est visiblement exagéré selon les observations faites sur place et cette méthode de calcul ne sera pas retenue pour la protection de la route.

Finalement, sur la base d'analyses réalisées pour les infrastructures maritimes au Nunavik (Fleet Technology - 1994) considérant une force d'adhésion entre les pierres et la glace de 1 MPa, il a été établi que des pierres de masse supérieure à 500 kg (diamètre équivalent de 650 mm) ne devraient pas être déplacées par les glaces. C'est ce critère qui sera retenu.

Selon cette analyse, des **pierres de carapace de 500 à 800 kg (650 à 800 mm de diamètre équivalent)** sont requises. Sous cette pierre, une pierre-filtre de 50 à 100 kg (300 à 400 mm) doit être mise en place. Les épaisseurs de couche sont de 1,3 m pour la carapace et de 0,6 m pour la pierre-filtre. La largeur minimale de la crête de carapace est de 1,9 m.

Notons qu'en fonction des conditions de vagues estimées, une pente de protection de 1V : 1,5V serait acceptable. Par contre, si cette pente était retenue, les recommandations du présent rapport concernant le calibre de la protection et l'élévation de la crête devraient être réévaluées. Finalement, il est recommandé de prévoir un ancrage de la protection (clé) de 500 mm de profondeur dans la berge. En présence de roc, une méthode de stabilisation de la base des enrochements devra être prévue (ancrage, construction d'une butée, excavation d'une clé dans le roc, etc.).

11. Recommandations

CIMA+ recommande qu'une protection en enrochement suivant les caractéristiques fournies à la section 10 soit mise en place en bordure de la digue de la route 138 à Tête-à-la-Baleine.

Le concept de protection en enrochement a été établi à partir de l'analyse des niveaux d'eau extrêmes hauts et de la hauteur de remontée de 5 % des vagues de fréquence de dépassement correspondant à 50 ans. Puisque l'ampleur des dommages observés est généralement proportionnelle à la durée des événements de franchissement, la décision a été prise de retenir les niveaux de remontée estimée par fréquence de dépassement et non par période de retour.

La protection à mettre en place devra avoir les caractéristiques mentionnées ci-dessous, et ce, avec un ancrage (clé) de 0,5 mètre dans la plage qui est supposée être en gravier (matériel d'entretien de la route). En présence de roc, une méthode de stabilisation de la base des enrochements devra être prévue (ancrage, construction d'une butée, excavation d'une clé dans le roc, etc.). Rappelons que, l'élévation de crête recommandée pour les tronçons 1 et 2 est de 2,25 m CGVD28. Cette élévation ne prend pas en compte les problématiques de tassement dues à la nature et la qualité des sols de fondation de la route. Une expertise géotechnique serait requise pour déterminer le tassement et ajuster l'élévation de la crête des enrochements en conséquence.

Les paramètres de conception du revêtement de protection sont les suivants :

Carapace de protection :

- + Pierres de 500 à 800 kg (650 à 800 mm de diamètre équivalent).
- + Couche de 1,3 m d'épaisseur;
- + Largeur minimale de la crête de la carapace de 1,9 m;
- + Élévation de la crête à +2,25 m CGVD28.

Pierre-filtre :

- + Pierres de 50 à 100 kg (300 à 400 mm de diamètre équivalent);
- + Couche de 0,6 m d'épaisseur;
- + Si le noyau de la route est constitué de tout-venant de carrière ou d'un matériel granulaire grossier, il n'est pas requis de mettre en place un géotextile ou une seconde couche de pierre-filtre sous la pierre-filtre recommandée. Cependant, si le noyau de la digue est constitué de matériel granulaire fin (sable ou sable et gravier), il serait recommandé de considérer la mise en place d'un géotextile ou d'une seconde couche de pierre-filtre (40 à 130 mm) sous la première couche de pierre-filtre.

Géotextile pour limiter la migration des particules fines qui se trouvent dans le talus (le cas échéant) :

- + Type non-tissé épais (exemple : Texel 7634 de 5,8 mm d'épaisseur);
 - Le géotextile pourrait être remplacé par une couche de pierre (1,5 kg à 0,075 kg) de 40 à 260 mm de diamètre sur une épaisseur de 225 mm. Par contre, cet ajout de pierre irait à l'encontre d'un des buts visés qui était de minimiser la charge induite par l'infrastructure sur un fond parfois de faible portance.

12. Clause de limitation des responsabilités

Ce document a été préparé par CIMA+ de façon conforme aux bonnes pratiques d'ingénierie et est destiné à l'usage exclusif du ministère des Transports du Québec, direction générale de la Côte-Nord et de leurs représentants autorisés dans le cadre spécifique du mandat 6703-20-QB02. 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 CIMA+. Aucune autre garantie, expresse ou tacite, n'est accordée.

CIMA+ n'assume aucune responsabilité quant à l'utilisation ou au recours du présent document ou de son contenu par d'autres parties que le ministère des Transports du Québec.

13. Normes et références

MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC, *Normes - Ouvrages routiers, Tome III - Ouvrages d'art*, 2020.

Environnement Canada. [<https://meteo.gc.ca>], 2020

U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS, COASTAL ENGINEERING MANUAL (CEM), ENGINEER MANUAL 1110-2-1100

U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS, COASTAL ENGINEERING MANUAL (ENGINEERING AND DESIGN – ICE ENGINEERING), ENGINEER MANUAL 1110-2-1612

GUIDE PRATIQUE – DIMENSIONNEMENT DU RIPRAP, SOCIÉTÉ D'ÉNERGIE DE LA BAIE JAMES SEBJ, JUIN 1997.

Carter, D. 2003. *Guide pratique pour le calcul des forces exercées par la glace*. Rapport d'étude préparé pour Hydro-Québec, No de référence 37527-02-01. Décembre 2003.

Hydro-Québec – Direction Principale Expertise. 2008. Guide de conception des ouvrages hydrauliques. Encadrement et critères pour le calcul des forces exercées par la glace. Révision 01. 2008-12-12

STANTEC. Étude d'avant-projet préliminaire – Rehaussement et stabilisation de la route menant au quai fédéral. Municipalité de la Côte-nord-du-Golfe-du-Saint-Laurent – Localité de Tête-à-la-Baleine. Février 2020.



Rapport de quantification des émissions de GES : Rehaussement de la route du quai Tête-à-la-Baleine



Introduction

Dans le cadre de la demande de modification de décret pour le projet de rehaussement de la route du quai à Tête-à-la-Baleine, le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques a demandé au promoteur du projet de présenter une estimation de la quantité de GES qui seront produits dans le cadre du projet d'amélioration routière.

Ce rapport présente donc la méthode utilisée afin de déterminer les émissions de GES lors des travaux, ainsi que les résultats de cette estimation.

Étapes de la démarche générale de quantification et méthodologies

Pour ce rapport de quantification des émissions de GES, nous avons listé tous les éléments pouvant émettre des GES lors des différentes étapes du projet, soit le transport de la machinerie vers le lieu du projet, l'utilisation de toute la machinerie pendant les travaux, jusqu'à la démobilisation du chantier.

Pour déterminer les émissions de GES de chaque élément, nous avons tout d'abord élaboré une liste de tous les véhicules, les machineries et les équipements fixes (génératrice, pompe, etc.). Ensuite, pour chaque équipement, nous avons fait ressortir sa consommation moyenne de litre de carburant par heure d'utilisation. La consommation moyenne a été estimée en utilisant la consommation de carburant de la machinerie fonctionnant à moyen régime, car la consommation varie grandement selon le fonctionnement à faible, moyen ou fort régime. Dans un esprit de rendre l'estimation la plus réelle possible, la consommation de carburant à moyen régime a été retenue. À la suite de la détermination de la consommation en litres/heure, nous avons évalué le nombre d'heures approximatif pour chaque équipement mobile et fixe. Ceci nous a permis d'obtenir le nombre de litres totaux pour chaque équipement, pour nous permettre de calculer le coefficient d'émission des GES en utilisant les données provenant du : *Rapport d'inventaire national 1990–2019 : sources et puits de gaz à effet de serre au Canada*. Finalement, nous avons additionné tous ces éléments, ce qui nous donne le nombre de tonnes d'émissions de CO₂, de CH₄ et de N₂O pour toute la durée des travaux, soit environ 18 mois.

Émissions de GES attribuables à toutes les sources d'émissions du projet

Les émissions de GES ont été divisées en trois catégories pour ce projet, soit les équipements motorisés fixes (tableau 2), les véhicules légers et lourds servant au transport de personne et/ou matériaux (tableau 3) et les machineries lourdes utilisées pour le chantier (tableau 4).

Certains éléments n'ont pu être calculés, car les incertitudes étaient trop grandes, dû au fait que le projet se trouve en région éloignée, non desservie par le réseau routier. Par exemple, le transport de certains travailleurs et équipements pourrait se faire via le Bella Desgagnés, qui s'occupe déjà de l'approvisionnement de la Basse-Côte-Nord. Cependant, ces mêmes travailleurs pourraient arriver par avion, dépendamment de la provenance de l'entrepreneur.

Le tableau ci-dessous présente le bilan des différentes quantités de GES pour toute la durée du projet, soit près de 2 ans (18mois), en fonction de leur potentiel respectif de réchauffement planétaire (PRP). Par exemple, le méthane a un indice de PRP de 25. On peut donc dire qu'il a un potentiel 25 fois plus élevé de réchauffement que le dioxyde de carbone. Cet indice sert à déterminer une équivalence et donc, le total calculé par la méthode expliquée dans la section précédente doit être multiplié par ce facteur.

Type de GES	Quantité (tonnes métriques)	PRP	Équivalent dioxyde de carbone
Dioxyde de carbone (CO2) Total	984,5411245	1	984,541
Méthane (CH4) total	0,032137824	25	0,803
Oxyde nitreux (N2O) total	0,077824982	298	23,192
Total			1008,536

Tableau 1. Bilan total des différents GES produits pendant les travaux en fonction de leur potentiel de réchauffement planétaire (PRP)

Tableaux d'évaluation des GES par type d'équipement

Équipements motorisés	Carburant	Consommation (Litre/Heure)*	Nombre heures utilisation	Volume	CO2	CH4	N2O
				litres	t	t	t
Tower Light Atlas Copco V5+	D	0,70	1760,00	1232,00	3,30	0,00009	0,00003
Pompe 3"	D	2,50	129,00	322,50	0,86	0,00002	0,00001
Plaque vibrante	D	3,00	263,33	789,99	2,12	0,00006	0,00002
Génératrice	D	1,10	2543,00	2797,30	7,50	0,00020	0,00006
Total des émissions de GES pour équipements motorisés					13,78	0,00038	0,00011

Tableau 2. Émission de GES pour les équipements motorisés fixes

Véhicule léger/lourd	Carburant	Consommation (Litre/Heure)*	Nombre heures utilisation	Volume	CO2	CH4	N2O
				litres	t	t	t
Camion de service	Diesel	-	-	4 419,00	11,85	0,00030	0,00097
Camion à explosif	Diesel	-	-	3 420,00	9,17	0,00038	0,00052
Camion 12 roues	Diesel	-	-	19 642,00	52,65	0,00216	0,00297
Pick-Up (F-150)	Essence	-	-	7920,00	18,69	0,00198	0,00166
Total					92,35	0,00482	0,00612

Tableau 3. Émission de GES pour les véhicules légers et lourds servant au transport de personnes et/ou de matériaux

Machinerie lourde	Carburant	Consommation (Litre/Heure)*	Nombre heures utilisation	Volume	CO2	CH4	N2O
				litres	t	t	t
Pelle Komatsu PC-138	Diesel	12,00	325,33	3 903,96	10,46	0,00028	0,00089
Pelle Komatsu PC-400	Diesel	24,80	5236,32	129 860,74	348,03	0,00948	0,02948
Pelle Komatsu PC-750	Diesel	58,30	625,43	36 462,57	97,72	0,00266	0,00828
Chargeur CAT 980	Diesel	21,90	2986,56	65 405,66	175,29	0,00477	0,01485
Véhicule tout-terrain articulé A25	Diesel	18,90	1642,36	31 040,60	83,19	0,00227	0,00705
Niveleuse CAT 140	Diesel	15,50	417,86	6 476,83	17,36	0,00047	0,00147
Bouteur D-4	Diesel	11,25	20,00	225,00	0,60	0,00002	0,00005
Bouteur D-5	Diesel	14,70	310,73	4 567,73	12,24	0,00033	0,00104
Tamiseur MDS 515	Diesel	10,00	891,43	8 914,30	23,89	0,00065	0,00202
Foreuse	Diesel	20,00	1155,00	23 100,00	61,91	0,00169	0,00524
Remorqueur avec barge	Pétrole lourd	108,00	140,00	15 120,00	47,72	0,00432	0,00123
Total					878,40	0,02695	0,07159

Tableau 4. Émission de GES pour les machineries lourdes

Conclusion

Le présent rapport avait pour but d'évaluer les émissions de GES lors des travaux de rehaussement de la route du quai à Tête-à-la-Baleine, en Basse-Côte-Nord.

En multipliant chaque type de GES, soit le méthane, le dioxyde de carbone et l'oxyde nitreux, par leur facteur respectif de PRP, nous pouvons arriver à une quantité totale d'un peu moins que 1009 tonnes métriques d'émission de dioxyde de carbone pour ces travaux.