



Ville de Port-Cartier

PROJET DE STABILISATION DU SECTEUR DE LA PLAGE ROCHELOIS À PORT-CARTIER

Étude d'impact sur l'environnement
déposée au ministère de l'Environnement et de
la Lutte contre les changements climatiques

Rapport principal

N° dossier Englobe : 046-P-0017164-0-01-001-EN-R-0100-00

N° dossier MELCC : 3211-02-313

JUIN 2020



VERSION FINALE



Préparé par :

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Annie Bérubé".

Annie Bérubé, B. Sc. Biologie
Professionnelle en environnement
Études environnementales et relations
avec les communautés

Vérifié par :

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Michel Belles-Isles".

Michel Belles-Isles, Ph. D.
Directeur de projet
Études environnementales et relations
avec les communautés

Approuvé par :

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "V. Millette".

Vanessa Millette, M. Sc.
Directrice de projet et chef d'équipe
Études environnementales et relations
avec les communautés

Équipe de réalisation

Ville de Port-Cartier

Directeur	Yves Lévesque
Responsable Environnement	Zakariae Anjab
Ingénieur	Pierre-Charles April

Englobe Corp.

Chargé de projet	Michel Belles-Isles, ichtyologiste, Ph. D.
Collaborateurs	Laurianne Garraud, biologiste, M. Sc.
	Annie Bérubé, biologiste, B. Sc.
	Vanessa Millette, géographe, M. Sc.
	Valérie Desormeaux, M. Env.
	Marie Conilh de Bessac, M. Sc. Sociologie
	Sébastien Bélanger-Deschênes, biologiste, M. Sc.
Cartographie	Sylvain Deslandes, géographe, M. Sc.
Révision et édition	Julie Korell, réviseure

Registre des révisions et émissions		
N° de révision	Date	Description
0A	12 juin 2020	Émission de la version préliminaire pour commentaires
00	19 juin 2020	Émission de la version finale

Propriété et confidentialité

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

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

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

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

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

Table des matières

1	INTRODUCTION	1
1.1	Présentation de l'initiateur du projet	1
1.1.1	Promoteur.....	1
1.1.2	Consultants	1
1.2	Intégration du développement durable	2
1.3	Présentation des enjeux.....	2
2	CONTEXTE ET RAISON D'ÊTRE DU PROJET	3
2.1	Localisation du projet	3
2.2	Contexte d'insertion du projet.....	3
2.3	Raison d'être du projet	9
2.4	Interventions proposées	10
2.5	Solutions de rechange.....	10
2.6	Aménagements et projets connexes	10
3	CADRE RÉGLEMENTAIRE	11
4	CONSULTATION DU MILIEU	13
4.1	Démarche d'information et de consultation	13
4.2	Information de la communauté autochtone	13
4.3	Poursuite des activités d'information auprès de la communauté	13
5	DESCRIPTION DU MILIEU	15
5.1	Délimitation de la zone d'étude	15
5.2	Milieu physique.....	15
5.2.1	Climat	15
5.2.2	Géologie, dépôts meubles et topométrie	16
5.2.3	Régime sédimentaire	16
5.2.4	Hydrologie et hydrauliques.....	16
5.2.5	Qualité de l'eau de surface	22
5.2.6	Qualité des sols.....	22
5.2.7	Qualité de l'air	22
5.3	Milieu biologique.....	23
5.3.1	Flore	23
5.3.2	Poisson et habitat.....	24
5.3.3	Mammifères marins.....	26
5.3.4	Faune terrestre.....	27
5.3.5	Espèces à statut particulier	29
5.4	Milieu humain	33
5.4.1	Cadre administratif	33
5.4.1.1	Organisation territoriale	33

5.4.1.2	Contraintes réglementaires relatives aux schémas d'aménagement et de développement.....	33
5.4.1.3	Qualité de vie.....	33
5.4.2	Utilisation du sol.....	34
5.4.3	Profil socioéconomique.....	38
5.4.4	Description générale du périmètre d'urbanisation.....	38
5.4.5	Infrastructures de transport et de services publics.....	39
5.4.6	Pêche commerciale.....	39
5.4.7	Loisirs et tourisme.....	40
5.4.8	Aires protégées.....	40
5.4.9	Utilisation du milieu par les autochtones.....	41
5.4.10	Paysage.....	41
5.4.11	Patrimoine et archéologie.....	48
5.4.12	Activités économiques.....	49
5.4.13	Services municipaux en bordure de la plage Rochelois.....	49
6	DESCRIPTION DU PROJET ET DES VARIANTES	51
6.1	Variantes étudiées.....	51
6.1.1	Déplacement des infrastructures.....	51
6.1.2	Recharge de plage.....	51
6.1.3	Recharge de plage avec épis rocheux.....	52
6.1.4	Enrochement.....	52
6.1.5	Analyse et choix de la variante.....	53
6.2	Description de la variante retenue.....	53
6.2.1	Description générale du projet.....	53
6.2.2	Description des activités du projet.....	55
6.2.2.1	Phase de construction.....	55
6.2.2.2	Phase d'exploitation et d'entretien.....	57
6.3	Calendrier de réalisation et horaire de travail.....	58
7	MÉTHODE D'IDENTIFICATION ET D'ÉVALUATION DES IMPACTS	59
7.1	Détermination de l'importance d'un impact.....	60
7.1.1	Intensité de l'impact.....	60
7.1.1.1	Détermination de la valeur environnementale.....	60
7.1.1.2	Détermination du degré de perturbation.....	60
7.1.2	Détermination de l'intensité.....	60
7.1.3	Indice durée/intensité.....	61
7.1.3.1	Durée de l'impact.....	61
7.1.3.2	Indice durée/intensité.....	61
7.1.4	Étendue de l'impact.....	61
7.1.5	Valeur de l'impact.....	62
7.2	Mesures d'atténuation et importance des impacts résiduels.....	62
8	ANALYSE DES IMPACTS.....	65
8.1	Approche générale.....	65

8.2	Valeur environnementale des composantes du milieu	65
8.3	Sources d'impact.....	67
8.4	Impacts en phase de construction.....	69
8.4.1	Milieu physique.....	69
8.4.1.1	Profil de la plage	69
8.4.1.2	Composition granulométrique de la plage.....	70
8.4.1.3	Qualité de l'eau de surface	71
8.4.1.4	Qualité des sols et des sédiments.....	73
8.4.1.5	Qualité de l'air.....	74
8.4.1.6	Climat sonore	76
8.4.2	Milieu biologique.....	77
8.4.2.1	Végétation riveraine et aquatique.....	77
8.4.2.2	Poisson et habitat	79
8.4.2.3	Mammifères marins	81
8.4.2.4	Faune terrestre et avifaune	82
8.4.3	Milieu humain	83
8.4.3.1	Utilisation du territoire	83
8.4.3.2	Qualité de vie.....	85
8.4.3.3	Sécurité du public et des usagers	87
8.4.3.4	Environnement visuel et paysage	88
8.5	Impacts en phase d'exploitation et d'entretien	89
8.5.1	Milieu physique.....	89
8.5.1.1	Profil de la plage.....	89
8.5.1.2	Régime sédimentaire.....	90
8.5.1.3	Composition granulométrique de la plage.....	91
8.5.1.4	Qualité de l'eau de surface	92
8.5.1.5	Qualité des sols et des sédiments.....	92
8.5.1.6	Qualité de l'air.....	93
8.5.2	Milieu biologique.....	93
8.5.2.1	Végétation riveraine et aquatique.....	93
8.5.2.2	Poisson et habitat	94
8.5.3	Milieu humain	95
8.5.3.1	Utilisation du territoire.....	95
8.5.3.2	Qualité de vie.....	96
8.5.3.3	Sécurité du public et des usagers	96
8.5.3.4	Environnement visuel et paysage	96
8.6	Bilan des impacts	97
9	GESTION DES RISQUES ET ACCIDENTS	107
9.1	Gestion de l'hygiène et de la sécurité au travail	107
9.2	Accidents et défaillance.....	107
9.2.1	Identification des risques durant la phase de construction	108
9.2.1.1	Déversement accidentel d'hydrocarbures	108
9.2.1.2	Déversement accidentel de matières dangereuses	108
9.2.1.3	Incendie	109
9.2.1.4	Explosion	110

9.2.1.5	Émissions de gaz ou de poussières	110
9.2.1.6	Accidents de la route	110
9.2.1.7	Blessure ou urgence médicale d'un citoyen résidant à proximité	111
9.2.1.8	Risques pour la sécurité ou la santé des travailleurs	111
9.2.2	Identification des risques en phase d'exploitation et d'entretien.....	112
9.2.2.1	Affaissement de la recharge.....	112
9.2.2.2	Écroulement d'une partie de l'épi	112
9.3	Plan national de sécurité civile (PNSC).....	112
9.4	Plan municipal des mesures d'urgence (PMU)	113
10	PROGRAMME DE SURVEILLANCE ET DE SUIVI	117
10.1	Programme de surveillance.....	117
10.2	Programme de suivi	117
11	RÉFÉRENCES.....	119

Cartes

Carte 1	Localisation du site et zones d'étude	5
Carte 2	Synthèse des composantes du milieu biophysique	17
Carte 3	Synthèse des composantes du milieu humain	35

Tableaux

Tableau 1	Niveau des marées dans le secteur de la plage Rochelois	20
Tableau 2	Cote de récurrence de 1, 10 et 50 ans pour le secteur de Port-Cartier	20
Tableau 3	Principales espèces de poisson susceptibles de se retrouver au large de la plage Rochelois	25
Tableau 4	Liste des espèces d'oiseaux recensées dans la parcelle 19FR54.....	27
Tableau 5	Espèces fauniques à statut particulier pouvant potentiellement se retrouver dans ou à proximité de la zone d'étude	31
Tableau 6	Avantages et inconvénients du déplacement des infrastructures	51
Tableau 7	Avantages et inconvénients de la recharge de plage avec ou sans épis	52
Tableau 8	Avantages et inconvénients de l'enrochement des berges	53
Tableau 9	Grille d'évaluation de l'intensité d'un impact	61
Tableau 10	Grille d'évaluation de l'indice durée/intensité	61
Tableau 11	Grille d'évaluation de la valeur de l'impact	62
Tableau 12	Valeur environnementale des composantes du milieu.....	66
Tableau 13	Matrice d'identification des impacts potentiels	68
Tableau 14	Importance de l'impact résiduel sur le profil de la plage en phase de construction	70
Tableau 15	Importance de l'impact résiduel sur la composition granulométrique de la plage en phase de construction	71
Tableau 16	Importance de l'impact résiduel sur la qualité de l'eau de surface en phase de construction	73
Tableau 17	Importance de l'impact résiduel sur la qualité des sols et des sédiments en phase de construction	74

Tableau 18	Importance de l'impact résiduel sur la qualité de l'air en phase de construction	76
Tableau 19	Importance de l'impact résiduel sur le climat sonore en phase de construction	77
Tableau 20	Importance de l'impact résiduel sur la végétation riveraine et aquatique en phase de construction	78
Tableau 21	Importance de l'impact résiduel sur le poisson et son habitat en phase de construction	81
Tableau 22	Importance de l'impact résiduel sur les mammifères marins en phase de construction	82
Tableau 23	Importance de l'impact résiduel sur la faune terrestre et l'avifaune en phase de construction	83
Tableau 24	Importance de l'impact résiduel sur l'utilisation du territoire en phase de construction	85
Tableau 25	Importance de l'impact résiduel sur la qualité de vie en phase de construction	87
Tableau 26	Importance de l'impact résiduel sur la sécurité du public et des usagers en phase de construction	88
Tableau 27	Importance de l'impact résiduel sur l'environnement visuel et paysage en phase de construction	89
Tableau 28	Importance de l'impact résiduel sur le profil de la plage en phase d'exploitation et d'entretien	90
Tableau 29	Importance de l'impact résiduel sur le régime sédimentaire en phase d'exploitation et d'entretien	91
Tableau 30	Importance de l'impact résiduel sur la composition granulométrique de la plage en phase d'exploitation et d'entretien	92
Tableau 31	Importance de l'impact résiduel sur la qualité de l'air en phase d'exploitation et d'entretien	93
Tableau 32	Importance de l'impact résiduel sur la végétation riveraine et aquatique en phase d'exploitation et d'entretien	94
Tableau 33	Importance de l'impact résiduel sur le poisson et son habitat en phase d'exploitation et d'entretien	95
Tableau 34	Bilan des impacts négatifs résiduels et des mesures d'atténuation applicables au projet durant la phase de construction	99
Tableau 35	Bilan des impacts négatifs résiduels et des mesures d'atténuation applicables au projet durant la phase d'exploitation et d'entretien	103
Tableau 36	Rôles et responsabilités des responsables	115
Tableau 37	Organismes à contacter en cas d'urgence	116

Figures

Figure 1	Rose des vagues au large de Sept-Îles (1979-2016 – Année complète)	21
Figure 2	Affectations du territoire Port-Cartier	37
Figure 3	Démarche méthodologique de l'évaluation d'un impact environnemental	59

Photos

Photo 1	Promenade de bois le long de la plage Rochelois vue de la rue (octobre 2011)	4
Photo 2	Promenade de bois le long de la plage Rochelois et haut marais vus de la plage (octobre 2011)	4
Photo 3	Vue rapprochée des dommages causés par l'érosion de la plage en décembre 2016 sur la promenade de bois de la rue des Rochelois – Partie ouest (février 2017)	7

Photo 4	Détail des dommages causés par l'érosion du talus en décembre 2016 sur la promenade de bois de la rue des Rochelois (février 2017)	7
Photo 5	État de la plage Rochelois après la mise en place des sacs de sable, septembre 2017	8
Photo 6	État des sacs de sable en novembre 2018	9
Photo 7	Vue aérienne de la plage Rochelois, du banc de sable situé au large et de l'embouchure de la rivière aux Rochers (tiré de Consultants Ropars, 2018).....	19
Photo 8	Vue de la plage Rochelois à la fin de l'été 2018	23
Photo 9	École Riverview (Google Street View - prise : mai 2013, extraite le 2020-05-05)	34
Photo 10	Centre récréatif Cartier sur le boulevard du Portage-des-Mousses (Google Street View – prise : juin 2013, extraite le 2020-05-05)	38
Photo 11	Point de vue à partir de la rue de la Baie vers le fleuve (Google Street View prise en 2013, extraite le 2020-05-05)	42
Photo 12	Rue résidentielle typique de Port-Cartier, point de vue de la rue des Sorbiers (Google Street View - prise en 2013, extraite le 2020-05-05).....	43
Photo 13	Rue résidentielle typique de Port-Cartier, point de vue de la rue Vallée (Google Street View - prise en 2013, extraite le 2020-05-05).....	43
Photo 14	Rue résidentielle de Port-Cartier, point de vue de la rue McCormick (Google Street View - prise en 2013, extraite le 2020-05-05).....	44
Photo 15	Vue des utilisateurs de la rue des Rochelois vers la plage Rochelois vers le sud en provenance de l'est (Google Street View - prise en 2013, extraite le 2020-05-01).....	45
Photo 16	Vue des résidences à partir de la rue des Rochelois vers la plage Rochelois au sud (Google Street View - prise en 2013, extraite le 2020-05-01) – Le trottoir de bois a été démantelé après les tempêtes.....	45
Photo 17	Vue de la plage vers les résidences (photo prise en 2018)	46
Photo 18	Vue des utilisateurs de la rue des Rochelois vers le stationnement et la plage Rochelois vers le sud-est (Google Street View - prise en 2013, extraite le 2020-05-01)	46
Photo 19	Vue des utilisateurs de la rue des Rochelois vers le parc Rochelois et le fleuve (on voit au loin l'épave) vers le sud-est (Google Street View prise en 2013, extraite le 2020-05-01)	47
Photo 20	Vue des utilisateurs de la rue des Rochelois vers le parc Rochelois (Google Street View prise en 2013, extraite le 2020-05-01)	47
Photo 21	Vue des utilisateurs de la rue des Rochelois vers la plage Rochelois et le fleuve vers le sud-ouest (Google Street View prise en 2013, extraite le 2020-05-01) ...	48
Photo 22	Vue à partir de la plage Rochelois, du côté est, en arrière des maisons de la 5 ^e Rue (photo prise en 2018).....	48

Annexes

Annexe A	Autorisation de procéder à une intervention d'urgence
Annexe B	Rapport de conception
Annexe C	Rapport d'étude – Caractérisation écologique
Annexe D	Rapport d'étude – Caractérisation de la faune benthique
Annexe E	Demande d'information adressée au CDPNQ
Annexe F	Modélisation numérique des conditions hydro-sédimentaires
Annexe G	Mesures d'atténuation

1 Introduction

La Ville de Port-Cartier constate depuis plus d'une dizaine d'années que le talus riverain au droit de la promenade de la plage Rochelois est sujet à l'érosion et exige des interventions pour freiner le recul de la berge. Les grandes marées de l'automne 2010 ont eu pour effet d'éroder et de submerger les berges des régions de la Côte-Nord, du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie—Îles-de-la-Madeleine. De plus, de fortes tempêtes survenues à la fin de décembre 2016 ont causé d'importants dommages aux berges de la ville de Port-Cartier, notamment dans le secteur de la plage Rochelois. Le déferlement des vagues du fleuve Saint-Laurent le 30 décembre 2016 a causé des dommages aux infrastructures de la rue des Rochelois sur environ 100 m de longueur. Au total, ce sont 650 m de berge qui ont subi les effets érosifs des vagues dans le secteur de la plage Rochelois lors de cette tempête.

Malgré la réalisation de travaux d'urgence, des interventions demeurent nécessaires pour protéger la berge ainsi que les infrastructures municipales du secteur de la plage Rochelois. Le présent rapport constitue l'étude d'impact sur l'environnement (EIE) du projet de stabilisation du secteur de la plage Rochelois à Port-Cartier. Il présente d'abord l'initiateur du projet et le consultant mandaté pour la réalisation de l'étude. La section 2 présente le contexte et la raison d'être du projet. Suivent le cadre réglementaire applicable au projet (section 3) et la démarche d'information et de consultation du milieu (section 4). La section 5 présente la description du milieu alors que la section 6 fournit la description des variantes étudiées et du projet retenu. La section 7 décrit la méthodologie utilisée pour l'analyse des impacts du projet. Cette analyse est ensuite présentée à la section 8. La section 9 aborde les aspects de gestion des risques et des accidents lors des travaux et la section 10 définit les programmes de surveillance et de suivi environnementaux proposés.

1.1 Présentation de l'initiateur du projet

1.1.1 Promoteur

Les coordonnées de l'initiateur du projet sont les suivantes :

Nom :	Ville de Port-Cartier
Adresse :	9, rue du Ruisseau, Port-Cartier (Québec) G5B 2T5
Téléphone :	418 766-5603
Télécopieur :	418 766-2152
Courriel :	pcharlesapril@villeport-cartier.com
Responsable :	Pierre-Charles April, ingénieur municipal – Travaux publics et services techniques

1.1.2 Consultants

Les coordonnées des consultants désignés pour ce projet sont les suivantes :

Nom :	Englobe Corp.
Adresse :	53, boulevard Comeau, Baie-Comeau (Québec) G4Z 3A7
Téléphone :	418 296-2626
Télécopieur :	418 296-2622
Courriel :	michel.belles-isles@englobecorp.com
Responsable :	Michel Belles-Isles, Ph. D., ichtyologiste, directeur de projet

1.2 Intégration du développement durable

Dans la poursuite d'un développement durable, la Ville de Port-Cartier prévoit une planification du projet de stabilisation du secteur de la plage Rochelois qui intègre les principes d'intervention suivants :

- ▶ Consolider et valoriser les milieux urbains existants par des projets d'insertion, de requalification ou de reconstruction ainsi que par des opérations de réaménagement urbain;
- ▶ Rentabiliser les investissements publics en infrastructures et en services en orientant le développement en priorité vers les milieux où les services existent déjà;
- ▶ Diversifier les activités dans les quartiers de manière à offrir plus de services, de commerces et d'emplois près des lieux de résidences;
- ▶ Répartir les activités sur le territoire en s'assurant de les rendre accessibles autrement qu'en voiture, notamment par la marche et le vélo;
- ▶ Aménager le territoire dans le respect des espaces naturels et en tenant compte de la capacité de l'environnement à accueillir le développement;
- ▶ Protéger et mettre en valeur les biens culturels ou patrimoniaux et la qualité des paysages.

1.3 Présentation des enjeux

Dans le but de proposer une intervention qui rallie l'objectif de la stabilisation, les interactions possibles entre le projet et les composantes valorisées de l'environnement, la Ville de Port-Cartier a identifié dans le processus d'élaboration du projet et dans la démarche d'évaluation des impacts, les principaux enjeux susceptibles d'être soulevés afin d'en tenir compte dans la réflexion et dans les choix qui seront effectués dans le cadre du projet, mais aussi dans le but d'être en mesure d'y répondre. Ces enjeux sont les suivants :

- ▶ Le maintien de la biodiversité;
- ▶ La protection des milieux hydriques;
- ▶ Le maintien de la qualité de vie;
- ▶ Le maintien de la sécurité des résidents et des usagers;
- ▶ La conciliation des usages du territoire;
- ▶ L'acceptabilité sociale du projet;
- ▶ Le maintien de la qualité du paysage;
- ▶ La lutte contre les changements climatiques.

Ces enjeux seront confirmés avec les préoccupations, et les attentes exprimées par la communauté lors de la démarche d'information et de consultation. Ils sont également discutés dans l'analyse des impacts à la section 8.

Finalement, ces enjeux permettront d'identifier les opportunités d'amélioration et les conditions d'acceptabilité du projet dans son environnement. Pour la Ville de Port-Cartier, il est important que le projet, en plus de répondre à un besoin spécifique, c'est-à-dire d'atténuer l'érosion de la berge pour des raisons de sécurité, soit socialement acceptable, bien compris et réponde aux besoins qui seront soulevés par la communauté.

2 Contexte et raison d'être du projet

2.1 Localisation du projet

Le projet est compris à l'intérieur du territoire ville de Port-Cartier, qui est situé dans la municipalité régionale de comté (MRC) de Sept-Rivières, sur la Côte-Nord, à environ 60 km à l'ouest de Sept-Îles et à 165 km à l'est de Baie-Comeau.

La plage Rochelois, d'une longueur de 770 m, est localisée dans la partie est de la municipalité et au sud du boulevard du Portage-des-Mousses. Une partie de la rue des Rochelois longe la plage. L'embouchure de la rivière aux Rochers se trouve à environ 100 m à l'ouest de la plage.

Les coordonnées du projet, à chaque extrémité de la plage, sont les suivantes :

Extrémité est		Extrémité ouest	
Latitude :	50,021435°	Latitude :	50,021231°
Longitude :	-66,851161°	Longitude :	-66,860451°

La majorité des lots touchés par le projet appartiennent à la Ville de Port-Cartier (lots 4 693 706, 4 694 101, 4 694 102 et 4 694 570 du cadastre du Québec). Seul le lot 4 693 246 appartient à un résident de Port-Cartier. Le lit du fleuve Saint-Laurent relève des terres du domaine de l'état, sous la juridiction du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). La localisation du projet est présentée à la carte 1.

2.2 Contexte d'insertion du projet

Outre la plage, on retrouve dans le secteur du projet la rue des Rochelois qui longe la plage. Un secteur résidentiel est présent du côté nord de cette rue, soit celui opposé à la plage (photo 1). Les réseaux d'approvisionnement en eau potable et d'égouts sanitaires desservent les résidences de même que le réseau hydro-électrique. On note la présence d'un émissaire pluvial à l'extrémité ouest de la plage.

La plage Rochelois est un lieu récréotouristique très apprécié par les citoyens et les touristes. Lieu familial prisé, le parc de la plage Rochelois offre une fenêtre sur le Saint-Laurent. Il est bordé du circuit cyclable municipal, d'une aire de jeux pour enfants, d'un belvédère et, avant les tempêtes, était muni d'une promenade en bois (photo 2). La plage devient une vaste batture à marée basse. De plus, l'épave du minéralier Lady Era, visible depuis la rive, attire les regards des touristes.

Le 6 décembre 2010, les grandes marées ont causé l'érosion de plusieurs berges de la Côte-Nord, incluant les plages McCormick et Rochelois situées à Port-Cartier. Plusieurs propriétés ont été affectées par l'érosion, particulièrement dans le secteur McCormick.

En octobre 2012, la Ville de Port-Cartier a mandaté la firme Dessau en collaboration avec Consultants Ropars inc., pour réaliser une analyse des solutions visant la prévention et l'atténuation du risque d'érosion côtière dans quatre secteurs ciblés dont celui de la plage Rochelois. Le rapport d'étude hydraulique et d'analyse de différentes solutions de protection de berge a été présenté à la Ville en juillet 2013. Parmi les solutions proposées pour la plage

Rochelois, celle retenue comprenait une recharge de plage avec des épis en enrochement aux deux extrémités de la plage.

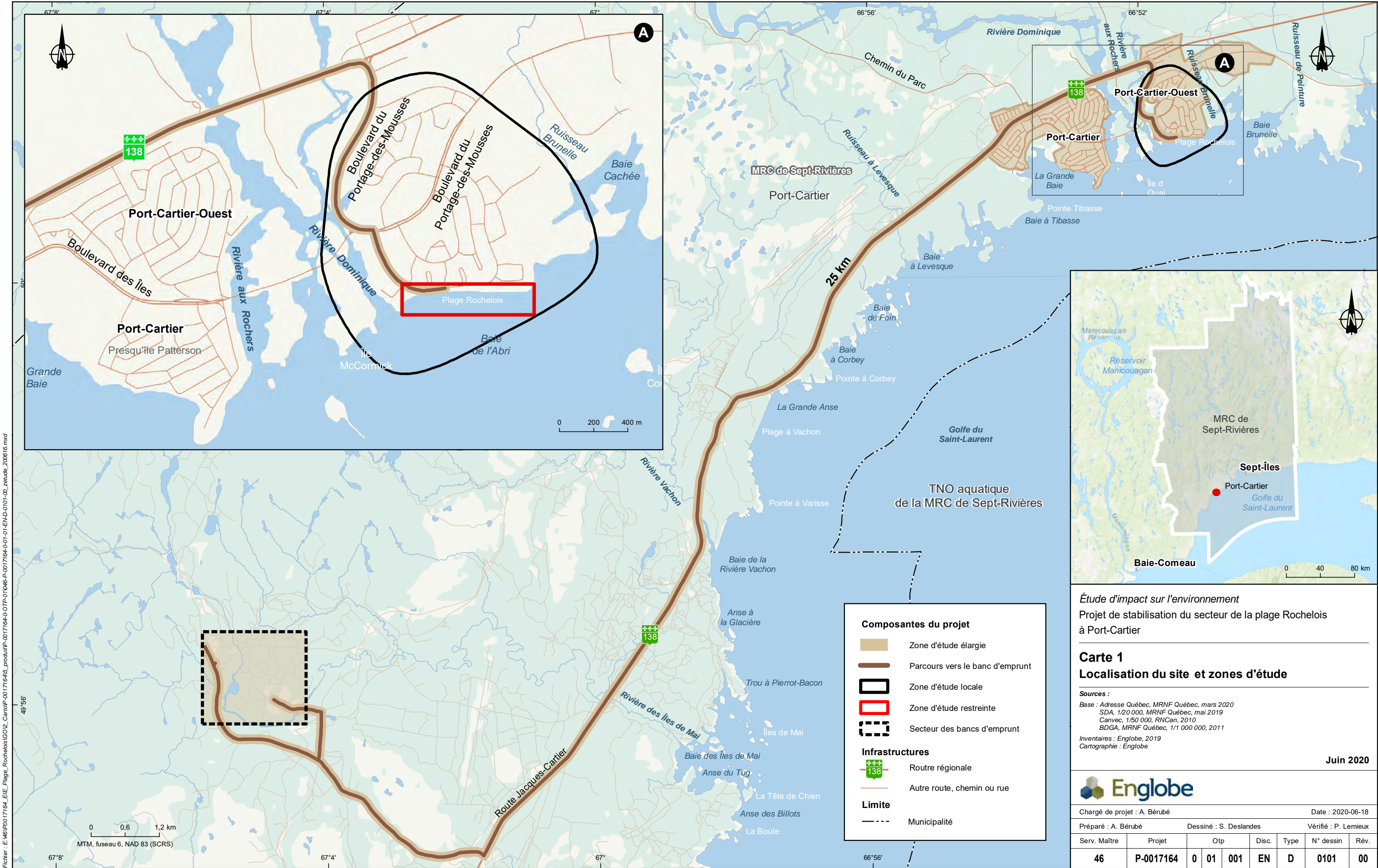


Photo 1 Promenade de bois le long de la plage Rochelois vue de la rue (octobre 2011)



Photo 2 Promenade de bois le long de la plage Rochelois et haut marais vus de la plage (octobre 2011)

Le 30 décembre 2016, une autre importante tempête hivernale s'est abattue sur la Côte-Nord. Cette tempête a causé une érosion importante au niveau des berges de la ville de Port-Cartier, notamment dans le secteur de la plage Rochelois. Le déferlement des vagues a détérioré le replat du talus côtier sur une longueur d'environ 650 m, causant des dommages sur environ 100 m au niveau de la rue des Rochelois. Un lampadaire près de la plage Rochelois a été emporté et le recul de la berge a rendu dangereuse l'utilisation de la promenade qui s'est partiellement effondrée en février 2017 (photos 3 et 4). Les fondations de la rue des Rochelois ont été atteintes par l'érosion tandis que plusieurs lignes de transport électrique ont été endommagées. Cette tempête a causé un abaissement probable de la plage, au niveau de la terrasse, de plus d'un mètre par rapport aux observations faites en 2011 et 2012 (Consultants Ropars, 2017).



À la suite de cette tempête, une entente de financement a été signée entre le ministère de la Sécurité publique (MSP) et la Ville de Port-Cartier concernant la réalisation de travaux de protection des berges contre l'érosion côtière dans le secteur de la plage Rochelois à Port-Cartier.



Photo 3 Vue rapprochée des dommages causés par l'érosion de la plage en décembre 2016 sur la promenade de bois de la rue des Rochelois – Partie ouest (février 2017)



Photo 4 Détail des dommages causés par l'érosion du talus en décembre 2016 sur la promenade de bois de la rue des Rochelois (février 2017)

En 2017, Consultants Ropars inc. a réalisé une étude technique contenant une étude hydraulique et une conception préliminaire pour le secteur de la plage Rochelois exclusivement. Les conclusions de cette étude indiquaient qu'en absence d'intervention à court terme visant à protéger le secteur le plus endommagé de la berge du secteur Rochelois, toute tempête printanière accompagnée de niveaux d'eau relativement hauts accentuerait l'érosion de ce secteur (Consultants Ropars, 2017). De plus, même sans tempête, la pente du talus sous la promenade s'adoucirait, de sorte qu'elle continuerait à s'effondrer sur la plage.

Un effondrement partiel de cette terrasse s'est d'ailleurs produit vers le 23 février 2017. Le recul de la berge anticipé menaçait également les infrastructures municipales adjacentes à cette promenade (rue, services municipaux et résidences).

La promenade a donc été démantelée au printemps 2017 pour éviter tout accident en raison de son instabilité. Pour prévenir tout dommage supplémentaire aux installations municipales, et pour protéger les usagers du secteur, la Ville de Port-Cartier a obtenu du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC)¹ une autorisation de procéder à une intervention d'urgence (annexe A). Cette intervention consistait à déposer une quantité minimale de sable pour permettre à la berge de résister aux tempêtes de 2017 et ainsi gagner du temps avant de mettre en place une solution durable à long terme pour stabiliser la berge de la plage Rochelois. La Ville de Port-Cartier a donc procédé à l'installation d'environ 300 sacs remplis de sable afin de protéger les secteurs les plus sensibles à l'érosion le long de la plage. Ces travaux, réalisés à l'automne 2017, sont temporaires et servent à éviter davantage de dégradation au niveau des infrastructures de la rue des Rochelois.

C'est dans ce contexte que la Ville de Port-Cartier a entrepris des démarches pour obtenir les autorisations environnementales requises pour la réalisation des travaux de stabilisation du secteur de la plage Rochelois. L'avis de projet a été soumis en novembre 2017 au MDDELCC, puis la directive du Ministère a été émise en janvier 2018.

L'état de la plage et des berges est demeuré stable depuis l'intervention réalisée à la fin de l'été 2017 (photos 5 et 6).



Photo 5 État de la plage Rochelois après la mise en place des sacs de sable, septembre 2017

¹ Maintenant le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC).



Photo 6 État des sacs de sable en novembre 2018

En 2019, un mandat a été octroyé à une firme spécialisée pour effectuer une modélisation numérique des conditions hydrosédimentaires (Lasalle | NHC, 2020). Cette modélisation a permis d'évaluer la dynamique sédimentaire à court et à long terme, afin de déterminer la performance et les impacts des différentes variantes de l'ouvrage de protection proposées par le concepteur Consultants Ropars inc. La solution retenue a fait l'objet d'une conception finale pour les plans et devis, puis pour la mise en œuvre des travaux (Consultants Ropars, 2020).

2.3 Raison d'être du projet

La Ville de Port-Cartier souhaite donc intervenir afin :

- ▶ De prévenir un déversement d'eaux usées dans l'environnement;
- ▶ D'éviter que des infrastructures urbaines, dont les résidences du quartier Rochelois, soient affectées par l'érosion croissante des berges;
- ▶ De limiter l'érosion active de la plage Rochelois qui entraîne une perte de terrain;
- ▶ De limiter la submersion côtière sur les propriétés;
- ▶ D'assurer la sécurité des utilisateurs du parc de la plage Rochelois et des usagers de la rue des Rochelois;
- ▶ De préserver la qualité du paysage;
- ▶ De maintenir des accès à la plage et un substrat sur lequel les usagers peuvent se promener.

2.4 Interventions proposées

Le projet de stabilisation du secteur de la plage Rochelois consiste en une recharge de plage et la mise en place d'un épi de protection en empierrement à l'extrémité est du site d'intervention pour augmenter la durée de vie de l'intervention en limitant le transport sédimentaire vers le large et le long de la côte par la dérive littorale. La conception a été produite par les Consultants Ropars inc. Le rapport de conception est présenté à l'annexe B.

Le projet de recharge recommandé consiste à protéger environ 770 m de rivage. La recharge empiète sur environ 15 070 m² sous la cote de la pleine mer supérieure de grande marée (PMSGM) alors que l'épi empiète sur 840 m² sous cette même cote. Par rapport à la ligne des hautes eaux de récurrence 2 ans, l'empiètement total est de 22 310 m². Les quantités de matériaux granulaires sont estimées à 104 000 m³ pour obtenir une crête de recharge de plage à une élévation de +5,4 m par rapport au niveau moyen des mers.

Le projet comprend également la relocalisation de l'émissaire municipal. Ce dernier sera déplacé vers l'ouest. Selon la modélisation hydrodynamique, il n'aura plus d'impact sur le transport sédimentaire de la plage. Ainsi, son déplacement augmentera la durée de vie de la recharge de plage.

En considérant la taille des matériaux de recharge, la présence de l'épi, la relocalisation de l'émissaire et les conditions hydrosédimentaires actuelles et futures du milieu (Lasalle | NHC, 2020), la durée de vie de l'ouvrage est estimée à environ 30 ans.

2.5 Solutions de recharge

Pour la Ville de Port-Cartier ainsi que pour sa population, le *statu quo* n'est pas envisageable, car il entraînerait une détérioration accrue de la berge qui, avec le temps, entraînerait d'importants dommages aux infrastructures municipales et qui auraient des répercussions sur la sécurité des usagers et des résidents.

Trois types d'intervention ont été considérés pour le projet de stabilisation du secteur de la plage Rochelois, soit le déplacement des infrastructures, la mise en place d'une protection en empierrement et la recharge de plage. Une description de ces interventions et la justification de la solution retenue sont fournies à la section 6.

2.6 Aménagements et projets connexes

Il n'y a pas d'aménagement ni de projet connexe.

3 Cadre réglementaire

Le projet de stabilisation du secteur de la plage Rochelois est assujéti à la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement en vertu de l'article 31.1 de la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE), puisqu'il vise des travaux de remblai à l'intérieur de la limite des inondations de récurrence de 2 ans d'un lac ou d'une rivière (en l'occurrence le golfe du Saint-Laurent), sur une distance cumulative égale ou supérieure à 500 m ou sur une superficie cumulative égale ou supérieure à 5 000 m², tel que spécifié à l'article 2 du Règlement relatif à l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement de certains projets (Q-2, r.23.1).

Le projet doit faire l'objet d'un décret émis par le gouvernement du Québec en vertu de l'article 31.1 de la LQE. À cet effet, le MDDELCC a émis le 24 janvier 2018, à l'attention de la Ville de Port-Cartier, la Directive pour le projet de stabilisation du secteur de la plage Rochelois à Port-Cartier (dossier 3211-02-313). Une fois le décret émis, la Ville de Port-Cartier devra obtenir l'autorisation du MELCC en vertu de l'article 22 de la LQE avant le début des travaux de stabilisation. Une autorisation doit également être demandée auprès du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) en vertu de la Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune.

Au niveau fédéral, le projet de stabilisation du secteur de la plage Rochelois n'est pas assujéti à la Loi canadienne sur l'évaluation environnementale (LCEE, 2012) puisqu'il ne fait pas partie de la liste désignant les activités concrètes (annexe 3 du Règlement désignant les activités concrètes).

Toutefois, le projet implique une intervention dans l'habitat du poisson. Il est donc, à ce titre, assujéti à l'article 35(2)b) de la Loi sur les pêches. Une demande d'examen doit être soumise au ministère de Pêches et Océans Canada (MPO) pour déterminer si le projet est susceptible de causer une détérioration ou une destruction d'habitat du poisson. Le cas échéant, une autorisation sera requise de la part du MPO ainsi que la réalisation d'un projet de compensation.

Si des impacts sur des espèces en péril présentes dans la zone d'étude devaient être identifiés au cours de la présente étude d'impact, les autorisations en vertu de la Loi sur les espèces en péril (LEP) (L.C. 2002, ch. 29) devraient également être obtenues, le cas échéant.

Enfin, tout autre permis municipal requis pour la réalisation des travaux devra être obtenu avant la réalisation des travaux.

4 Consultation du milieu

4.1 Démarche d'information et de consultation

Dans le cadre du processus d'évaluation environnementale, la Ville de Port-Cartier est consciente que la mise en œuvre d'une démarche d'information et de consultation amène de nombreux bénéfices en plus de contribuer à l'acceptabilité sociale d'un projet. Bien que le projet vise à améliorer l'état de la plage Rochelois, très appréciée par les citoyens, il peut aussi être utile de tirer profit des connaissances du milieu pour améliorer, bonifier ou encore tenir compte des préoccupations des citoyens pour, notamment, appliquer des mesures d'atténuation afin que le projet nuise peu ou pas au milieu récepteur.

Ainsi, dans cette perspective et également dans un but de transparence, d'ouverture et par souci du bien-être de sa communauté, la Ville de Port-Cartier mettra à la disposition sur son site internet toute l'information disponible sur le projet, c'est-à-dire, la description du projet et le séquençage prévu des travaux, les impacts appréhendés, les mesures d'atténuation envisagées et le calendrier visé. La Ville produira des capsules vidéo qu'elle diffusera sur son site internet afin d'informer la population et un formulaire sera également mis en ligne pour recueillir tout commentaire, question ou préoccupation. Une compilation de ces préoccupations sera ensuite effectuée. L'objectif étant de bonifier les informations dans le projet visé et d'en tenir compte et, si requis, bonifier les mesures d'atténuation.

Avant le début des travaux, des avis seront également diffusés dans les journaux et à la radio pour informer la population pour les informer, entre autres, des trajets prévus, de la période liée au transport et les mesures prises pour atténuer les impacts.

Bien que, dans le contexte actuel, il soit difficile d'organiser des consultations publiques, la Ville de Port-Cartier s'assure que la mise à jour de l'évolution du projet soit accessible et diffusera, via les journaux locaux, sa page Facebook et sur son site internet, l'information comme quoi ces mises à jour sont disponibles et où trouver l'information. Dans le cas où la situation sur la Covid-19 se rétablissait rapidement, il serait aussi possible de tenir une journée porte ouverte avec les experts pour répondre aux questions et commentaires de la population.

4.2 Information de la communauté autochtone

Bien que le projet soit circonscrit à l'intérieur des limites de Port-Cartier, soit dans de la baie de l'Abri, une lettre sera envoyée à la communauté Innu Takuaikan Uashat mak Mani-Utenam (Uashat-Maliotenam) pour les informer du projet visé et dans le but d'obtenir des commentaires, s'il y a lieu.

4.3 Poursuite des activités d'information auprès de la communauté

La communication avec les acteurs du milieu d'accueil se poursuivra jusqu'à l'obtention du décret, simplement pour les informer de l'avancement des démarches et notamment pour répondre aux questions et préoccupations qui pourraient avoir lieu après le dépôt de l'EIE.

5 Description du milieu

5.1 Délimitation de la zone d'étude

La délimitation de la zone d'étude a été réalisée de façon à tenir compte de l'ensemble des composantes du milieu physique, biologique et humain susceptibles d'être affectées par le projet de stabilisation du secteur de la plage Rochelois. Elle est illustrée à la carte 1 et elle comprend une zone d'étude restreinte couvrant le site d'intervention.

Une zone d'étude locale a aussi été définie pour décrire le milieu humain et certaines composantes du milieu physique. Elle comprend le périmètre urbanisé de Port-Cartier adjacent à la plage Rochelois. Enfin, une zone d'étude élargie a été définie pour inclure le banc d'emprunt ainsi que tout le corridor longeant la route 138 qui s'étend jusqu'au secteur des bancs d'emprunt plus à l'ouest de la ville (carte 1).

5.2 Milieu physique

5.2.1 Climat

Le climat des secteurs côtiers de la Côte-Nord est majoritairement classé dans la catégorie « continental tempéré froid et humide ». La région est marquée par de fortes variations saisonnières de température et des précipitations abondantes causées par l'étagement du relief ainsi que l'influence maritime. À proximité des rivages, l'influence de la masse d'eau laurentienne impose des hivers plus doux et des étés plus frais que dans les secteurs qui sont davantage continentaux.

Les informations relatives aux conditions météorologiques proviennent des données recueillies entre 1981 et 2010 à la station météorologique de l'aéroport de Sept-Îles (n° 7047910, coordonnées 50° 13' – 66° 16', altitude 54,9 m) située à environ 55 km à l'est de la plage Rochelois. À noter que Sept-Îles et Port-Cartier ne présentent pas la même configuration côtière ce qui implique des différences climatiques, surtout au niveau des conditions de vent et de vagues. Toutefois, il s'agit de la station la plus proche de la zone d'étude et la qualité des données disponibles est excellente.

Pour la période de 1981 à 2010, la température moyenne mesurée varie entre -15,3 °C en janvier et 15,2 °C en juillet (Gouvernement du Canada, 2019). Les données recueillies et compilées par les Archives nationales d'information et de données climatologiques d'Environnement et Changement climatiques Canada pour la période de 1873 à 2011 montrent une tendance au réchauffement climatique de 0,9 °C par siècle dans le golfe du Saint-Laurent (Galbraith *et al.*, 2012). Le nombre moyen de jours de gel annuellement est de 199,6 entre septembre et juin tandis que le nombre de degrés-jours au-dessus de 5 °C (ou degrés-jours de croissance de la végétation) est de 1 043,2 par année (Gouvernement du Canada, 2019). La date moyenne du dernier gel au printemps est le 25 mai alors que la date moyenne du premier gel automnal est le 27 septembre pour une durée moyenne de la période sans gel de 124 jours.

Les précipitations annuelles moyennes sous forme de pluie sont de 747,5 mm et de 384,6 cm sous forme de neige. Le mois de novembre est le plus humide avec des précipitations

liquides moyennes de l'ordre de 62,4 mm et de 46,0 cm de neige. À l'inverse, le mois de février est le plus sec avec 13,9 mm de pluie et 59,7 cm de neige en moyenne.

Toujours selon les statistiques de la station météorologique de l'aéroport de Sept-Îles, les vents dominants proviennent du nord de novembre à mars, mais plutôt de l'est entre avril et octobre (Gouvernement du Canada, 2019). La vitesse annuelle moyenne des vents est de 14,2 km/h avec une rafale record enregistrée de 161 km/h le 8 février 1958. (Gouvernement du Canada, 2019). Les vents les plus forts proviennent de l'est et la fréquence des vents soufflant à plus de 60 km/h est de l'ordre de seulement 0,07 % du temps.

5.2.2 Géologie, dépôts meubles et topométrie

La région appartient au Bouclier canadien et fait partie de la province géologique de Grenville. De manière générale, les dépôts meubles de la plaine côtière sont composés de sédiments marins et deltaïques, qui proviennent des roches précambriennes du Bouclier canadien. L'embouchure de la rivière aux Rochers se caractérise par la présence de dépôts meubles deltaïques (Groupe Rousseau Lefebvre, 2014). Selon les relevés géotechniques effectués les 25 et 26 octobre 2018 au site d'intervention, le substrat du fond marin est essentiellement constitué de sable, de cailloux et de blocs épars alors qu'on note la présence d'un dépôt de sable en surface.

La plaine côtière qui est en bordure du golfe du Saint-Laurent forme une bande atteignant jusqu'à 15 km de largeur. Le terrain plat s'y élève graduellement vers les terres jusqu'à 100 m d'altitude. Selon les données topographiques disponibles sur la cartographie interactive du MFFP (2018), le secteur dans lequel est située la zone d'étude (feuille 22J02SO) présente un terrain relativement plat (pentes de 3 à 8 %). Il n'y a que le long du littoral où une pente plus forte allant jusqu'à 30-40 % est présente par endroits. La hauteur du talus à stabiliser est d'environ 4 m.

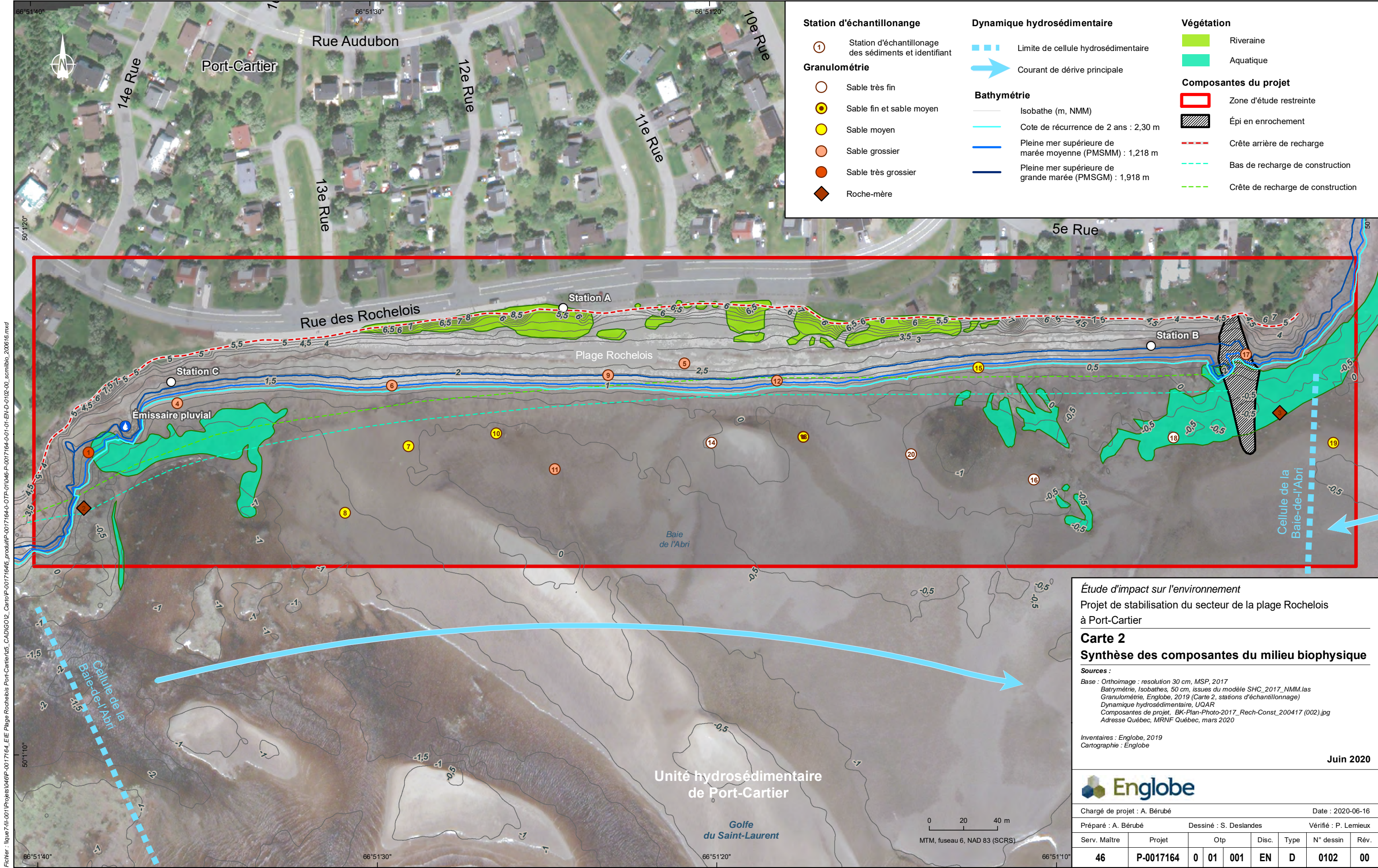
5.2.3 Régime sédimentaire

De manière générale, la dérive littorale dans le secteur de Port-Cartier s'effectue d'est en ouest. Cependant, le secteur de la plage Rochelois y fait exception et la dérive s'effectue d'ouest en est. La plage Rochelois constitue la cellule hydrosédimentaire de la baie de l'Abri qui est comprise dans l'unité de Port-Cartier (carte 2).

5.2.4 Hydrologie et hydrauliques

Réseau hydrographique

La zone d'étude est localisée au sein de la zone de ruisseaux côtiers (ZRC) de la rivière Brochu selon le découpage des bassins versants de l'Organisme de bassins versants Duplessis (2018). Le bassin de la ZRC est bordé au nord-ouest par le bassin versant de la rivière Dominique, à l'ouest par le bassin versant de la rivière aux Rochers et à l'est par le ruisseau Brunelle. Le bassin de la ZRC s'écoule dans le golfe du Saint-Laurent. Il n'y a aucun cours d'eau qui s'écoule dans la zone d'étude locale.



Station d'échantillonnage

① Station d'échantillonnage des sédiments et identifiant

Granulométrie

- Sable très fin
- Sable fin et sable moyen
- Sable moyen
- Sable grossier
- Sable très grossier
- ◆ Roche-mère

Dynamique hydrosédimentaire

- Limite de cellule hydrosédimentaire
- Courant de dérive principale

Bathymétrie

- Isobathe (m, NMM)
- Cote de récurrence de 2 ans : 2,30 m
- Pleine mer supérieure de marée moyenne (PMSMM) : 1,218 m
- Pleine mer supérieure de grande marée (PMSGM) : 1,918 m

Végétation

- Riveraine
- Aquatique

Composantes du projet

- Zone d'étude restreinte
- ▨ Épi en enrochement
- - - Crête arrière de recharge
- - - Bas de recharge de construction
- - - Crête de recharge de construction

Étude d'impact sur l'environnement
Projet de stabilisation du secteur de la plage Rochelois à Port-Cartier

Carte 2
Synthèse des composantes du milieu biophysique

Sources :
Base : Orthoimage : resolution 30 cm, MSP, 2017
Bathymétrie, Isobathes, 50 cm, issues du modèle SHC_2017_NMM.las
Granulométrie, Englobe, 2019 (Carte 2, stations d'échantillonnage)
Dynamique hydrosédimentaire, UQAR
Composantes de projet, BK-Plan-Photo-2017_Rech-Const_200417 (002).jpg
Adresse Québec, MRNF Québec, mars 2020

Inventaires : Englobe, 2019
Cartographie : Englobe

Juin 2020



Chargé de projet : A. Bérubé					Date : 2020-06-16		
Préparé : A. Bérubé		Dessiné : S. Deslandes			Vérifié : P. Lemieux		
Serv. Maître	Projet	Otp	Disc.	Type	N° dessin	Rév.	
46	P-0017164	0 01 001	EN	D	0102	00	

L'embouchure de la rivière aux Rochers se trouve à moins de 100 m de l'extrémité ouest de la plage Rochelois. Une pointe rocheuse se trouve entre la plage et l'embouchure de la rivière. Cette rivière draine un bassin de 4 170 km² (Naturam Environnement, 1992). Son débit moyen est de 98,9 m³/s et peut atteindre, en crue printanière de juin, une moyenne de 300 m³/s. En étiage d'été, c'est-à-dire en septembre, son débit moyen diminue à 87 m³/s alors qu'il n'est que de 26 m³/s en mars.

Bathymétrie

En ce qui concerne la bathymétrie dans le secteur de la plage Rochelois, les informations extraites du site Navionics (2020) indiquent la présence d'une large zone peu profonde (entre 1,5 m et moins de 1 m) sur près de 400 m vers le large (carte 2; photo 7). En face de la plage, on note la présence d'îlots rocheux.



Photo 7 Vue aérienne de la plage Rochelois, du banc de sable situé au large et de l'embouchure de la rivière aux Rochers (tiré de Consultants Ropars, 2018)

Courants et marées

Le golfe du Saint-Laurent constitue un vaste étendu d'eau qui lequel influence la dynamique des courants locaux. Les marées, de type semi-diurne, sont résumées au tableau 1. Les données proviennent de la station marégraphique de Sept-Îles (n° 2780), lesquelles ont été ajustées selon les corrections proposées par le Service hydrologique du Canada pour Port-Cartier (Dessau, 2013). Les niveaux d'eau sont présentés par rapport au zéro des cartes (ZC). Le niveau moyen des mers (NMM) pour Port-Cartier est de 1,48 m.

L'extrême de pleine mer est de 4,1 m (2,6 m géodésiques) alors que l'extrême de basse mer est de -0,6 m (-2,0 m géodésiques) (Dessau, 2013). Le marnage moyen enregistré entre les hautes et basses marées de vives-eaux est de l'ordre de 3,7 m et de 2,3 m pour une marée moyenne. Les niveaux moyens observés entre 1972 et 2012 à Sept-Îles indiquent une hausse moyenne de 1,4 mm par année durant cette période.

Tableau 1 Niveau des marées dans le secteur de la plage Rochelois

MARÉE	NIVEAU D'EAU (ZC, m)	NIVEAU D'EAU (NMM, m)
Extrême de pleine mer	4,1	2,62
Pleine mer supérieure, grande marée	3,4	1,92
Pleine mer supérieure, marée moyenne	2,7	1,22
Basse mer inférieure, marée moyenne	0,4	-1,08
Basse mer inférieure, grande marée	-0,2	-1,50
Extrême de basse mer	-0,6	-1,54
Marnage de marée moyenne	2,3	2,3
Marnage de grande marée	3,7	3,7

Sources : Dessau (2013) et les Consultants Ropars (2018)

Par rapport au zéro des cartes, il est évalué que la ligne des hautes eaux (cote 0-2 ans) dans le secteur de la zone d'étude s'élève à 3,78 m alors que la PMSGM est de 3,4 m. La marée haute moyenne (PMSMM) est de 2,7 m. Les positions lignes des hautes eaux (récurrence 2 ans), de la PMSGM et de la PMSMM sont illustrées à la carte 2.

En ce qui a trait à la fréquence de dépassement des niveaux d'eau hauts à Port-Cartier, les niveaux d'eau de récurrence 1, 10 et 50 ans sont présentés au tableau 2. La série de données modélisées pour Port-Cartier par l'ISMER (données de 1979 à 2011) a été utilisée pour produire ces niveaux d'eau. De plus, le relèvement isostatique dans la région de Port-Cartier utilisé est de 3,56 mm/an. Les données du tableau 2 ont été utilisées pour le dimensionnement de l'ouvrage proposé.

Tableau 2 Cote de récurrence de 1, 10 et 50 ans pour le secteur de Port-Cartier

RÉCURRENCE	NIVEAU D'EAU (NMM, m)
Période de retour de 1 an	+ 2,63
Période de retour de 10 ans	+ 3,07
Période de retour de 50 ans (sans influence des changements climatiques)	+ 3,37
Période de retour de 50 ans (avec influence des changements climatiques et du relèvement isostatique)	+ 3,45

Sources : Consultants Ropars (2018)

Il n'existe aucune donnée sur les directions et les vitesses des courants à l'intérieur de la zone d'étude. Cependant, le long de la Côte-Nord, on rapporte un courant de marée qui varie entre 10 et 20 cm/s en période estivale (Koutitonsky et Bugden, 1991). Cette valeur varie sensiblement selon la période de l'année et peut être influencée par des facteurs météorologiques locaux. Les mesures de courants de surface rapportées par El-Sabh (1976) indiquent que la vitesse maximale des courants au large de Port-Cartier pendant les mois d'été serait de l'ordre de 20 cm/s.

Régime des vagues

Le régime des vagues prévalant à Port-Cartier a été établi par les Consultants Ropars (2018). Les caractéristiques des vagues dépendent de la vitesse du vent, de sa direction, de sa persistance, de la profondeur de l'eau ainsi que de la longueur de l'étendue d'eau sur laquelle les vents soufflent (p. ex. le fetch). Les données de vagues ont été produites par le modèle GENER, à partir des données de vent de la station météorologique de Sept-Îles (1979 à 2016) et des fetchs effectifs ont été calculés pour un point ($49^{\circ} 58,83' \text{ N} / 66^{\circ} 48,08' \text{ O}$) situé à environ 5,7 km au large de la plage Rochelois. Deux roses des vagues ont été produites pour l'année complète, l'une pour le point mentionné précédemment et l'autre pour un point situé près de la plage Rochelois, en tenant compte de la réfraction des vagues le long des côtes. La rose des vagues pour le point situé près de la plage est présentée à la figure 1.

Les vagues proviennent majoritairement de l'est, de l'est-sud-est, de l'ouest et de l'ouest-nord-ouest. Les vagues fortes, d'une hauteur supérieure à 0,6 m, proviennent essentiellement des directions est à sud-ouest. Les vagues de plus de 1,5 m de hauteur proviennent du sud-est. La plage Rochelois est donc fortement exposée aux vagues. C'est durant les tempêtes automnales que ces vagues sont les plus fréquentes et les plus hautes. Il en résulte une forte activité érosive sur le littoral.

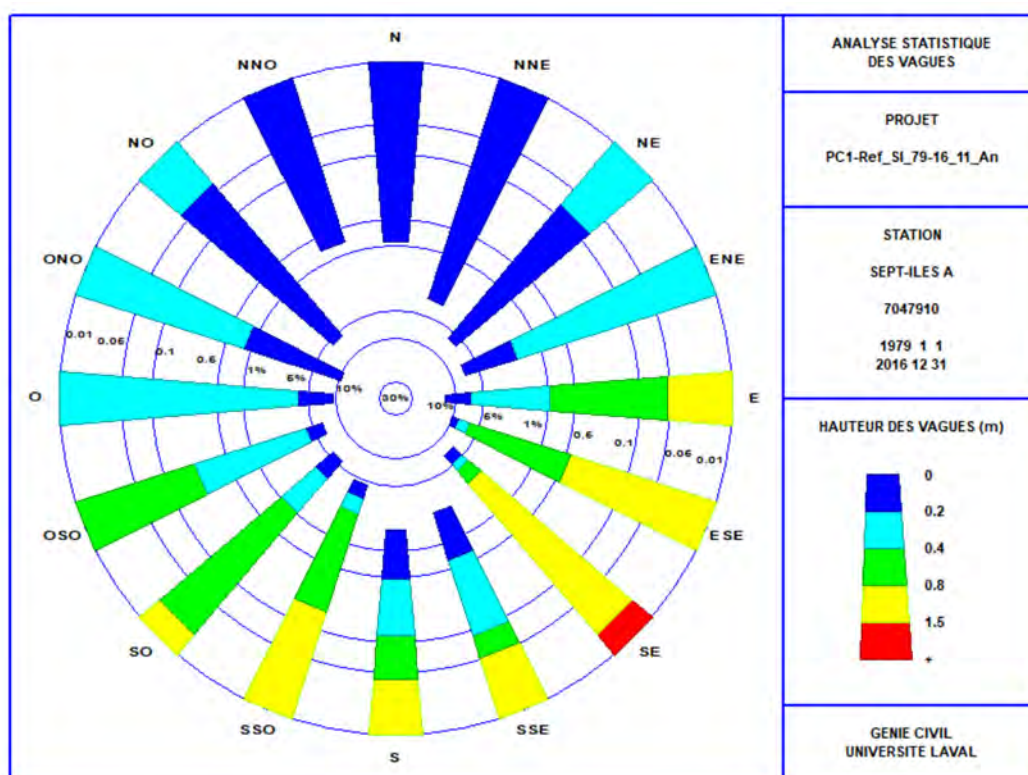


Figure 1 Rose des vagues au large de Sept-Îles (1979-2016 – Année complète)

Régime des glaces

Dans la zone d'étude, les glaces littorales sont présentes habituellement entre la mi-décembre et le début d'avril, avec une couverture glacielle complète en hiver (janvier à mars). Lorsque le pied de glace est fixé aux berges, celui-ci offre une protection contre l'érosion. Cependant, lorsque celui-ci se démantèle, des glaces mobiles peuvent avoir une

importante action abrasive. Le potentiel érosif de ces blocs de glace est important lorsque le pied de glace cède et que les berges sont exposées. En 2017, le couvert de glace de mer dans le golfe du Saint-Laurent s'est formé plus tard que la normale historique et son volume est demeuré près des minimaux historiques jusqu'au début du mois de février. Le volume saisonnier maximal de la glace (seulement 23 km³) a été atteint la semaine du 13 mars. Selon Ouranos (2004), le golfe du Saint-Laurent se retrouverait largement exempt de glaces d'ici 2045.

La prise des glaces et les débâcles, l'étendue maximale du couvert glaciaire et l'épaisseur moyenne varient considérablement d'année en année dans le golfe du Saint-Laurent. La température de l'air est le principal indicateur de la quantité de glaces de mer qui s'y formera. On peut donc attribuer une grande partie de la variabilité interannuelle à la circulation atmosphérique de grande échelle.

5.2.5 Qualité de l'eau de surface

De manière générale, la zone d'étude compte deux principales sources d'eau de surface, soit le golfe du Saint-Laurent et la rivière aux Rochers. Ponctuellement, l'émissaire pluvial situé à l'extrémité ouest de la plage Rochelois peut influencer la qualité de l'eau de surface en entraînant une augmentation des matières en suspension. Notons également que les courants de marée influencent aussi la turbidité de l'eau et les concentrations de matières en suspension. En effet, lorsque la marée monte sur l'estran, des sédiments fins sont remis en suspension dans l'eau.

De manière générale, l'eau du golfe du Saint-Laurent près des côtes de Port-Cartier est limpide et la transparence peut facilement dépasser les 8 m en période estivale et par temps calme. Bien qu'on retrouve les installations municipales à l'ouest et au nord de la plage ainsi qu'une zone industrielle plus à l'est, il est présumé que la qualité de l'eau en face de la plage Rochelois est bonne. Des épisodes de forte turbidité sont toutefois possibles lors des crues printanières et lors de fortes tempêtes qui occasionnent l'érosion des berges.

5.2.6 Qualité des sols

Il n'y a pas de données disponibles concernant la qualité des sols et des sédiments sur la plage Rochelois. Considérant qu'aucune source de contamination n'a été identifiée à proximité du site, les sols sont considérés de bonne qualité et exempts de contaminants.

5.2.7 Qualité de l'air

L'outil d'information et de sensibilisation conçu pour renseigner la population sur la qualité de l'air du MELCC ne couvre pas la région de la Côte-Nord (MELCC, 2020). En ce qui a trait aux stations de suivi de la qualité de l'air du MELCC, la plus proche se trouve à Colombier (station n° 09350) et mesure uniquement les particules en suspension totales. Il n'y a donc pas de données disponibles pour la région de Port-Cartier outre les sources de données privées comme ArcelorMittal.

Il est toutefois présumé que la qualité de l'air dans le secteur de la plage Rochelois est bonne puisqu'il y a peu d'activités industrielles à proximité. La plage se trouve à environ 2,6 km des installations de Produits forestiers Arbec et à environ 4,5 km de celles de l'usine de bouletage d'ArcelorMittal.

5.3 Milieu biologique

5.3.1 Flore

Végétation riveraine

La zone d'étude est située dans la sous-zone de végétation de la forêt boréale continue, au sein du domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau blanc, dans la région écologique 5g des Hautes collines de Baie-Comeau–Sept-Îles (Berger et Blouin, 2007). Toutefois, la plage est située en périphérie d'un secteur résidentiel et on y retrouve une végétation typique des milieux urbain et périurbain.

Une visite du site a été réalisée en septembre 2018. Le rapport d'étude est fourni à l'annexe C. Lors de cette visite, une seule station a été inventoriée en milieu terrestre au-delà de la ligne naturelle des hautes eaux. La composition floristique, lorsque présente, est dominée par une majorité de plantes non indicatrices des milieux humides et caractéristiques des aménagements paysagers (pelouse, rosiers sauvages, plantes communes), et qui poussent sur des sols à drainage modéré à imparfait. Le site est colonisé par plusieurs plantes rustiques telles que le liondent et le trèfle. Parmi les plantes sauvages retrouvées en haut de talus, le pissenlit officinal, le trèfle blanc, le chiendent commun, le plantain commun, l'arroche, la verge d'or et la potentille ansérine ont été observés. On y retrouve également de rares arbustes comme l'aulne crispé.

En bas de talus, les espèces floristiques présentes sont peu nombreuses. On y observe le caquillier édentulé, l'élyme des sables, la gesse maritime et l'arroche. Notons que les tempêtes des dernières années ont fortement endommagé la végétation qui se trouvait sur le haut de plage. L'état de la végétation riveraine du haut de plage est illustré à la photo 8 prise à la fin de l'été 2018.



Photo 8 Vue de la plage Rochelois à la fin de l'été 2018

La visite de terrain a permis de confirmer l'absence de milieux humides (étang, marais, marécage, tourbière) dans la zone d'étude. Il n'y a aucune mention d'espèce végétale exotique envahissante dans la zone d'étude ni mention d'espèce floristique à statut (annexe C).

Végétation aquatique

Aucun inventaire exhaustif n'a été effectué en milieu aquatique marin. Toutefois, lors de la visite de terrain de 2018 et celle du printemps 2019, diverses algues vertes et rouges ont été observées dans la laisse de plage, de même que l'agar criblé (*Agarum cribrosum*) dans l'eau ainsi que *Chordaria flagelliformis*, l'ascophylle noueuse (*Ascophyllum nodosum*) et le laminaire à long stipe (*Saccharina longicuris*) (annexe C).

Lors de la visite du 29 novembre 2019, une attention a été portée à la présence de végétation aquatique (annexe D). Les rochers de la zone d'étude qui se situaient dans le médiolittoral inférieur présentaient quelques groupements algaux dominés par le fucus vésiculeux (*Fucus vesiculosus*), mais comprenaient également une autre espèce d'algue brune plutôt filamenteuse, en plus de quelques laitues de mer (*Ulva sp.*). Dans le secteur le plus à l'est de la zone d'étude, soit aux environs de la station 18 (carte 2), plusieurs petits herbiers de zostère marine (*Zostera marina*) ont également été observés à l'intérieur de marelles.

Selon l'image infrarouge 2017 du secteur à l'étude, on note la présence de végétation aquatique aux extrémités de la plage, près des pointes rocheuses. À ces endroits, on remarque la présence de blocs et d'affleurements rocheux propices à la colonisation des fucacées. Directement en face de la plage Rochelois, ces herbiers de fucacées couvrent une superficie de 22 862 m² (carte 2).

5.3.2 Poisson et habitat

Communauté d'invertébrés benthiques

Une caractérisation de la communauté d'invertébrés benthiques a été effectuée dans le cadre du présent projet (annexe D). Au total, 20 stations couvrant l'ensemble de l'étage médiolittoral ont été échantillonnées jusqu'à une distance d'environ 75 m de la rive. Les stations ont été réparties de manière à échantillonner l'emplacement prévu des travaux ainsi que la partie inférieure de l'étage médiolittoral, afin de documenter les zones limitrophes où les sédiments pourront ultérieurement et graduellement se déplacer au gré des tempêtes. Les stations ont été échantillonnées le 29 novembre 2019.

Un total de six taxons d'invertébrés benthiques a été capturé vivant dans les sédiments ou sur les rochers de l'estran de la zone d'étude lors de la campagne de terrain. Il s'agit de la mye commune (*Mya arenaria*), la clovisse arctique (*Mesodesma arctarum*), et deux espèces de vers annélides, (dont le ver *Nereis virens*) dans les 18 stations de substrat meuble. Dans les deux stations sur roche, la balane (*Balanus sp.*) et la littorine commune d'Europe (*Littorina littorea*) ont été observées.

Globalement, les données de densité indiquent une faible densité des organismes benthiques. La biodiversité et la densité des organismes augmentent au fur et à mesure que l'on descend vers le bas de l'estran.

Communauté de poisson

Le tableau 3 présente la liste des espèces les plus susceptibles de se retrouver au large de la plage Rochelois. Les informations contenues ont été recueillies dans la base de données du réseau de suivi de la biodiversité aquatique (RSBA, 2019) et dans la monographie de Scott et Scott (1988).

Tableau 3 Principales espèces de poisson susceptibles de se retrouver au large de la plage Rochelois

NOM VERNACULAIRE	NOM SCIENTIFIQUE	HABITAT DE MIGRATION	HABITAT D'ALIMENTATION	HABITAT DE FRAIE	VISITEUR OCCASIONNEL
Anguille d'Amérique	<i>Anguilla rostrata</i>	X	X		
Bar rayé (population du sud du golfe)	<i>Morone saxatilis</i>		X		X
Capelan	<i>Mallotus villosus</i>		X	X	
Chaboisseau à épines courtes	<i>Myoxocephalus scorpius</i>		X		
Crapaud de mer nain	<i>Myoxocephalus aeneus</i>		X		
Éperlan arc-en-ciel	<i>Osmerus mordax</i>	X	X		
Épinoche à neuf épines	<i>Pungitius pungitius</i>				X
Épinoche à trois épines	<i>Gasterosteus aculeatus</i>		X		
Épinoche tachetée	<i>Gasterosteus wheatlandi</i>		X		
Épinoche à quatre épines	<i>Apeltes quadracus</i>		X		
Esturgeon noir	<i>Acipenser oxyrinchus</i>				X
Grosse poule de mer	<i>Cyclopterus lumpus</i>				X
Hareng atlantique	<i>Clupea harengus</i>		X		
Hémitriptère atlantique	<i>Hemitripterus americanus</i>				X
Lançon d'Amérique	<i>Ammodytes americanus</i>		X	X	
Limace atlantique	<i>Liparis atlanticus</i>				X
Limande à queue jaune	<i>Limanda ferruginea</i>		X		
Lompénie-serpent	<i>Lumpenus lampretaeformis</i>				X
Loquette d'Amérique	<i>Zoarces americanus</i>				X
Loup atlantique	<i>Anarhichas lupus</i>				X
Maquereau commun	<i>Scomber scombrus</i>		X		
Merluche à longues nageoires	<i>Phycis chesteri</i>				X
Merluche blanche	<i>Urophycis tenuis</i>				X
Morue de roche	<i>Gadus ogac</i>		X		X
Morue franche	<i>Gadus morhua</i>				X
Omble chevalier (anadrome)	<i>Salvelinus alpinus</i>	X	X		X
Omble de fontaine (anadrome)	<i>Salvelinus fontinalis</i>	X	X		
Petite poule de mer atlantique	<i>Eumicrotremus spinosus</i>				X
Plie canadienne	<i>Hippoglossoides platessoides</i>		X		
Plie rouge	<i>Pseudopleuronectes americanus</i>		X		
Poisson alligator	<i>Aspidophoroides monopterygius</i>				X
Poisson-lune	<i>Mola mola</i>				X
Poulamon atlantique	<i>Microgadus tomcod</i>		X		X
Raie tachetée	<i>Leucoraja ocellata</i>		X		X
Saumon atlantique	<i>Salmo salar</i>	X			
Sigouine de roche	<i>Pholis gunnellus</i>		X		
Stichée arctique	<i>Stichaeus punctatus</i>		X		X
Tanche tautogue	<i>Tautoglabrus adspersus</i>		X		X
Ulvaire deux lignes	<i>Ulvaria subbifurcata</i>				X

Habitat du poisson

De façon générale, l'utilisation de la zone d'étude par les poissons est largement tributaire de la bathymétrie des fonds marins. En effet, le secteur à l'étude est peu profond. Les fonctions biologiques associées généralement aux eaux côtières sont la reproduction et l'alimentation.

Selon les données recueillies par le Réseau des observateurs du capelan (ROC), il n'y a qu'une seule mention de fraie du capelan sur la plage Rochelois et celle-ci remonte à 1973 (OGSL, 2020). Toutefois, selon Monsieur Yves Lévesque (directeur – Services techniques, Ville de Port Cartier, comm. pers., 2018), le capelan a roulé sur la plage Rochelois au printemps 2018. On rapporte également une mention en 2020. Dans le secteur de Port-Cartier, la fraie du capelan se déroule habituellement sur les plages des secteurs de la rivière Brochu et de la rivière Pentecôte (OGSL, 2020). Dans le secteur, elle se produit généralement en mai et en juin, mais peut s'étendre jusqu'au mois d'août. De plus, la fraie, sur un site donné, ne s'effectue pas nécessairement tous les ans.

En ce qui a trait au lançon d'Amérique, ce dernier pourrait se reproduire sur les fonds sableux plus au large de la zone d'étude. Il s'agit d'un habitat de fraie potentiel.

En raison des faibles superficies couvertes par de la végétation aquatique, le secteur de la plage Rochelois offre peu de potentiel d'alevinage et d'alimentation pour les poissons. Les fonds sableux offrent également peu d'abris pour les poissons et peu de support pour les organismes benthiques qui constituent une source de nourriture pour les poissons.

Notons que la rivière aux Rochers est une rivière à saumon (*Salmo salar*). Cette espèce est donc susceptible de se retrouver au large de la zone d'étude. Dans la rivière aux Rochers, la montaison débute vers la mi-juin et culmine en juillet, pour ensuite s'atténuer fortement en août. D'autre part, l'omble de fontaine, l'éperlan arc-en-ciel et l'anguille d'Amérique sont les autres espèces diadromes qui fréquentent la rivière aux Rochers et qui sont susceptibles de se retrouver dans la zone d'étude lors de leurs migrations.

5.3.3 Mammifères marins

L'utilisation de la zone d'étude locale par les mammifères marins est marginale. Toutefois, il est possible que des phoques communs (*Phoca vitulina*) et gris (*Halichoerus grypus*) fréquentent les eaux au large de la plage ou utilisent les îlots rocheux plus au large pour se reposer.

Dans la région de Port-Cartier, le petit rorqual (*Balaenoptera acutorostrata*), de même que le marsouin commun (*Phocoena phocoena*), peuvent être observés en été de façon régulière. Le secteur de la plage Rochelois n'est toutefois pas propice aux cétacés en raison de sa faible profondeur d'eau.

Le rorqual commun (*Balaenoptera physalus*), le rorqual bleu (*Balaenoptera musculus*), le rorqual à bosse (*Megaptera novaeangliae*) et le dauphin à flancs blancs de l'Atlantique (*Lagenorhynchus acutus*) sont également présents dans les eaux du golfe du Saint-Laurent et peuvent être observés au large de Port-Cartier (Lesage *et al.*, 2007).

5.3.4 Faune terrestre

Mammifères

En milieu terrestre, la zone d'étude locale est probablement occupée par des espèces communes des milieux urbains. Relativement peu de mammifères, micromammifères ou chiroptères sont susceptibles de s'y trouver compte tenu de l'absence de zones boisées aux alentours.

Oiseaux

Le littoral et la batture peuvent régulièrement être fréquentés par les goélands, les oiseaux limicoles et la sauvagine. On observe régulièrement sur la zone intertidale des bécasseaux, des chevaliers, des goélands, des mouettes, des bernaches et des canards en déplacement ou en train de s'alimenter. Lors de la visite de terrain réalisée en septembre 2018, des goélands juvéniles et des canards (espèces non identifiées) ont d'ailleurs été observés sur la batture.

Selon l'Atlas des oiseaux nicheurs du Québec (2018), la zone d'étude locale est comprise à l'intérieur de la parcelle d'inventaire avien 19FR54. Il s'agit d'une parcelle carrée de 10 km où environ le tiers de la superficie est occupé par le golfe du Saint-Laurent. Un total de 47 espèces nicheuses y a été observé (tableau 4).

Les espèces les plus susceptibles de fréquenter la zone d'étude sont les Corvidés (p. ex. corneille d'Amérique [*Corvus brachyrhynchos*]), les Picidés (p. ex. pic mineur [*Picoides pubescens*]), les Passéridés (p. ex. moineaux), les Embérizidés (diverses espèces de bruants), les Paridés (p. ex. mésange à tête noire [*Poecile atricapillus*]), les Sittidés (p. ex. sittelle à poitrine rousse [*Sitta canadensis*]), les Turdidés (p. ex. merles et grives), les Parulidés (p. ex. paruline flamboyante [*Sotephaga ruticilla*]).

Le milieu marin, caractérisé par le littoral, l'estran et la baie de l'Abri, est propice aux familles d'oiseaux aquatiques comme les Anatidés (p. ex. canards et oies), les Laridés (p. ex. mouettes, goélands et sternes) et les Phalacrocoracidés (p. ex. cormoran à aigrettes [*Phalacrocorax auritus*]).

Tableau 4 Liste des espèces d'oiseaux recensées dans la parcelle 19FR54

Région	Parcelle	Nom français	Nom latin	Indice de nidification*
29	19FR54	Canard noir	<i>Anas rubripes</i>	CONF
29	19FR54	Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>	POSS
29	19FR54	Sarcelle d'hiver	<i>Anas crecca</i>	PROB
29	19FR54	Eider à duvet	<i>Somateria mollissima</i>	CONF
29	19FR54	Plongeon huard	<i>Gavia immer</i>	POSS
29	19FR54	Cormoran à aigrettes	<i>Phalacrocorax auritus</i>	CONF
29	19FR54	Grand Héron	<i>Ardea herodias</i>	CONF
29	19FR54	Balbuzard pêcheur	<i>Pandion haliaetus</i>	CONF
29	19FR54	Faucon émerillon	<i>Falco columbarius</i>	PROB
29	19FR54	Goéland à bec cerclé	<i>Larus delawarensis</i>	CONF
29	19FR54	Goéland argenté	<i>Larus argentatus</i>	CONF

Région	Parcelle	Nom français	Nom latin	Indice de nidification*
29	19FR54	Goéland marin	<i>Larus marinus</i>	CONF
29	19FR54	Sterne pierregarin	<i>Sterna hirundo</i>	POSS
29	19FR54	Pigeon biset	<i>Columba livia</i>	POSS
29	19FR54	Tourterelle triste	<i>Zenaida macroura</i>	POSS
29	19FR54	Engoulevent d'Amérique	<i>Chordeiles minor</i>	POSS
29	19FR54	Colibri à gorge rubis	<i>Archilochus colubris</i>	POSS
29	19FR54	Grand Pic	<i>Dryocopus pileatus</i>	PROB
29	19FR54	Moucherolle des aulnes	<i>Empidonax alnorum</i>	POSS
29	19FR54	Viréo aux yeux rouges	<i>Vireo olivaceus</i>	POSS
29	19FR54	Geai bleu	<i>Cyanocitta cristata</i>	POSS
29	19FR54	Corneille d'Amérique	<i>Corvus brachyrhynchos</i>	CONF
29	19FR54	Hirondelle bicolore	<i>Tachycineta bicolor</i>	CONF
29	19FR54	Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>	CONF
29	19FR54	Mésange à tête noire	<i>Poecile atricapillus</i>	POSS
29	19FR54	Mésange à tête brune	<i>Poecile hudsonica</i>	POSS
29	19FR54	Roitelet à couronne rubis	<i>Regulus calendula</i>	POSS
29	19FR54	Grive à dos olive	<i>Catharus ustulatus</i>	POSS
29	19FR54	Merle d'Amérique	<i>Turdus migratorius</i>	CONF
29	19FR54	Étourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>	CONF
29	19FR54	Paruline obscure	<i>Vermivora peregrina</i>	POSS
29	19FR54	Paruline jaune	<i>Dendroica petechia</i>	POSS
29	19FR54	Paruline à croupion jaune	<i>Dendroica coronata</i>	POSS
29	19FR54	Paruline flamboyante	<i>Setophaga ruticilla</i>	POSS
29	19FR54	Paruline des ruisseaux	<i>Seiurus noveboracensis</i>	POSS
29	19FR54	Paruline masquée	<i>Geothlypis trichas</i>	POSS
29	19FR54	Bruant familial	<i>Spizella passerina</i>	PROB
29	19FR54	Bruant des prés	<i>Passerculus sandwichensis</i>	POSS
29	19FR54	Bruant chanteur	<i>Melospiza melodia</i>	POSS
29	19FR54	Bruant de Lincoln	<i>Melospiza lincolnii</i>	POSS
29	19FR54	Bruant à gorge blanche	<i>Zonotrichia albicollis</i>	PROB
29	19FR54	Quiscale bronzé	<i>Quiscalus quiscula</i>	POSS
29	19FR54	Roselin pourpré	<i>Carpodacus purpureus</i>	POSS
29	19FR54	Tarin des pins	<i>Carduelis pinus</i>	POSS
29	19FR54	Chardonneret jaune	<i>Carduelis tristis</i>	POSS
29	19FR54	Gros-bec errant	<i>Coccothraustes vespertinus</i>	POSS
29	19FR54	Moineau domestique	<i>Passer domesticus</i>	CONF

* CONF : confirmée; PROB : probable; POSS : possible

5.3.5 Espèces à statut particulier

Lors de la visite de site le 10 septembre 2018, une attention particulière a été portée à la détection d'espèces floristiques ou fauniques menacées, vulnérables ou susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables (EMVS). Aucune espèce à statut n'a été identifiée sur le site.

Selon le Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ), aucune mention de plantes menacées, vulnérables ou susceptibles d'être ainsi désignées n'est enregistrée dans la zone d'étude (étude écologique à l'annexe C).

Au niveau faunique, le CDPNQ souligne également l'absence de mention d'EMVS (annexe E). On note toutefois l'observation de l'engoulevent d'Amérique (*Chordeiles minor*) dans la parcelle 19FR54. Il s'agit d'une espèce susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable au Québec, désignée espèce préoccupante par le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) et menacées selon la Loi sur les espèces en péril du Canada. Bien que non répertoriées dans cette parcelle, d'autres espèces d'oiseaux à statut pourraient fréquenter le secteur de Port-Cartier. Elles sont présentées au tableau 5.

En ce qui a trait au poisson, quelques espèces à statut pourraient se retrouver occasionnellement au large de Port-Cartier, à savoir, l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*), le bar rayé (*Morone saxatilis*), l'esturgeon noir (*Acipenser oxyrinchus*), la grosse poule de mer (*Cyclopterus lumpus*) et le saumon atlantique (*Salmo salar*) (tableau 5).

Tableau 5 Espèces fauniques à statut particulier pouvant potentiellement se retrouver dans ou à proximité de la zone d'étude

ESPÈCE	STATUT			HABITAT PRÉFÉRENTIEL	POTENTIEL DE PRÉSENCE DANS LA ZONE D'ÉTUDE
	LEMV ¹	COSEPAC ²	LEP ³		
Anguille d'Amérique (<i>Anguilla rostrata</i>)	SDMV ^a	Menacée	---	Ensemble des eaux douces, estuariennes et marines donnant accès à l'océan Atlantique	Présence possible. L'anguille d'Amérique peut fréquenter les eaux côtières de la plage Rochelois pour s'alimenter. Peut également fréquenter l'estuaire de la rivière aux Rochers et remonter dans cette dernière.
Bar rayé (<i>Morone saxatilis</i>) (Population du sud du golfe du Saint-Laurent)	-	Préoccupante	---	Tous les estuaires et eaux côtières de son aire de répartition. Une seule zone de frai confirmée est connue et se situe au Nouveau-Brunswick.	Présence possible. La population de bars rayés du sud du golfe fréquente les eaux côtières et les estuaires de la Côte-Nord pour s'y alimenter en été.
Esturgeon noir (<i>Acipenser oxyrinchus</i>)	SDMV	Menacée	---	Migrateur anadrome passant la majorité de sa vie en mer, incluant le golfe du Saint-Laurent. Frayères toujours inconnues.	Présence peu probable. Peut s'alimenter dans les eaux côtières de Port-Cartier. Se reproduit en eau douce.
Grosse poule de mer (<i>Cyclopterus lumpus</i>)	-	Menacée	---	Poisson marin pouvant fréquenter divers habitats incluant les eaux peu profondes, en particulier les juvéniles.	Le stade juvénile fréquente les eaux peu profondes. Pourrait se retrouver au large de la plage Rochelois.
Saumon atlantique (<i>Salmo salar</i>) (Population de l'ouest de la Côte-Nord du Québec)	-	Préoccupante	---	Poisson anadrome maturant en pleine mer et remontant sa rivière d'eau douce natale pour la reproduction	La rivière aux Rochers est une rivière à saumon. L'estuaire de la rivière est surtout fréquenté pendant la montaison des adultes et la dévalaison des juvéniles.
Engoulevent d'Amérique (<i>Chordeiles minor</i>)	SDMV ⁴	Préoccupante	Menacée	Insectivore aérien nichant presque partout en Amérique du Nord sur les sols dépourvus de végétation (p. ex. dunes, plages, terrains rocheux dénudés, prairies, zones déboisées, etc.).	Niche dans les secteurs dénudés : surtout les plages et îles rocheuses. La plage Rochelois est probablement trop fréquentée et surtout trop exposée aux marées pour permettre la nidification de cet oiseau.
Hirondelle de rivage (<i>Riparia riparia</i>)	-	Menacée	Menacée	Insectivore aérien nichant dans les talus côtiers verticaux en cours d'érosion	Niche dans les talus de sols meubles. Aucun signe de présence de cette espèce n'a toutefois été observé dans la zone d'étude.
Hirondelle rustique (<i>Hirundo rustica</i>)	-	Menacée	Menacée	Insectivore aérien nichant désormais principalement sur les structures anthropiques	Utilise habituellement les vieux bâtiments ou autres structures pour nicher.
Aigle royal (<i>Aquila chrysaetos</i>)	Vulnérable	-	-	Fréquente habituellement les régions montagneuses entrecoupées de vallées et de canyons aux versants rocheux escarpés. S'alimente en milieu ouvert, incluant les prairies et les côtes.	Présence possible. Pourrait fréquenter la zone d'étude (au large) en quête de nourriture.
Garrot d'Islande (Population de l'est) (<i>Bucephala islandica</i>)	Vulnérable	Préoccupante	Préoccupante	Nidification près de petits lacs de tête alcalins et sans poissons. Hivernage dans les eaux côtières où il se nourrit de crustacés et de mollusques.	Présence possible. En période hivernale, il peut être observé en groupe au large de Port-Cartier.

ESPÈCE	STATUT			HABITAT PRÉFÉRENTIEL	POTENTIEL DE PRÉSENCE DANS LA ZONE D'ÉTUDE
	LEMV ¹	COSEPAC ²	LEP ³		
Gros-bec errant (<i>Coccothraustes vespertinus</i>)	-	Préoccupante	Préoccupante	Fréquente les forêts mixtes et de conifères anciennes et matures	Présence peu probable puisque son habitat préférentiel n'y est pas présent.
Moucherolle à côtés olive (<i>Contopus cooperi</i>)	SDMV	Préoccupante	Menacée	Insectivore aérien associé aux lisières de zones dégagées contenant de grands arbres vivants ou chicots d'où il s'élance.	Présence peu probable puisque son habitat préférentiel n'y est pas présent.
Pioui de l'Est (<i>Contopus virens</i>)	-	Préoccupante	Préoccupante	Principalement un insectivore aérien fréquentant une grande variété d'habitats surtout forestiers	Peu probable.
Pygargue à tête blanche (<i>Haliaeetus leucocephalus</i>)	Vulnérable	-	-	Nidifie un peu partout au sud du 55 ^e parallèle, surtout autour de grands plans d'eau. Peut s'alimenter de poissons et d'oiseaux marins au niveau des eaux côtières.	Présence possible. Pourrait fréquenter la zone d'étude (au large) en quête de nourriture.
Quiscale rouilleux (<i>Euphagus carolinus</i>)	SDMV	Préoccupante	Préoccupante	Niche en forêt boréale préférentiellement près de rives de petits cours d'eau ou près de milieux humides ainsi qu'en bordure de pâturages.	Présence possible.

¹ Loi sur les espèces menacées et vulnérables du Québec

² Comité sur la situation des espèces en péril au Canada

³ Loi sur les espèces en péril du Canada

⁴ Susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable

5.4 Milieu humain

5.4.1 Cadre administratif

Située à la frontière du 50^e parallèle, Port-Cartier se trouve dans la région administrative de la Côte-Nord. Prénommée tour à tour Portage-des-Mousses par les Amérindiens, Rivière-aux-Rochers par Samuel de Champlain et Shelter Bay par le colonel Robert R. McCormick, c'est en 1959 qu'est apparu le nom actuel de ville de Port-Cartier. La ville doit son nom actuel à la compagnie Québec Cartier Mining (1957), aujourd'hui ArcelorMittal, venue s'installer dans la région afin d'exploiter le potentiel ferrugineux des sols du nord du Québec et bénéficier d'un positionnement idéal pour le commerce international par voie maritime (MRC de Sept-Rivières, 2002).

Au niveau des divisions administratives, la ville de Port-Cartier est située sur la rive nord du golfe du Saint-Laurent sur le territoire de la MRC de Sept-Rivières. Plus spécifiquement, le projet de stabilisation du secteur de la plage Rochelois est compris dans le quartier McCormick, donc dans la portion ouest de la municipalité, sur le littoral de la Grande Baie.

5.4.1.1 Organisation territoriale

Le site du projet se trouve dans la région administrative de la Côte-Nord, dans la MRC de Sept-Rivières et dans la ville de Port-Cartier. L'organisation spatiale de la MRC de Sept-Rivières s'articule à partir des pôles de Sept-Îles et de Port-Cartier. On trouve, d'autre part, à environ 40 km à l'est, l'agglomération urbaine de Sept-Îles où s'enclavent deux réserves amérindiennes regroupées sous un seul Conseil de bande formant une communauté, la Première Nation Innu Takuaikan Uashat mak Mani Utenam (ITUM).

Les lots affectés par le présent projet sont principalement la propriété de la Ville de Port-Cartier (lots 4 693 706, 4 694 101, 4 694 102 et 4 694 570). Seul le lot 4 693 246 appartient à un résident de Port-Cartier. Ils sont situés dans la zone touristique 32H. Environ six résidences privées sont situées sur des lots adjacents au site d'intervention à l'extrémité est de la plage.

5.4.1.2 Contraintes réglementaires relatives aux schémas d'aménagement et de développement

Le schéma d'aménagement de la MRC de Sept-Rivières est entré en vigueur le 23 juin 1988. La révision du schéma d'aménagement et de développement s'inscrit dans une démarche prévue par la Loi sur l'aménagement et l'urbanisme. Le premier projet de schéma d'aménagement et de développement révisé a été adopté en février 2002. Selon ce document, l'affectation du sol de la zone d'étude correspond à une aire résidentielle urbaine (figure 2; MRC de Sept-Rivières, 2002).

5.4.1.3 Qualité de vie

La ville de Port-Cartier se caractérise par une belle qualité de vie, le paysage qui entoure la ville offre un environnement agréable à sa population ainsi qu'aux touristes, de plus, certains secteurs tels que la rue Parent et le site historique du secteur de Rivière-Pentecôte offrent une valeur esthétique et patrimoniale. Les nombreux parcs ou encore espaces publics permettant l'accessibilité au fleuve sont très appréciés par la population.

Bien que la municipalité soit en général agréable, plusieurs infrastructures dont les activités génèrent des nuisances ont des effets négatifs sur le milieu de vie. L'activité industrielle, les lignes à haute tension de transport d'électricité, la route 138 et les sites d'extraction comme exemples de contraintes anthropiques. Certains bâtiments sont mal entretenus, s'intègrent difficilement à leur environnement ou ont une fonction ou un volume contrastant avec le cadre bâti propre à la ville.

5.4.2 Utilisation du sol

La zone d'étude locale est principalement occupée par des résidences. Toutefois, quelques établissements que ce soit scolaire ou autres sont présents dans le secteur (carte 3). Deux écoles se trouvent dans la zone. Notamment l'école Riverview (photo 9), école anglophone pour le préscolaire, primaire et secondaire, est située au coin de la rue Audubon et du boulevard du Portage-des-Mousses. Il y a aussi, non loin, l'école Saint-Alexandre qui enseigne au préscolaire et au primaire et détient un service de garde, située sur la rue Audubon, à proximité de la 6^e Rue. Il s'agit d'un établissement Vert Bruntland prônant les valeurs écologiques, démocratiques, pacifiques et de solidarité dans ses actions. Localisé sur la rue Audubon, près de l'école Saint-Alexandre, on note la présence du centre de la petite enfance (CPE) Touchatouille inc. On note également la présence du centre récréatif Cartier sur le boulevard du Portage-des-Mousses (photo 10). La Villa Port-Cartier, une maison de retraite médicalisée, se trouve à environ 200 m du centre récréatif Cartier, sur le boulevard du Portage-des-Mousses. Cette villa est située à près de 800 m du site à l'étude (plage Rochelois). Un seul parc se trouve dans la zone d'étude, soit le parc des Cascades, à quelques mètres du site, sur la rue Cascades.



Photo 9 École Riverview (Google Street View - prise : mai 2013, extraite le 2020-05-05)

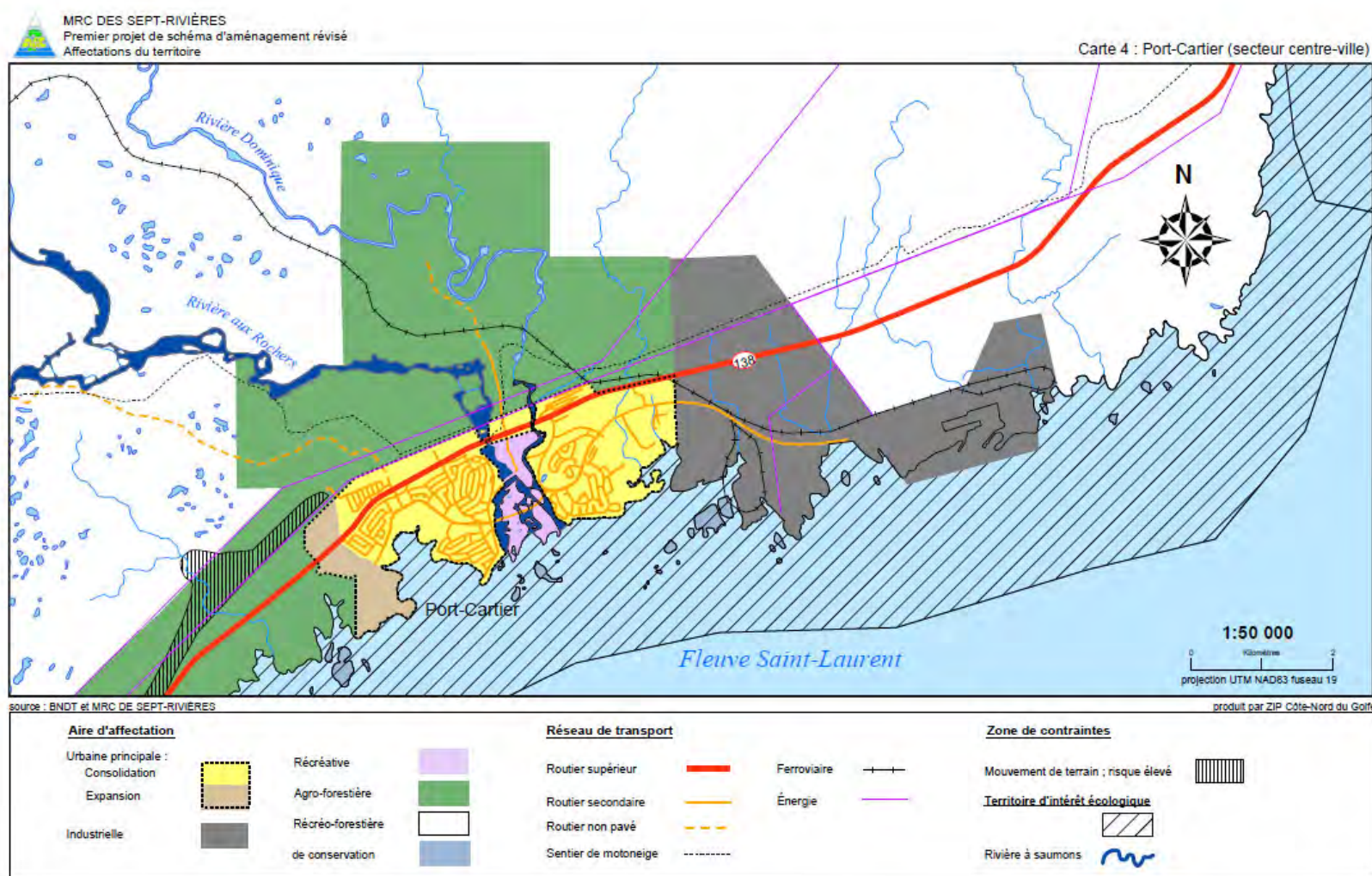




Photo 10 Centre récréatif Cartier sur le boulevard du Portage-des-Mousses (Google Street View – prise : juin 2013, extraite le 2020-05-05)

5.4.3 Profil socioéconomique

Portrait démographique

La population totale de la MRC de Sept-Rivières était de 39 322 personnes en 2016 et 6 799 personnes vivaient à Port-Cartier (Statistique Canada, 2019). Il convient d'ailleurs de souligner que cela représente, pour Port-Cartier, une croissance de 2,2 % alors que de façon générale, la population de la MRC est en décroissance (-0,5 %). Ce phénomène de diminution de la population est également perceptible à l'échelle de la région de la Côte-Nord.

Selon Statistique Canada (2019), la densité de la population port-cartoise est de 6,2 habitants/km². Par ailleurs, la ville de Port-Cartier est caractérisée par une population dont l'âge médian est de 43,7 ans ce qui est très similaire à l'âge médian de la population de la province de Québec, soit 42,5 ans. Environ 16,3 % de la population est âgée de moins de 15 ans, 66,9 % est âgée entre 15 et 65 ans tandis que 16,9 % est âgée de 65 ans et plus.

Conditions socioéconomiques

Le revenu médian disponible par habitant à Port-Cartier, pour 2015, est similaire à celui de l'ensemble de la MRC (38 427 \$ comparativement à 38 255 \$), mais supérieur à celui de l'ensemble du Québec (32 975 \$).

En 2015, la proportion de travailleurs âgés de 15 à 64 ans représentait 3 195 personnes pour un taux de chômage de 11,1 %. Ce taux est légèrement supérieur à celui de la MRC de Sept-Rivières qui atteint 10,6 % (Statistique Canada, 2019). Pour comparaison, le taux de chômage de la Côte-Nord atteint 4,1 % (ISQ, 2019).

5.4.4 Description générale du périmètre d'urbanisation

La ville de Port-Cartier représente le second pôle urbain d'importance de la MRC des Sept-Rivières après la ville de Sept-Îles. Port-Cartier ne comprend qu'un seul périmètre d'urbanisation principal. La population est surtout concentrée près de l'embouchure des rivières aux Rochers et Dominique, où l'on retrouve une majorité de résidences unifamiliales. La partie urbaine comprend également trois secteurs bien circonscrits de maisons mobiles.

On y retrouve l'ensemble des fonctions commerciales, institutionnelles, communautaires et certaines industries légères. L'industrie lourde, pour sa part, est située vers l'est, en retrait de la partie urbanisée, hors du périmètre d'urbanisation actuel.

Des services d'aqueduc et d'égout alimentent l'ensemble de l'agglomération principale. Toutefois, ils ne desservent pas le secteur de villégiature de la rivière Vachon vers l'ouest, ainsi que les nombreuses résidences principales qui y sont installées, entre le fleuve et la route 138 (MRC des Sept-Rivières, 2002).

5.4.5 Infrastructures de transport et de services publics

Le réseau routier de la ville de Port-Cartier est très peu développé. La route provinciale 138 relie Port-Cartier aux grands centres urbains du Québec vers l'ouest ainsi qu'à tout le réseau routier de la Côte-Nord. Elle longe en majeure partie le littoral du fleuve Saint-Laurent. Il existe une prépondérance du trafic en direction est expliquée par les échanges entre Port-Cartier et Sept-Îles. Un réseau artériel à l'intérieur des milieux urbains de la ville de Port-Cartier se greffe à la route 138. On y retrouve les principaux commerces et services sur le boulevard des Îles ainsi que le boulevard du Portage-des-Mousses.

Le chemin de fer privé de la compagnie ArcelorMittal permet d'assurer le transport du concentré de minerai de fer de ses mines vers Port-Cartier. Le chemin de fer relie le gisement de fer de Fermont dans le nord-est du Québec à l'usine de transformation à Port-Cartier.

L'aéroport public le plus près est celui de Sept-Îles, il est situé à près de 70 km.

Il existe actuellement deux infrastructures portuaires en activité sur le territoire de Port-Cartier : l'une est privée et appartient à ArcelorMittal tandis que l'autre est publique et appartient à la Ville de Port-Cartier. Le réseau de transport d'électricité à Port-Cartier comprend entre autres, une ligne de moyenne tension de 161 kV qui alimente deux postes permettant d'acheminer l'électricité respectivement à la ville de Port-Cartier et aux usines d'ArcelorMittal et d'Arbec.

5.4.6 Pêche commerciale

Le secteur au large de Port-Cartier comporte plusieurs zones de pêche commerciales, soit :

- ▶ Zone 4 pour le buccin;
- ▶ Zone 16 pour le crabe des neiges;
- ▶ Zone 18C pour le homard;
- ▶ Zone 2 pour la mye commune;
- ▶ Zone 4S1 pour les poissons de fond.

Les débarquements de 2015 des principales espèces commerciales pour l'ensemble de la région maritime de la Haute-Côte-Nord (à distinguer d'autres divisions administratives portant le même nom, comme la MRC), s'étalant de Tadoussac à Gallix, totalisaient 1 689 tonnes pour une valeur de 7,6 millions de dollars (MPO, 2018). Les principales espèces débarquées étaient le crabe des neiges (854 tonnes), le flétan du Groenland (145 tonnes), le buccin (87 tonnes), la mye commune (72 tonnes), ainsi que les autres mollusques et crustacés (91 tonnes). Quant aux autres espèces, ils représentaient un peu plus de 400 tonnes de débarquement.

La majorité de ces espèces sont capturées plus au large et il n'y a pas de banc coquillier connu pour la cueillette de mollusques sur l'estran en face de la plage Rochelois.

5.4.7 Loisirs et tourisme

La ville de Port-Cartier possède des attraits touristiques plutôt diversifiés reliés principalement à l'écotourisme, au patrimoine, à la chasse et à la pêche.

Les attraits de Port-Cartier dans le secteur de la plage Rochelois comprennent la baignade, le kayak de mer, le kitesurf, la randonnée et l'observation des oiseaux. Le parc Rochelois est bordé par la piste cyclable municipale et une aire de jeux pour enfants.

En ce qui concerne le vélo, à Port-Cartier, le réseau cyclable comporte environ une douzaine de kilomètres (7 km en emprises propres et 5 km sur le réseau des rues municipales). Au niveau pédestre, environ 3 km de sentiers sont aménagés; incluant un qui se dirige vers le piège à saumon situé au pied de la chute infranchissable de la rivière aux Rochers à environ 1 km de son embouchure et un autre sur les îles Patterson et McCormick.

Le plan d'urbanisme de la ville évoque le centre d'interprétation de l'histoire de Port-Cartier, le Café-Théâtre Graffiti, le parc du Barrage, le parc de la Rivière-aux-Rochers, les diverses rivières à saumons, la Route des Baleines et la Réserve faunique Port-Cartier Sept-Îles comme exemples de sites ou d'activités offerts aux visiteurs.

Un grand nombre de villégiateurs et de pêcheurs viennent à Port-Cartier pour profiter des grands espaces éloignés et des activités qui y sont prévues. Dans la MRC de Sept-Rivières, Port-Cartier occupe une place stratégique puisque tous les visiteurs de passage vers des localités ou des territoires situés plus au nord doivent traverser Port-Cartier par la route 138.

La ville de Port-Cartier est divisée par un delta formé par deux rivières (rivière aux Rochers et rivière Dominique) qui comportent des chutes et où se trouve la prise d'eau potable de la ville. La série des trois îles est classée comme une aire récréotouristique dans le schéma d'aménagement de la MRC (MRC des Sept-Rivières, 2002). Il y a notamment le parc de la Rivière-aux-Rochers, le parc de la Taïga et le parc des Cascades.

Le parc de la Taïga est situé sur l'île de Patterson Nord et comprend des sentiers pédestres sur 2 km. Il est possible d'effectuer de l'observation d'oiseaux et de petits animaux. On y trouve également la chute de la rivière aux Rochers, des aires de pique-nique aménagées et 12 fosses pour la pêche au saumon.

Parmi les autres activités possibles à Port-Cartier, il y a la motomarine, le motocross et le quad.

5.4.8 Aires protégées

Selon la carte interactive des aires protégées (MELCC, 2019), le littoral de la plage Rochelois est entièrement inclus dans les limites de l'aire de concentration des oiseaux aquatiques (ACOA) de la Batture Port-Cartier Ouest (ACOA n° 5531). Cette ACOA a une superficie d'environ 403 ha. Selon l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN; en référence à la Loi sur la conservation du patrimoine naturel), l'ACOA de la Batture Port-Cartier Ouest est de catégorie IV, ce qui signifie qu'il s'agit d'une aire dont la gestion fait l'objet d'une intervention active, de façon à garantir le maintien des habitats ou à répondre aux besoins d'espèces particulières (MELCC, 2019). Plus à l'est, on note la présence de l'ACOA de la Batture Port-Cartier n° 5552 qui couvre une superficie de 378 ha.

5.4.9 Utilisation du milieu par les autochtones

On ne trouve aucune communauté autochtone établie dans la zone d'étude et elle ne fait pas partie des deux Nitassinan (c.-à-d. territoires ancestraux revendiqués par la nation innue) existants sur la Côte-Nord.

Toutefois, la communauté innue Takuaikan Uashat mak Mani-Utenam (ITUM) est installée plus à l'est, en plein cœur de la ville de Sept-Îles. Elle comprend la réserve de Uashat, située à la limite ouest de Sept-Îles et qui fait 210 ha. La réserve de Maliotenam est située à 16 km à l'est de Sept-Îles et fait 527 ha. En 2016, la population ITUM comprenait 3 125 personnes (Affaires autochtones et du Nord Canada, 2020).

5.4.10 Paysage

La ville connaît plusieurs attraits comme les vastes étendues de nature dans l'arrière-pays, la présence du fleuve Saint-Laurent ainsi que d'une multitude de lacs et rivières et la qualité du paysage.

Le paysage étant un regard porté sur un territoire par une communauté avec son filtre culturel, il apparaît important d'identifier les panoramas et les points de vue représentatifs pour la communauté en fonction de leurs valeurs esthétiques, environnementales et culturelles (Groupe Rousseau Lefebvre, 2014). La caractérisation des paysages et l'identification des unités de paysage constituent une première étape. Une unité de paysage est définie par ses composantes naturelles, anthropiques et les fonctions communes, créant un tout généralement cohérent par rapport à une autre unité.

De façon générale, le paysage du territoire de Port-Cartier présente deux facettes : l'une étant la zone côtière, composée des paysages de littoral et d'une forêt morcelée; l'autre étant dominée par un couvert forestier. Selon l'étude de Groupe Rousseau Lefebvre (2014), dans le secteur de la plage Rochelois, on peut distinguer les unités de paysage suivantes :

- ▶ L'unité « rivière aux Rochers et delta »;
- ▶ L'unité « littorale » générale de la ville de Port-Cartier;
- ▶ L'unité « résidentielle »;
- ▶ L'unité « de paysage plage Rochelois ».

Note importante : Les photos suivantes, sauf pour les photos 17 et 22, ne sont pas à jour, elles datent de 2013 et ont été extraites de Google Street View en 2020. L'objectif de ces prises de vue est principalement pour montrer les différents paysages qui composent la zone visée par les unités. Plusieurs éléments ne sont plus similaires aux images, notamment le trottoir en bois près de la plage Rochelois, quelques lampadaires en moins, mais l'essentiel des caractéristiques des paysages restent les mêmes.

Unité « rivière aux Rochers et delta »

Zones protégées pour ses caractéristiques écologiques et patrimoniales, les îles qui sont près de l'embouchure de la rivière aux Rochers correspondent à des sites de détente et d'évasion, grâce à la présence de plusieurs points d'arrêt accessibles depuis divers sentiers. Ces sites offrent des vues sur la rivière, son embouchure et sur le golfe du Saint-Laurent. Cette unité est également bordée par un couvert forestier omniprésent, ce qui a pour effet de fermer la plupart des vues intérieures. Le paysage de cette unité contraste avec le paysage industriel et résidentiel situé à proximité. L'ensemble de ce delta et de la rivière remontante est considéré

comme un territoire d'intérêt écologique et une aire récréotouristique (Groupe Rousseau Lefebvre, 2014).

Unité « littorale » générale de la ville de Port-Cartier

Le golfe du Saint-Laurent et ses abords définissent une unité paysagère en soi. Cette unité est composée de plages de sable et de caps rocheux (photo 11) et il y a plus de 3 km de dégagement vers le fleuve à divers endroits de Port-Cartier. L'ouverture visuelle vers le fleuve contraste avec la nature du paysage, par exemple, de la zone industrielle lourde du côté est de la ville. La présence de l'épave, d'anciennes structures industrielles, de la circulation maritime industrielle actuelle et la succession des marées viennent varier l'expérience du milieu naturel des utilisateurs et plaisanciers. On retrouve également beaucoup de petites îles parsemées observables à divers endroits de la ville.



Photo 11 Point de vue à partir de la rue de la Baie vers le fleuve (Google Street View prise en 2013, extraite le 2020-05-05)

Unité « résidentielle »

L'unité résidentielle correspond ici à un des noyaux urbanisés de la ville de Port-Cartier (photos 12 à 14). Le caractère architectural de cette unité ne démontre pas une qualité exceptionnelle. La plupart des résidences sont confinées dans des secteurs résidentiels où la grande majorité des maisons sont des bungalows typiques avec cour arrière, entrée de stationnement pour 1 à 3 voitures, certains avec garage et d'autres non. Les ouvertures visuelles sur le fleuve sont laissées généralement aux résidences privées longeant le littoral, à l'exception de quelques accès publics (photo 11), comme les parcs municipaux.



Photo 12 Rue résidentielle typique de Port-Cartier, point de vue de la rue des Sorbiers (Google Street View - prise en 2013, extraite le 2020-05-05)



Photo 13 Rue résidentielle typique de Port-Cartier, point de vue de la rue Vallée (Google Street View - prise en 2013, extraite le 2020-05-05)



Photo 14 Rue résidentielle de Port-Cartier, point de vue de la rue McCormick (Google Street View - prise en 2013, extraite le 2020-05-05)

Unité de « paysage plage Rochelois »

L'unité de paysage plage Rochelois correspond au paysage vu par les utilisateurs (automobilistes, cyclistes, piétons, etc.) de la rue des Rochelois autant à partir de l'ouest qu'à partir de l'est ou encore par les résidents situés vis-à-vis la plage Rochelois. Il s'agit également de la vue des utilisateurs du parc Rochelois. La caractéristique de ce paysage c'est qu'il est ouvert vers le fleuve, ainsi de longues percées visuelles sont possibles pour notamment voir les bateaux naviguer sur le fleuve, voir l'épave du Lady Era à plus d'un kilomètre de la plage, les différentes îles au large, les vagues, des ciels dégagés, etc. Les arbres qu'on y trouve se retrouvent surtout aux extrémités de la plage ce qui fait qu'il y a plus de 480 m de dégagement entre l'ouest et l'est (jusqu'au parc Rochelois). Il y a 13 résidences sur la rue des Rochelois qui ont cette vue imprenable sur le fleuve, tandis que huit maisons sur la 5^e Rue via leur cour arrière ont aussi accès à ce paysage et à cette plage qui se prolonge derrière chez eux. Les photos 15 à 22 montrent ce paysage dégagé.



Photo 15 Vue des utilisateurs de la rue des Rochelais vers la plage Rochelais vers le sud en provenance de l'est (Google Street View - prise en 2013, extraite le 2020-05-01)

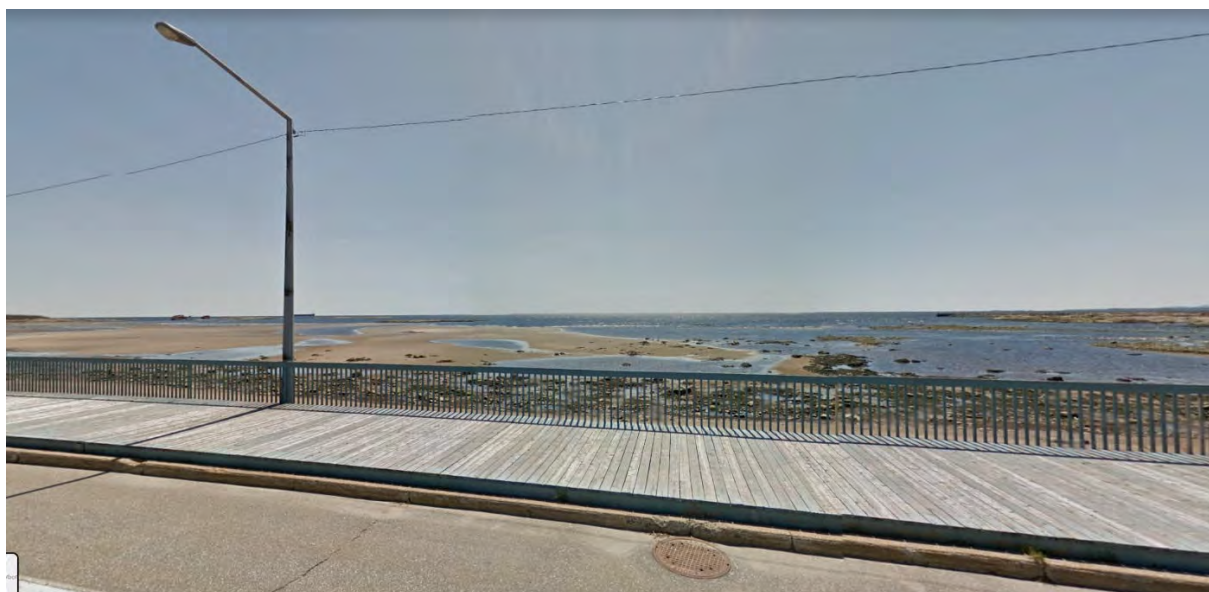


Photo 16 Vue des résidences à partir de la rue des Rochelais vers la plage Rochelais au sud (Google Street View - prise en 2013, extraite le 2020-05-01) – Le trottoir de bois a été démantelé après les tempêtes



Photo 17 Vue de la plage vers les résidences (photo prise en 2018)

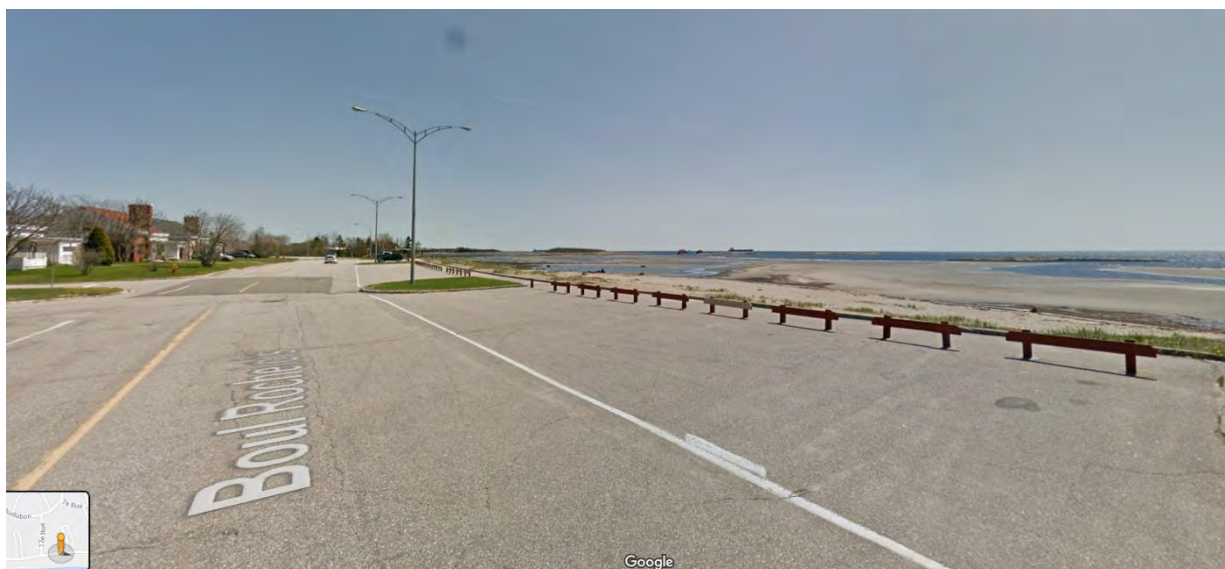


Photo 18 Vue des utilisateurs de la rue des Rochelois vers le stationnement et la plage Rochelois vers le sud-est (Google Street View - prise en 2013, extraite le 2020-05-01)



Photo 19 Vue des utilisateurs de la rue des Rochelois vers le parc Rochelois et le fleuve (on voit au loin l'épave) vers le sud-est (Google Street View prise en 2013, extraite le 2020-05-01)



Photo 20 Vue des utilisateurs de la rue des Rochelois vers le parc Rochelois (Google Street View prise en 2013, extraite le 2020-05-01)



Photo 21 Vue des utilisateurs de la rue des Rochelois vers la plage Rochelois et le fleuve vers le sud-ouest (Google Street View prise en 2013, extraite le 2020-05-01)



Photo 22 Vue à partir de la plage Rochelois, du côté est, en arrière des maisons de la 5^e Rue (photo prise en 2018)

5.4.11 Patrimoine et archéologie

Selon le répertoire du patrimoine culturel du Québec (MCC, 2019), aucun site patrimonial protégé et valorisé n'est enregistré dans le secteur de la plage Rochelois. En ce qui concerne le patrimoine immobilier, aucun n'est situé à proximité immédiate du site projeté des travaux. Cependant, la ville de Port-Cartier dispose d'un circuit patrimonial sur lequel figure l'épave du

minéralier Lady Era, visible depuis la plage Rochelois. Peu de données relatives à l'archéologie subaquatique et maritime existent, car il s'agit d'un champ d'expertise récent au Québec. Cette épave n'est actuellement pas enregistrée dans la base de données patrimoniales du Québec.

Il y a également un circuit patrimonial de Shelter Bay où il est possible de découvrir des lieux, des personnages et des événements qui présentent l'histoire du village forestier, maintenant Port-Cartier depuis 1959. Des panneaux d'interprétation longent le parcours jusqu'à l'île Patterson, ce parcours peut se faire à pied, à vélo ou en voiture.

L'église Saint-Patrice de Rivière-Pentecôte et sa chapelle dédiée à Sainte-Anne sont situées dans un site historique sur la colline. Cette église centenaire a été érigée en 1887 par les Eudistes et est considérée comme étant parmi les plus anciennes églises paroissiales de la région. Plusieurs célébrations spéciales y sont organisées (Tourisme Port-Cartier, s. d.).

5.4.12 Activités économiques

La ville de Port-Cartier est le deuxième pôle économique au niveau de la MRC après Sept-Îles (pôle principal). Son histoire est marquée par les industries liées à l'exploitation des ressources naturelles. Encore aujourd'hui, cette activité occupe une place prépondérante dans l'économie locale en générant bon nombre d'emplois dont les conditions de travail sont avantageuses.

Le domaine de la première et seconde transformation reçoit une proportion de travailleurs supérieure à celle observée à l'échelle provinciale. L'activité manufacturière de Port-Cartier se consacre particulièrement à la disponibilité de matières premières ainsi qu'au marché mondial. La compagnie ArcelorMittal offre un apport économique majeur pour Port-Cartier.

Le noyau urbain de Port-Cartier se consacre à l'activité commerciale et de services. On y retrouve, notamment, un centre commercial, des restaurants, un complexe sportif et culturel, un centre de santé et des services sociaux et un poste de la Sûreté du Québec. Certains commerces et services de proximité se situent dans le secteur de Rivière-Pentecôte (p. ex. bureau de poste, Caisse populaire, restaurant, dépanneur) (Enviram Groupe Conseil, s. d.).

5.4.13 Services municipaux en bordure de la plage Rochelois

Les résidences du secteur de la plage Rochelois sont reliées au service d'aqueduc et sanitaire de la municipalité. Le réseau pluvial est bien présent dans le quartier ainsi que des bornes-fontaines. Aucun conduit de gaz naturel ne passe dans le secteur. Une section de lampadaire est reliée par des fils suspendus.

6 Description du projet et des variantes

6.1 Variantes étudiées

Comme mentionné à la section 2.5, le *statu quo*, où l'absence d'intervention, n'est pas envisageable considérant l'ensemble des infrastructures et des résidents qui seraient touchés par les dommages causés par l'érosion et la submersion côtière du secteur de la plage Rochelois. Les variantes suivantes ont été envisagées :

- ▶ Le déplacement des infrastructures;
- ▶ L'enrochement de la pente du talus;
- ▶ La recharge de plage avec ou sans épi rocheux.

6.1.1 Déplacement des infrastructures

Cette variante se veut une stratégie d'adaptation aux problématiques d'érosion côtières qui consiste à reculer ou à relocaliser les infrastructures anthropiques menacées vers les terres. Dans certaines situations, le retrait des infrastructures peut être souhaitable, afin d'éviter les interventions de protection à répétition, notamment en raison de l'entretien que requièrent les infrastructures en empièchement ou encore les recharges de plage.

Dans le cas du secteur de la plage Rochelois, cette variante consiste à relocaliser complètement les résidences de la rue des Rochelois en face de la plage, puis à démanteler complètement les infrastructures de service reliées à l'eau potable, les eaux usées et le réseau hydro-électrique, de même que les infrastructures routières, la piste cyclable et l'aire de jeux. Outre leur démantèlement, cette intervention nécessiterait toute une réorganisation au niveau de la ville pour raccorder les résidences qui seront maintenues en place. De plus, elle nécessite de trouver un lieu pour installer les résidents qui seraient déménagés et, par conséquent, entraîne de réaménager tous les services municipaux. Le tableau 6 présente les avantages et inconvénients du déplacement des infrastructures.

Tableau 6 Avantages et inconvénients du déplacement des infrastructures

Déplacement des infrastructures	
Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diminution de l'empiètement dans le littoral ▪ Diminution de l'empiètement dans l'habitat du poisson 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Perte de milieu terrestre (promenade et plage) ▪ Réorganisation du réseau sanitaire ▪ Réorganisation du réseau d'approvisionnement en eau potable ▪ Réorganisation des lignes hydro-électriques et autres services ▪ Réorganisation des rues pour la circulation locale ▪ Aménagement d'un nouveau quartier pour relocaliser les résidents, incluant tous les services municipaux

6.1.2 Recharge de plage

La recharge de plage consiste à mettre en place un matériel granulaire sur la plage existante, afin d'absorber l'énergie des vagues et ainsi protéger la berge. Le diamètre des matériaux

granulaires sont alors choisis en fonction de la disponibilité du matériel à proximité, ce qui détermine la pente du profil d'équilibre en fonction de cette granulométrie. En principe, la haute plage, qui se stabilisera après quelques tempêtes, se végétalisera naturellement, à la condition que cette partie soit à l'abri du piétinement ou de la circulation de véhicules tout-terrain (VTT). Cette option présente l'avantage de diminuer l'érosion de la berge tout en assurant le rôle de la plage comme écotone et en conservant un panorama esthétique.

Au niveau de la plage Rochelois, la recharge de plage permettrait de maintenir les usages récréatifs, en plus de protéger les infrastructures municipales et les résidents. Ce type d'intervention a été conçu pour résister pour une période de 30 ans, donc il ne nécessitera pas de recharge d'entretien. Pour préserver l'aspect esthétique de la plage, du sable peut être ajouté en surface, aux endroits qui ne sont pas submergés à marée haute. Le tableau 7 présente les avantages et inconvénients de la recharge de plage avec ou sans épis.

Tableau 7 Avantages et inconvénients de la recharge de plage avec ou sans épis

AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Atténue l'énergie des vagues avant qu'elles n'atteignent la berge ▪ Diminution des vitesses de courants ▪ Diminution de l'érosion des berges ▪ Préserve la plage comme écotone ▪ Préserve les usages récréotouristiques de la plage ▪ Durée de vie longue (30 ans), sans recharge d'entretien ▪ Peut être jumelée à l'ajout d'épis en enrochement pour aider à maintenir le matériau de recharge en place, et ainsi augmenter sa stabilité à long terme 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Changement de granulométrie de la plage, qui passera de sableux à graveleux, notamment sur sa pente où il n'y aura pas d'ajout d'une couche de sable ▪ Pertes de matériaux au gré des événements météorologiques, mais prévues dans la conception ▪ Nombreux voyages de camions pour transporter le matériel du banc d'emprunt au site des travaux qui peut causer des désagréments aux citoyens pendant la mise en œuvre de la recharge

6.1.3 Recharge de plage avec épis rocheux

Cette variante comprend une recharge de plage comme décrit précédemment mais un épi en enrochement est ajouté à l'une des extrémités de la plage ou aux deux extrémités selon les caractéristiques du site pour retenir les matériaux granulaires. Au niveau de la plage Rochelois, un seul épi serait nécessaire et il serait positionné à l'est afin de réduire la perte de sédiments par la dérive littorale. Cette variante a pour avantage de prolonger la durée de vie de la recharge, déjà prévue à 30 ans selon les résultats de la modélisation à long terme, donc moins coûteuse à long terme par rapport à une recharge sans ajout de structures de rétention des matériaux.

6.1.4 Enrochement

L'enrochement est une structure de protection classique qui est largement appliquée à l'échelle du Québec. Ce type d'ouvrage, dans un lieu à vocation récréotouristique est souvent mal perçu puisqu'il limite l'accès à la plage, modifie le paysage côtier et à long terme, modifie la qualité de la plage et, par conséquent, les usages.

Différentes études tendent à démontrer que l'effet protecteur des enrochements est temporaire et que les conséquences écologiques de ce type d'aménagement sont néfastes. En effet, les empierrements côtiers sont conçus pour protéger la berge de l'énergie des vagues. Toutefois, cette énergie est augmentée à la base de l'ouvrage, ce qui génère une

intensification de la vitesse des courants et de la capacité de transport des sédiments. Il y a donc plus de sédiments qui sont transportés vers le large par les courants de retour et vers les secteurs adjacents par la dérive littorale, que de sédiments qui s'accumulent devant l'enrochement. Avec le temps, il est démontré que la majorité des plages enrochées subissent un abaissement et un rétrécissement important allant, dans certains cas, jusqu'à leur disparition quasi-complète, à cause de cette perte graduelle de sédiments devant l'enrochement. Cette perte sédimentaire qui se produit au pied de l'enrochement provoque souvent un affouillement à sa base, sa déstabilisation et même son effondrement sur le littoral. Il est donc nécessaire de réaménager la berge pour la protéger de l'érosion et le littoral se retrouve encombré de blocs de pierre épars. Il est d'ailleurs démontré que les littoraux comportant ce type de vestiges d'empierrement présentent des qualités environnementales réduites qui se répercutent négativement sur la productivité de l'écosystème (Leclerc, 2010). Il s'agit toutefois d'une variante peu coûteuse, car elle ne nécessite pas un entretien fréquent. Le tableau 8 présente les avantages et inconvénients de l'enrochement des berges.

Tableau 8 Avantages et inconvénients de l'enrochement des berges

AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fournit rapidement et à long terme une protection aux infrastructures situées derrière l'ouvrage (ex. en cas d'urgence) ▪ Nécessite peu d'entretien à court et moyen terme ▪ Durée de vie de 10 à 30 ans selon le coefficient de sécurité utilisé pour la conception 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Imperméabilise la côte et réduit les apports en sédiments vers le système sédimentaire local et parfois régional ▪ Induit une érosion à l'extrémité aval des structures en raison de l'accélération des vitesses de courants et de la création de courant circulaire (effet de bout) ▪ Induit une érosion de la plage au droit de l'ouvrage causée par la réflexion des vagues sur leur surface

6.1.5 Analyse et choix de la variante

La recharge de plage avec des matériaux grossiers et la mise en place d'un épi a été retenue. Il s'agit de la variante qui confère une protection des berges sans toutefois causer des impacts majeurs à l'environnement et qui permet de maintenir les usages du milieu. Il s'agit également d'une variante moins coûteuse que le déplacement des infrastructures. Le projet permettra donc de continuer à préserver un élément récréotouristique qui rehausse actuellement le caractère patrimonial et touristique de la ville. Elle permet de maintenir les installations municipales existantes.

Selon le rapport technique final (Consultants Ropars, 2020), réalisé pour le compte du MSP, la recharge de plage doit être accompagnée d'un épi en empierrement en raison du régime des vagues et des niveaux d'eau qui prévalent dans le secteur de la plage Rochelois. Cette structure maintiendra les matériaux granulaires en place à plus long terme. Pour les besoins du projet, les effets des changements climatiques ont été pris en compte dans les critères de conception des ouvrages proposés (Consultants Ropars, 2020).

6.2 Description de la variante retenue

6.2.1 Description générale du projet

La stabilisation du secteur de la plage Rochelois a été conçue par Consultants Ropars inc. Le rapport de conception est présenté à l'annexe B. Notons que ce concept a été ajusté, notamment au niveau de la géométrie de la recharge pour tenir compte des résultats de la

modélisation hydrodynamique effectuée par Lasalle | NHC (2020). Cette étude est fournie à l'annexe F. Préalablement aux travaux de construction, de nouveaux relevés topométriques seront effectués afin de déterminer avec précisions les élévations et les volumes de matériaux requis pour la recharge de la plage.

Le projet de recharge recommandé consiste à protéger environ 770 m de rivage. La recharge empiète sur environ 15 070 m² sous le niveau de la PMSGM. Par rapport à la ligne des hautes eaux de récurrence 2 ans, l'empiètement est de 21 340 m². Le diamètre médian (D_{50}) des matériaux granulaires a été fixé à 15 mm selon la disponibilité des matériaux disponibles à proximité, ce qui détermine la pente d'équilibre de la plage à long terme. Selon les données SHOALS-2017, les quantités de matériaux granulaires sont estimées à environ 104 000 m³ pour obtenir une crête de recharge de plage à une élévation de +5,4 m. Il est envisagé d'ajouter une couche de sable de 40 cm d'épaisseur sur le dessus de la recharge, notamment sur le plateau qui ne sera pas submergé pour conserver les usages de la plage. Une distance de 6 m serait conservée entre la couche de sable et le sommet de la crête pour éviter que les vagues emportent le sable. Ce sable pourrait provenir du banc d'emprunt ou être récupéré directement sur la plage avant la réalisation des travaux. Cette étape est toujours à l'étude et sera précisée lors de la demande de certificat d'autorisation.

L'aménagement d'un épi en empierrement est proposé à l'extrémité est de la recharge de plage pour stabiliser les matériaux granulaires et capter les sédiments transportés vers l'est en dehors de la cellule hydro-sédimentaire. Il s'agit d'un épi hybride semi-émergé qui a été conçu pour limiter l'obstruction visuelle des résidents. La partie proche de la berge, prendra la forme d'un épi standard, comportant une crête horizontale et des pentes latérales de 2H/1V. Le profil en long suivra le profil de construction de la recharge de la plage. La partie la plus au large, soit celle qui sera submergée, aura un profil suivant celui de la recharge de plage à l'équilibre avec une différence d'élévation de l'ordre de 0,6 m. Pour la construction de l'épi, des pierres de 500 à 1 000 kg (diamètre de 0,65 à 0,85 m) seront utilisées pour la partie de l'épi submergée. Bien qu'elles puissent résister aux glaces, il est prévu qu'elles puissent être déplacées par les vagues et/ou les glaces et que l'épi devra faire l'objet d'un entretien régulier. Malgré cet entretien régulier, cette solution a été retenue pour son coût de construction moindre et en raison de son faible empiètement dans l'habitat du poisson. En effet, un épi standard sur toute la longueur serait plus stable, mais entraînerait un plus grand empiètement. L'empiètement de l'épi est estimé à 840 m² sous le niveau de la PMSGM (970 m² par rapport à la ligne des hautes eaux de récurrence 2 ans).

Le diamètre des pierres de carapace de l'épi standard sera de 1,0 à 1,2 m alors que celui de la pierre-filtre sous-jacente sera de 0,45 à 0,56 m. Le cœur de l'ouvrage sera constitué de tout-venant de 0 à 500 mm. L'épi submersible sera construit de pierres d'un diamètre de 0,65 à 0,85 m déposées sur une couche de pierres-filtre de 0,3 à 0,4 m de diamètre. Cette section de l'épi aura également un noyau constitué de tout-venant d'un diamètre de 0 à 400 mm.

Pour ce qui est de l'émissaire municipal, il sera déplacé vers l'ouest de manière à ne pas s'écouler dans la zone de la recharge de plage. Ainsi, son déplacement éliminera son interférence dans la dynamique hydrosédimentaire à l'endroit où cette dynamique est la plus intense selon la modélisation. Le déplacement diminue la complexité de la solution, augmente la durée de vie de la recharge de plage. Ses caractéristiques seront identiques à celles de l'émissaire existant.

Le banc d'emprunt est situé à environ 25 km à l'ouest de Port-Cartier. Quatre sites potentiels ont été identifiés (carte 1). Il s'agit de bancs d'emprunt gérés par la MRC de Sept-Rivières.

Des échantillons de sols seront prélevés en 2020 afin d'effectuer des analyses granulométriques permettant d'identifier le ou les bancs les plus appropriés pour la réalisation des travaux.

En considérant la taille des matériaux de recharge, la présence de l'épi, la relocalisation de l'émissaire et l'historique de la dynamique hydrosédimentaire du milieu (Lasalle | NHC, 2020), la durée de vie de l'ouvrage est estimée à environ 30 ans. L'épi nécessitera des entretiens plus fréquents et réguliers pour combler les pierres emportées par les glaces et les vagues, de même que la couche de sable superficielle.

6.2.2 Description des activités du projet

6.2.2.1 Phase de construction

Mobilisation du chantier

Cette activité comprend l'installation des roulottes de chantier et installations temporaires pour les travailleurs (installations sanitaires, poubelles, etc.). Il s'agit aussi du transport de la machinerie vers le site des travaux qui comprendra un bouteur et pelle hydraulique sur chenille pour étendre et compacter le matériel granulaire sur la plage. L'équipement roulant sur la plage sera muni d'huile hydraulique végétale.

Gestion de la circulation

Pendant toute la durée des travaux, une gestion du trafic dans la ville de Port-Cartier sera effectuée, afin de réduire l'impact sur la population et assurer la sécurité des usagers de la route, des citoyens et des travailleurs. À cet effet, un plan de gestion de la circulation sera élaboré par la Ville de Port-Cartier et il sera présenté aux différents intervenants locaux, notamment aux services impliqués dans la mise en place des mesures d'urgence.

Des avis à la population seront également diffusés lors de cette étape du projet pour informer les citoyens du trajet emprunté par les véhicules lourds de transport des matériaux, de l'horaire des travaux et de leur durée. Une signalisation sera installée pour aviser les automobilistes et les cyclistes de la présence du chantier et des voies de contournement au besoin. Les camions-bennes emprunteront le boulevard du Portage-des-Mousses pour accéder ensuite à la rue des Rochelois. Il s'agit du chemin le plus court à partir du banc d'emprunt, mais également un trajet comportant peu de zones d'achalandage.

Préparation du site

La préparation du site comprend plusieurs activités, dont :

- Si requis, la protection des services publics (hydro-électrique, aqueduc, égouts);
- L'aménagement d'un chemin d'accès temporaire à la plage;
- L'arpentage et le balisage des aires de travail.

Utilisation et circulation de machinerie lourde

La réalisation des travaux nécessitera l'utilisation d'une pelle hydraulique pour placer et compacter les matériaux granulaires ainsi que de camions lourds pour leur transport. La machinerie sera adaptée à l'envergure des travaux. Les espaces dédiés à l'opération de la machinerie et à l'entreposage des matériaux auront été aménagés au démarrage du chantier. Il n'y aura aucun entretien ni ravitaillement de la machinerie sur le site des travaux.

Les camions se déchargeront directement sur le haut de la plage. La surface de roulement sera aménagée sur la crête de la recharge. Pour ce faire, les matériaux granulaires seront étalés à l'aide d'un bouteur. L'accès se fera à l'ouest et les travaux progresseront vers l'est. Il n'y aura pas de circulation de machinerie dans l'eau.

Pour l'épi, les pierres seront acheminées jusqu'au site par des camions qui circuleront sur le haut de la recharge, puis elles seront placées à l'aide de la machinerie. La crête de l'ouvrage servira de surface de roulement.

Selon le volume de matériaux requis pour la recharge de la plage, on prévoit environ 26 semaines comme durée des travaux. Le scénario le plus probable comprend 12 camions-bennes d'une capacité de 8 m³, chacun pouvant faire 10 voyages par jour et des travaux s'effectuant à raison de 5 jours par semaine. Le nombre de camion disponible par jour pourrait toutefois aller jusqu'à 20 camions-bennes, ce qui réduirait la durée des travaux de construction. Le trajet entre le banc d'emprunt et le site d'intervention est illustré à la carte 1. Le banc d'emprunt est situé à environ 25 km à l'ouest de la ville de Port-Cartier. Les camions-bennes devront emprunter la route 138 en direction de la ville jusqu'au boulevard du Portage-des-Mousses. Ils accéderont à la rue des Rochelois à partir de ce boulevard. La section du boulevard du Portage-des-Mousses qui sera utilisée ne comporte pas de résidence privée, mais elle donne accès à la base de Plein-air Les Goélands et à quelques rues résidentielles situées au nord du quartier Rochelois.

Excavation et reprofilage de la berge

Il n'est pas requis de reprofiler le talus ni la plage et aucune excavation ne sera nécessaire pour la mise en place de la recharge de plage. Les sacs de sable qui sont actuellement en place seront dégagés du sol et vidés sur place pour récupérer les matériaux. Les sacs seront récupérés s'ils sont réutilisables, sinon ils seront éliminés au lieu d'enfouissement autorisé de la région.

Recharge de plage

Les matériaux de recharge de plage seront acheminés par camion-benne jusqu'au site des travaux où ils seront déchargés pour ensuite être compacté par la pelle hydraulique. Le sommet de la recharge servira de surface de roulement afin que les camions puissent se décharger directement sur la plage à mesure que le chantier progressera, de manière à éviter de manipuler les matériaux. Il n'y aura donc pas de site d'entreposage. Le matériel sera compacté seulement pour l'aménagement de la surface de roulement. Le matériel granulaire aura un diamètre moyen de 15 mm. La crête de recharge de construction sera de 5,4 m par rapport au NMM. Une couche de sable sera ajoutée à la surface de la recharge, sur le sommet du plateau à au moins 6 m de distance de la crête à l'équilibre pour éviter que les vagues emportent ces matériaux plus fins.

L'option de récupérer une partie du sable en place pour le déposer à la surface de la recharge est actuellement étudiée. Préalablement à la mise en place des matériaux de recharge, une couche de sable pourrait être récupérée et mise de côté. Le sable serait récupéré à l'aide de l'excavatrice sur environ 40 cm d'épaisseur. Le sable serait entreposé sur le site, puis déposé à la surface des matériaux granulaires de la recharge (sommet de la recharge). Il permettra de maintenir les fonctions écologiques de la plage de même que les activités récréotouristiques.

Construction de l'épi

L'épi comprendra deux sections, soit l'une d'une longueur d'environ 65 m qui sera construite de pierres dynamitées. Les matériaux seront acheminés par les camions à partir de la surface de roulement sur le haut de plage, puis déchargés près de l'épi. La pierre sera placée à l'aide du godet de la pelle hydraulique et les travaux seront effectués à marée basse pour ne pas générer de mise en suspension de sédiments fins. La crête de l'épi servira de surface de roulement, de sorte qu'il n'y aura pas de circulation sur l'estran. De plus, la pierre sera exempte de particules fines. Le matériel tout-venant aura été stabilisé et recouvert des matériaux grossiers avant la fin de chaque journée de travail, soit avant la marée haute suivante.

Relocalisation de l'émissaire

Les travaux de relocalisation de l'émissaire nécessiteront l'excavation de la conduite actuelle pour effectuer son retrait. L'excavation de sols au niveau du nouveau tracé sera effectuée, puis la conduite sera installée et raccordée au réseau existant. Les dimensions de la conduite seront les mêmes que celles existantes. Un empierrement de protection sera installé à la sortie de la conduite pour éviter l'érosion des sols.

Gestion des matières résiduelles

Pendant toute la durée des travaux, des poubelles seront mises à la disposition des travailleurs pour l'élimination des déchets. Pour les débris encombrants, un conteneur sera présent sur le site des travaux. Aucune matière résiduelle ne sera entreposée sur la plage, ni laissée en bordure de celle-ci.

Gestion des matières résiduelles dangereuses

Des trousse de récupération des hydrocarbures pétroliers seront disponibles dans la machinerie et au site des travaux en tout temps. Il n'y aura aucune activité de ravitaillement en carburant ni travaux d'entretien ou de réparation sur le site.

En ce qui a trait aux autres matières résiduelles dangereuses, les travaux ne devraient pas générer un volume très important de ce type de résidus. Le cas échéant, des contenants dédiés à l'entreposage de ce type de matière seront mis à la disposition des travailleurs.

Remise en état des lieux

À la fin des travaux, toutes les installations de chantier, les équipements, la machinerie et les matériaux granulaires excédentaires seront récupérés. Les terrains ayant accueilli des matériaux ou ayant été endommagés par le passage de la machinerie seront remis en état.

6.2.2.2 Phase d'exploitation et d'entretien

Présence des ouvrages

La présence des ouvrages est susceptible d'avoir un impact sur le milieu récepteur puisque ceux-ci peuvent avoir une interaction avec diverses composantes des milieux biophysiques et humains. Ces aspects sont décrits dans la section relative aux impacts.

Entretien

Cette activité comprend toute intervention d'entretien pouvant découler du présent projet. Notons toutefois que ces entretiens pourraient nécessiter de nouvelles autorisations selon l'ampleur des travaux requis. La fréquence des entretiens dépendra essentiellement des événements de tempête.

6.3 Calendrier de réalisation et horaire de travail

La Ville de Port-Cartier souhaite débiter les travaux en juillet 2021. Environ 26 semaines de travail pourraient être requises pour compléter les travaux.

Les travaux seront effectués selon un horaire de 6 h à 18 h afin de limiter le dérangement des résidents, à raison de 5 jours par semaine.

7 Méthode d'identification et d'évaluation des impacts

La démarche méthodologique d'évaluation des impacts environnementaux comporte deux grandes parties, soit l'identification et l'évaluation des impacts.

L'identification des impacts consiste d'abord à déterminer les composantes des milieux physique, biologique et humain susceptibles d'être modifiées par les activités du projet. Ce procédé est réalisé en élaborant une grille d'interrelations, laquelle présente, en ordonnée, les composantes du milieu, et en abscisse, les activités de réalisation du projet (communément appelées sources d'impact) susceptibles d'interagir avec ces composantes du milieu.

L'évaluation des impacts consiste ensuite à définir l'importance de ces interrelations. L'importance d'un impact est fonction de trois critères, soit son intensité (déterminée en fonction de la valeur de la composante et du degré de perturbation appréhendé), son étendue et sa durée.

La première étape de détermination de l'importance d'un impact consiste à mettre en relation la valeur environnementale de la composante du milieu avec le degré de perturbation appréhendé, ce qui permet d'identifier l'intensité de l'impact. La deuxième étape consiste à évaluer la durée de l'impact afin d'en arriver à un indice durée/intensité. La troisième étape mène à l'évaluation de l'importance de l'impact en faisant intervenir l'étendue de ce dernier. L'importance des impacts résiduels est finalement évaluée en tenant compte de l'application des mesures d'atténuation (figure 3).

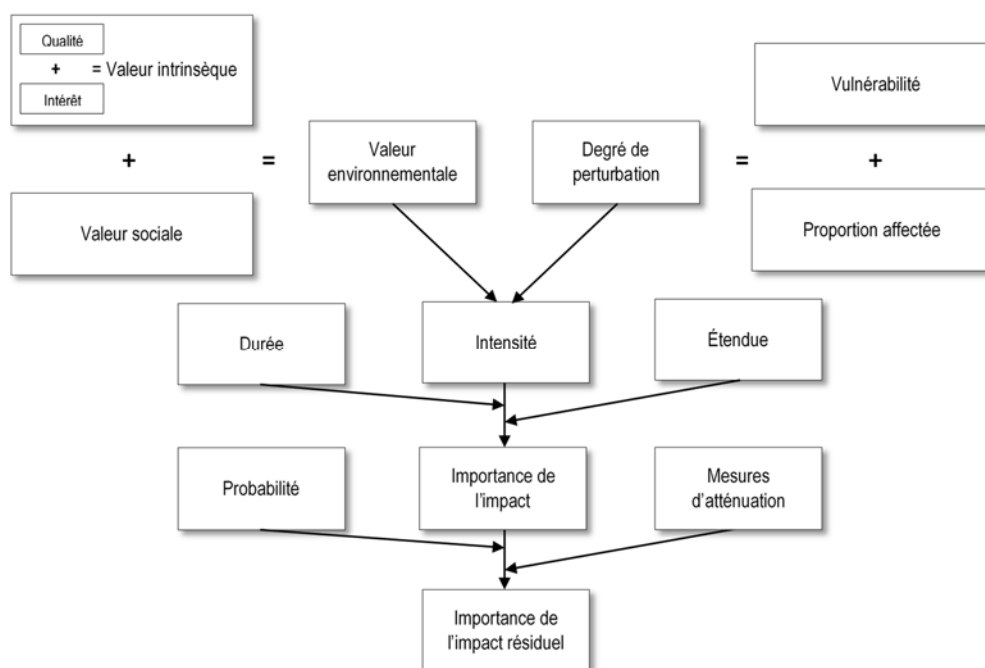


Figure 3 Démarche méthodologique de l'évaluation d'un impact environnemental

7.1 Détermination de l'importance d'un impact

7.1.1 Intensité de l'impact

La première étape de détermination de l'importance d'un impact consiste à évaluer l'intensité de l'impact en mettant en relation la valeur environnementale de la composante du milieu avec le degré de perturbation appréhendé.

7.1.1.1 Détermination de la valeur environnementale

La valeur environnementale exprime l'importance relative d'une composante dans son environnement. Elle est déterminée en considérant, d'une part, le jugement des spécialistes, et d'autre part, la valeur sociale que démontrent les intérêts populaires, légaux et politiques à l'égard de cette composante. Quatre classes de valeurs sont retenues :

- ▶ **Très grande** : une très grande valeur est attribuée à un élément qui possède un statut reconnu par une loi ou un règlement, lui conférant ainsi un statut particulier limitant fortement toute intervention susceptible de mettre en cause l'intégrité de l'élément (p. ex. espèces menacées ou vulnérables);
- ▶ **Grande** : une grande valeur est accordée lorsque la conservation et la protection de la composante du milieu font l'objet d'un consensus entre les spécialistes et l'ensemble des intérêts concernés. Une grande valeur peut également être attribuée à une composante unique ou rare;
- ▶ **Moyenne** : une valeur moyenne est accordée à une composante lorsque la protection, la conservation ou l'intégrité de celle-ci est de moindre importance ou lorsqu'elle ne fait pas l'objet d'un consensus parmi les spécialistes et le public concerné;
- ▶ **Faible** : une valeur faible est accordée lorsque la protection, la conservation ou l'intégrité de la composante ne préoccupent que peu ou pas les spécialistes et le public concerné.

7.1.1.2 Détermination du degré de perturbation

Le degré de perturbation évalue l'ampleur des modifications négatives apportées aux caractéristiques structurales et fonctionnelles de l'élément touché par le projet. Trois degrés de perturbation qualifient l'ampleur des modifications apportées :

- ▶ **Fort** : lorsque l'intervention entraîne la perte ou la modification de l'ensemble ou des principales caractéristiques propres de l'élément touché de sorte qu'il risque de perdre son identité;
- ▶ **Moyen** : lorsque l'intervention entraîne la perte ou la modification de certaines caractéristiques propres de l'élément touché pouvant ainsi réduire ses qualités sans pour autant compromettre son identité;
- ▶ **Faible** : lorsque l'intervention ne modifie pas significativement les caractéristiques propres de l'élément touché de sorte qu'il conservera son identité sans voir ses qualités trop détériorées.

7.1.2 Détermination de l'intensité

L'association de la valeur environnementale et du degré de perturbation permet de déterminer le premier critère utilisé dans l'évaluation de l'importance d'un impact, soit l'intensité. Celle-ci variera de forte à faible, selon la grille d'évaluation du tableau 9.

Tableau 9 Grille d'évaluation de l'intensité d'un impact

DEGRÉ DE PERTURBATION	VALEUR			
	TRÈS GRANDE	GRANDE	MOYENNE	FAIBLE
Fort	Forte	Forte	Moyenne	Moyenne
Moyen	Forte	Forte	Moyenne	Faible
Faible	Moyenne	Moyenne	Faible	Faible

7.1.3 Indice durée/intensité

La deuxième étape de détermination de l'importance d'un impact consiste à mettre en relation la durée de l'impact avec son intensité, afin d'en arriver à un indice durée/intensité.

7.1.3.1 Durée de l'impact

La durée précise la dimension temporelle de l'impact. Elle évalue, de façon relative, la période de temps durant laquelle les répercussions d'une intervention seront ressenties par l'élément touché. Les termes longue, moyenne et courte sont utilisés pour qualifier cette période de temps :

- **Longue** : l'impact est ressenti de façon continue ou discontinue pendant toute la durée de vie du projet ou sur une période pouvant aller au-delà de celle-ci. Il s'agit souvent d'un impact permanent et irréversible;
- **Moyenne** : l'impact est ressenti de façon continue ou discontinue sur une période de temps relativement prolongée, mais généralement inférieure à la durée de vie du projet;
- **Courte** : l'impact est ressenti de façon continue ou discontinue sur une période de temps limitée, correspondant généralement à la période de construction ou lorsque le temps de récupération ou d'adaptation de la composante affectée est inférieur à une année.

7.1.3.2 Indice durée/intensité

L'association de la durée de l'impact et de l'intensité déterminée préalablement permet de déterminer le deuxième paramètre utilisé dans l'évaluation de l'importance de l'impact, soit l'indice durée/intensité. Celui-ci variera de fort à faible, selon la grille d'évaluation du tableau 10.

Tableau 10 Grille d'évaluation de l'indice durée/intensité

DURÉE	INTENSITÉ		
	FORTE	MOYENNE	FAIBLE
Longue	Fort	Fort	Moyen
Moyenne	Fort	Moyen	Faible
Courte	Moyen	Faible	Faible

7.1.4 Étendue de l'impact

La dernière étape de détermination de l'importance d'un impact consiste à mettre en relation l'étendue de l'impact avec l'indice durée/intensité.

L'étendue qualifie la dimension spatiale de l'impact généré par une intervention dans le milieu. Elle réfère à la distance ou à la superficie sur laquelle sera ressentie la perturbation. Les termes régionale, locale et ponctuelle sont retenus pour qualifier l'étendue :

- **Régionale** : l'intervention sur un élément du milieu est ressentie sur un vaste territoire ou touche une grande proportion de sa population;
- **Locale** : l'intervention touche un espace relativement restreint ou un certain nombre d'éléments de même nature situés à proximité du projet ou à une certaine distance du projet, ou elle est ressentie par une proportion limitée de la population de la zone d'étude;
- **Ponctuelle** : l'intervention ne touche qu'un espace très restreint, peu de composantes à l'intérieur ou à proximité du site du projet, ou elle n'est ressentie que par un faible nombre d'individus de la zone d'étude.

7.1.5 Valeur de l'impact

L'association de l'étendue de l'impact et de l'indice durée/intensité déterminé préalablement aboutit à la détermination de la valeur de l'impact environnemental. Celle-ci sera qualifiée de majeure, moyenne ou mineure :

- **Majeure** : une importance majeure signifie que l'impact est permanent, et qu'il affecte l'intégrité, la diversité et la pérennité de l'élément. Un tel impact altère de façon marquée ou irréversible la qualité du milieu;
- **Moyenne** : une importance moyenne occasionne des répercussions appréciables sur l'élément touché, entraînant une altération partielle de sa nature et de son utilisation, sans toutefois mettre en cause sa pérennité;
- **Mineure** : une importance mineure occasionne des répercussions réduites sur l'élément touché, entraînant une altération mineure de sa qualité et de son utilisation.

La valeur de l'impact est déterminée en fonction de la grille d'évaluation du tableau 11.

Tableau 11 Grille d'évaluation de la valeur de l'impact

ÉTENDUE	INDICE DURÉE/INTENSITÉ		
	FORT	MOYEN	FAIBLE
Régionale	Majeure	Majeure	Moyenne
Locale	Majeure	Moyenne	Mineure
Ponctuelle	Moyenne	Mineure	Mineure

7.2 Mesures d'atténuation et importance des impacts résiduels

Au terme de l'identification et de l'évaluation des impacts environnementaux, des mesures d'atténuation sont identifiées afin de réduire l'importance des impacts.

Celles-ci comprennent les mesures d'atténuation couramment appliquées dans le cadre de projets similaires. Des mesures complémentaires ou ajustées aux spécificités du milieu sont également proposées. Toutes ces mesures visent à atténuer ou à corriger les impacts négatifs afin de permettre une meilleure intégration du projet dans le milieu. Des mesures de bonification peuvent aussi être mises en œuvre dans le but d'améliorer le bilan environnemental du projet.

L'application des mesures d'atténuation permet par la suite de réévaluer la valeur des impacts environnementaux, qui deviennent alors des impacts environnementaux résiduels, correspondant à l'impact qui subsiste après l'application des mesures d'atténuation. Les impacts résiduels qui peuvent subsister après l'application des mesures d'atténuation sont des impacts dont la valeur peut être majeure, moyenne ou mineure selon les définitions énoncées à la section 7.1.5. Les impacts résiduels ayant une valeur mineure et moyenne sont considérés **non importants** alors que ceux dont la valeur est majeure sont considérés **importants**.

8 Analyse des impacts

8.1 Approche générale

L'approche générale utilisée pour identifier et pour évaluer l'importance des impacts sur le milieu, repose sur les descriptions détaillées du projet et du milieu, sur la consultation des populations locales et sur les enseignements tirés de la réalisation de projets comparables. La démarche générale se résume comme suit :

- ▶ La description du projet permet d'identifier les sources d'impact à partir des caractéristiques techniques des ouvrages à construire ainsi que des activités, des méthodes et de l'échéancier de construction et d'exploitation;
- ▶ La description générale du milieu permet de comprendre le contexte environnemental et social dans lequel s'insère le projet, d'identifier les enjeux à considérer et de déterminer les composantes de l'environnement les plus sensibles à l'égard du projet.

La considération de ces divers éléments permet d'établir la liste des composantes du milieu qui feront ultérieurement l'objet d'une évaluation détaillée des impacts. Il est à noter que l'évaluation environnementale est simplifiée par l'intégration, dès la phase d'élaboration du projet, de diverses contraintes environnementales dans le concept, de manière à atténuer d'emblée le nombre et l'ampleur des impacts qui pourraient se manifester. Les divers enjeux ciblés en début d'analyse sont également pris en compte dans l'optimisation du projet afin d'en augmenter l'acceptabilité environnementale et sociale.

Enfin, les enseignements tirés de la réalisation de projets antérieurs similaires fournissent, pour leur part, des informations pertinentes qui permettent de déterminer la nature et l'intensité de certains impacts à considérer, de même que l'efficacité de certaines mesures d'atténuation et de compensation.

Pour chaque composante environnementale ciblée, la démarche d'évaluation prévoit les étapes suivantes :

- ▶ La description de l'état de référence, lorsque pertinent : il s'agit de rappeler sommairement les caractéristiques des composantes sensibles des milieux physique, biologique et humain comme elles se présentent avant aménagement;
- ▶ La description de l'impact sur le milieu : il s'agit de décrire les changements anticipés en fonction des sources d'impact du projet;
- ▶ L'élaboration de mesures d'atténuation visant à réduire l'importance des impacts identifiés, voire même, le cas échéant, à les éliminer. L'intégration de ces mesures à cette étape constitue un engagement du promoteur du projet à les appliquer en phase de réalisation;
- ▶ L'évaluation de l'importance de l'impact résiduel, c'est-à-dire l'impact qui persiste après l'application des mesures d'atténuation.

8.2 Valeur environnementale des composantes du milieu

Les sections qui suivent présentent et justifient la valeur accordée aux composantes du milieu auxquelles des impacts potentiels sont susceptibles d'être identifiés. La valeur environnementale qui comporte quatre niveaux, soit très grande, grande, moyenne et faible,

est déterminée en considérant d'une part, le jugement des spécialistes, et d'autre part, la valeur sociale que démontrent les intérêts populaires, légaux et politiques à l'égard de cette composante. L'attribution d'une valeur à une composante donnée doit prendre en considération le contexte dans lequel cette dernière est analysée. La valeur environnementale attribuée aux éléments du milieu est résumée au tableau 12.

Tableau 12 Valeur environnementale des composantes du milieu

Composante environnementale	Valeur environnementale	Justification
Milieu physique		
Profil de la plage	Moyenne	Modification du profil de la plage résultant des travaux pouvant modifier son utilisation par la population. Empiètement dans l'habitat du poisson.
Régime sédimentaire	Faible	Ralentissement du transport sédimentaire vers l'est en raison de la présence de l'épi; la plage à l'est est toutefois naturelle et il n'y a pas d'infrastructure à cet endroit.
Composition granulométrique de la plage	Moyenne	Modification de la composition granulométrique de la plage résultant des travaux pouvant affecter le couvert végétal et modifier son utilisation par la faune et la population.
Qualité de l'eau de surface	Moyenne	Rôle considérable dans la qualité d'habitat. Lien avec les usages pratiqués par la population (baignade).
Qualité des sols et des sédiments	Moyenne	Rôle considérable dans la qualité d'habitat. Lien avec la pratique d'activités récréatives sur la plage.
Qualité de l'air	Moyenne	Bonne qualité de l'air ambiant. Lien avec la qualité de vie.
Climat sonore	Grande	Proximité de résidences du site d'intervention.
Milieu biologique		
Végétation riveraine et aquatique	Faible	Végétation de la zone d'étude commune à la région.
Poisson et habitat	Grande	Présence d'espèces à statut particulier possible au large de la plage. Frayère à capelan dans la zone des travaux.
Mammifères marins	Grande	Plusieurs espèces très valorisées et à statut. Valorisée par la population et les scientifiques.
Faune terrestre et avifaune	Moyenne	Milieu urbanisé peu propice à la faune. Présence d'oiseaux sur la plage et dans la baie. Faune commune à la région.
Milieu humain		
Utilisation du territoire	Grande	Territoire essentiellement à vocation résidentielle et récréative. Les citoyens de la ville de Port-Cartier considèrent comme très importants leurs accès au fleuve Saint-Laurent. Présence de la piste cyclable. Présence du fleuve Saint-Laurent favorisant la promenade et la baignade.
Qualité de vie	Grande	Secteur résidentiel en face du parc Rochelois et accès à la plage.
Sécurité du public et des usagers	Grande	Incidence sur le bien-être et la qualité de vie de la population. Présence de résidents, d'automobilistes et de cyclistes. Secteur familial avec des jeunes enfants, près d'écoles et CPE.
Environnement visuel et paysage	Grande	Vues ouvertes sur le fleuve Saint-Laurent. Aspect visuel et esthétique du milieu côtier.

8.3 Sources d'impact

Le tableau 13 présente la matrice d'identification des impacts potentiels du projet sur l'ensemble des composantes environnementales. Durant la phase de construction, les sources d'impact sont associées, entre autres, aux activités suivantes : la mobilisation du chantier et la préparation du site, l'utilisation et la circulation de la machinerie, incluant les camions-bennes, les travaux de recharge de la plage, la construction de l'épi et la relocalisation de l'émissaire. Pendant la phase d'exploitation, les sources d'impact sont associées à la présence des ouvrages et à leur entretien.

Tableau 13 Matrice d'identification des impacts potentiels

	<div>■ Impact potentiel négatif</div> <div>+ Impact potentiel positif</div>	Source d'impact environnemental									
		Phase de construction								Phase d'exploitation	
		Mobilisation du chantier, gestion de la circulation et préparation du site	Utilisation et circulation de la machinerie	Recharge de la plage	Construction de l'épi	Relocalisation de l'émissaire	Gestion des matières résiduelles	Gestion de matières résiduelles dangereuses	Remise en état des lieux	Présence des ouvrages	Entretien des ouvrages
Composante du milieu	Milieu physique										
	Profil de la plage			■	■	■				■	
	Régime sédimentaire									■	
	Composition granulométrique de la plage			■	■	■				■	■
	Qualité de l'eau de surface		■	■	■	■		■			■
	Qualité des sols et des sédiments		■					■			■
	Qualité de l'air	■	■	■	■	■					■
	Climat sonore	■	■	■	■	■					
	Milieu biologique										
	Végétation riveraine et aquatique	■		■	■	■			+	+	■
	Poisson et habitat			■	■	■				+	■
	Mammifères marins		■	■	■	■					
	Faune terrestre et avifaune		■						+		
	Milieu humain										
	Utilisation du territoire	■	■	■		■			+	+	
	Qualité de vie	■	■	■					+	+	+
	Sécurité du public et des usagers	■	■	■		■			■	+	
	Environnement visuel et paysage	■	■	■	■	■			+	+	

8.4 Impacts en phase de construction

8.4.1 Milieu physique

8.4.1.1 Profil de la plage

Identification de l'impact et de ses sources

Les travaux de recharge de la plage entraîneront une modification du profil de la plage Rochelois, qui sera davantage marquée en phase de construction. En effet, la pente de la recharge sera plus abrupte et s'atténuera avec le temps jusqu'à ce qu'un équilibre s'établisse.

Ce changement au niveau de la pente engendrera une modification locale des conditions hydrodynamiques du milieu, notamment en dissipant l'énergie des vagues avant qu'elles n'atteignent la berge. Il entraînera également, de manière indirecte, un impact sur l'habitat du poisson, puisqu'en modifiant le profil de la pente, la marée haute ne pourra plus atteindre le haut de plage comme c'est le cas présentement. Il s'agira donc d'une perte d'habitat du poisson qui est discutée à la section 8.4.2.

Mesures d'atténuation

Il n'y a pas de mesure d'atténuation applicable pour cet impact puisque la modification est nécessaire pour assurer la stabilité de la berge, soit la raison d'être du projet. De plus, un nouvel état d'équilibre s'établira naturellement avec le temps au gré des tempêtes. Cette nouvelle pente d'équilibre sera plus proche de la pente actuelle.

Évaluation de l'impact résiduel

Il s'agit d'un impact à la fois positif et négatif en raison de son incidence sur d'autres composantes. Cette composante a une valeur moyenne puisqu'une partie de la plage constitue un habitat du poisson et qu'elle procure un milieu propice aux activités récréotouristique et un attrait visuel pour les résidents de Port-Cartier. Le degré de perturbation est somme toute jugé faible puisque la pente, dans son ensemble, demeurera faible. L'intensité de l'impact est donc faible. La durée est moyenne car l'effet perdurera au-delà de la période des travaux, mais la pente s'adoucira avec le temps au fur et à mesure que surviendront les tempêtes qui étaleront une partie des matériaux. L'indice durée/intensité est donc faible.

Malgré le fait qu'il n'y ait aucune mesure d'atténuation applicable pour minimiser les répercussions négatives de la construction sur la composante *Profil de la plage*, la valeur de l'impact est jugée mineure durant le temps de la période de construction. Cet impact résiduel est donc considéré non important (tableau 14).

Tableau 14 Importance de l'impact résiduel sur le profil de la plage en phase de construction

Évaluation de l'importance de l'impact résiduel		
Période	Profil de la plage	
Phase de construction	Valeur sociale et environnementale	Moyenne
	Degré de perturbation	Faible
	Intensité	Faible
	Durée	Moyenne
	Indice durée/intensité	Faible
	Étendue	Ponctuelle
	Valeur de l'impact résiduel	Mineure
	Importance de l'impact résiduel	Non importante

8.4.1.2 Composition granulométrique de la plage

Identification de l'impact et de ses sources

Les travaux de recharge de la plage et de construction de l'épi entraîneront une modification de la composition granulométrique de la plage Rochelois, qui sera davantage marquée au niveau de l'épi. En effet, à l'endroit de l'épi, des blocs de grandes dimensions recouvriront le substrat actuellement constitué de sable et de roc. Le sable de la plage sera, quant à lui, remplacé par un substrat davantage graveleux, notamment sur la pente. Cependant, pour préserver son aspect esthétique, une couche de sable sera déposée à la surface des matériaux plus grossiers sur le sommet de la recharge de plage. L'impact sera peu perceptible et les usages actuels de la plage liés à la granulométrie en grande partie maintenus.

La modification de la granulométrie est également susceptible d'entraîner un impact sur l'habitat du poisson, qui est discuté à la section 8.4.2.2, et sur les activités récréotouristiques, qui est discuté à la section 8.5.4.1.

Mesures d'atténuation

La mesure suivante sera appliquée pour atténuer la modification de la composition granulométrique de la plage :

- Déposer du sable à la surface des matériaux plus grossiers de la recharge de plage.

Évaluation de l'impact résiduel

Comme pour le profil de la plage, il s'agit d'un impact à la fois positif et négatif en raison de son incidence sur d'autres composantes. Cette composante a une valeur moyenne puisqu'une partie de la plage constitue un habitat du poisson et qu'elle procure un milieu propice aux activités récréotouristiques des résidents de Port-Cartier. Le degré de perturbation est somme toute jugé faible au niveau de la recharge de la plage, mais fort au niveau de l'épi. L'intensité de l'impact varie donc de faible à moyenne. La durée est longue puisque l'effet se fera sentir sur toute la durée de vie du projet. L'indice durée/intensité est donc moyen à fort. L'étendue de l'impact est ponctuelle.

Compte tenu de la mesure d'atténuation applicable pour minimiser les répercussions potentielles négatives sur la composante *Composition granulométrique de la plage*, la valeur de l'impact résiduel est mineure (recharge) et moyenne (épi) durant le temps de la période de construction, cet impact résiduel est donc considéré non important (tableau 15).

Tableau 15 Importance de l'impact résiduel sur la composition granulométrique de la plage en phase de construction

Évaluation de l'importance de l'impact résiduel		
Période	Composition granulométrique de la plage	
Phase de construction	Valeur sociale et environnementale	Moyenne
	Degré de perturbation	Faible et fort
	Intensité	Faible à moyenne
	Durée	Longue
	Indice durée/intensité	Moyen à fort
	Étendue	Ponctuelle
	Valeur de l'impact résiduel	Mineure et moyenne
	Importance de l'impact résiduel	Non importante

8.4.1.3 Qualité de l'eau de surface

Identification de l'impact et de ses sources

Durant la phase de construction, les activités susceptibles d'altérer la qualité des eaux de surface sont les travaux de recharge de la plage, la construction de l'épi et la relocalisation de l'émissaire municipal. La réalisation de ces activités est susceptible d'émettre des matières en suspension dans l'eau. Enfin, l'utilisation de la machinerie et les matières résiduelles dangereuses peuvent émettre des contaminants dans l'eau si leur gestion n'est pas appropriée.

Notons que le choix de matériaux granulaires, exempts de particules fines, permettra de limiter l'émission de matières en suspension dans l'eau. De plus, comme les matériaux seront déposés sur la plage à marée basse, il y aura très peu d'émission de matières en suspension dans l'eau. Au niveau de l'épi, si une partie des travaux doit s'effectuer en eau, les pierres seront placées à l'aide du godet de l'excavatrice afin d'éviter qu'elles ne tombent sur le fond et que des sédiments soient remis en suspension.

Pour ce qui est de la relocalisation de la conduite, les travaux seront également faits à marée basse et chaque section sera stabilisée avant la fin de chaque jour de travail afin de limiter la mise en suspension de particules fines lors de la marée haute suivante. Les matériaux de remblai seront également exempts de particules fines.

Pour ce qui est de la gestion des matières résiduelles, des poubelles et conteneurs seront mis à la disposition des travailleurs sur le chantier. De plus, toute matière dangereuse (p. ex. coulis cimentaire, huile et graisse) qui pourrait être nécessaire pour les travaux de la conduite, sera conservée dans un camion. Il n'y aura aucune activité d'entretien de la machinerie sur le site des travaux. Celles-ci seront effectuées dans un garage.

En cas de déversement accidentel d'hydrocarbures (bris d'équipement ou fuite), la fuite sera rapidement contrôlée, l'équipement en cause sera envoyé au garage pour être réparé et tout sol souillé sera immédiatement récupéré pour être éliminés vers un lieu autorisé. Des trousse d'intervention en cas de déversement seront disponibles sur le site des travaux en tout temps.

Mesures d'atténuation

Les mesures d'atténuation générales du projet seront appliquées afin de réduire les impacts négatifs potentiels sur la composante *Qualité de l'eau de surface* pendant la période de construction (annexe G). Sans s'y limiter, les principales mesures d'atténuation qui seront appliquées sont les suivantes :

- ▶ Effectuer les travaux lorsque la marée est suffisamment basse afin de ne pas travailler dans l'eau;
- ▶ Entretenir et ravitailler les équipements et la machinerie dans une aire désignée et imperméable, à l'extérieur de tout cours d'eau, fossé, rive ou plaine inondable;
- ▶ Entreposer les produits pétroliers ou toute autre matière dangereuse à plus de 30 m du cours d'eau à l'abri des intempéries;
- ▶ Installer des conteneurs à déchets (matériaux secs et domestiques) sur le chantier;
- ▶ Utiliser des matériaux de remblai exempts de particules fines et de contaminants;
- ▶ Respecter la réglementation relative à l'entreposage et au transport des matières dangereuses (hydrocarbures), et entreposer les matières dangereuses à un endroit désigné à cette fin;
- ▶ Prévoir un plan d'intervention en cas de déversement accidentel de contaminants;
- ▶ Avoir en tout temps sur le site des travaux une trousse d'urgence en cas de déversement accidentel afin de confiner et de récupérer rapidement les produits qui pourraient être déversés. Si une telle situation se produit, éliminer les résidus dans un site autorisé et restaurer le site perturbé;
- ▶ Utiliser de la machinerie et des véhicules en bon état de fonctionnement afin de minimiser les risques de déversement d'huile et d'essence. L'utilisation d'une huile biodégradable devra être utilisée pour la machinerie travaillant à proximité du fleuve, à l'exception des camions-bennes;
- ▶ Ne pas faire circuler la machinerie dans l'eau et éviter de circuler sur les substrats silteux;
- ▶ La machinerie doit circuler dans les endroits déterminés et identifiés sur le chantier.

Évaluation de l'impact résiduel

L'altération de la qualité de l'eau de surface constitue un impact négatif qui a une incidence sur d'autres composantes. La qualité de l'eau de surface a une valeur moyenne puisque l'eau constitue un milieu de vie pour de nombreux organismes et qu'elle procure un milieu propice aux activités récréotouristiques des résidents de Port-Cartier. Le degré de perturbation est somme toute jugé faible en raison des méthodes de travail préconisées et des mesures d'atténuation qui seront mises en œuvre. L'intensité de l'impact est donc faible. La durée est courte, l'indice durée/intensité est faible et l'étendue ponctuelle.

L'application des mesures d'atténuation permettra de minimiser les impacts potentiels négatifs sur la composante *Qualité de l'eau de surface*. La valeur de l'impact résiduel est

mineure pendant la période de construction, cet impact résiduel est donc considéré non important (tableau 16).

Tableau 16 Importance de l'impact résiduel sur la qualité de l'eau de surface en phase de construction

Évaluation de l'importance de l'impact résiduel		
Période	Qualité de l'eau de surface	
Phase de construction	Valeur sociale et environnementale	Moyenne
	Degré de perturbation	Faible
	Intensité	Faible
	Durée	Courte
	Indice durée/intensité	Faible
	Étendue	Ponctuelle
	Valeur de l'impact résiduel	Mineure
	Importance de l'impact résiduel	Non importante

8.4.1.4 Qualité des sols et des sédiments

Identification de l'impact et de ses sources

Durant la phase de construction, l'utilisation de la machinerie est susceptible d'entraîner une contamination des sols advenant un déversement accidentel d'hydrocarbures. Un entreposage inadéquat de matières dangereuses peut également causer une contamination des sols. Par ruissellement, les contaminants sont susceptibles d'atteindre les sédiments plus bas sur l'estran.

En cas de déversement accidentel causé par un bris d'équipement, la fuite sera rapidement contrôlée, l'équipement en cause sera envoyé au garage pour être réparé et tout sol souillé sera immédiatement récupéré pour être éliminé vers un lieu autorisé. Des trousse d'intervention en cas de déversement seront disponibles sur le site des travaux en tout temps.

Mesures d'atténuation

Les mesures d'atténuation générales du projet seront appliquées afin de réduire les impacts négatifs potentiels sur la composante *Qualité des sols et des sédiments* pendant la période de construction (annexe G). Sans s'y limiter, les principales mesures d'atténuation qui seront appliquées sont les suivantes :

- ▶ Entretenir et ravitailler les équipements et la machinerie dans une aire désignée et imperméable, à l'extérieur de tout cours d'eau, fossé, rive ou plaine inondable;
- ▶ Installer des conteneurs à déchets (matériaux secs et domestiques) sur le chantier;
- ▶ Respecter la réglementation relative à l'entreposage et au transport des matières dangereuses (hydrocarbures), et entreposer les matières dangereuses à un endroit désigné à cette fin;
- ▶ Prévoir un plan d'intervention en cas de déversement accidentel de contaminants;
- ▶ Avoir en tout temps sur le site des travaux une trousse d'urgence en cas de déversement accidentel afin de confiner et de récupérer rapidement les produits qui pourraient être

déversés. Si une telle situation se produit, éliminer les résidus dans un site autorisé et restaurer le site perturbé;

- Utiliser de la machinerie et des véhicules en bon état de fonctionnement afin de minimiser les risques de déversement d'huile et d'essence. Une huile biodégradable devra être utilisée pour la machinerie travaillant à proximité du fleuve, à l'exception des camions-bennes.

Évaluation de l'impact résiduel

L'altération de la qualité des sols constitue un impact négatif qui a une incidence sur d'autres composantes. La qualité des sols et des sédiments a une valeur moyenne. Le degré de perturbation est somme toute jugé faible en raison des méthodes de travail préconisées et des mesures d'atténuation qui seront mises en œuvre. L'intensité de l'impact est donc faible. La durée est courte puisqu'elle se limite à la phase de construction, l'indice durée/intensité est faible et l'étendue ponctuelle.

L'application des mesures d'atténuation permettra de minimiser les impacts potentiels négatifs sur la composante *Qualité des sols et des sédiments*. La valeur de l'impact résiduel est mineure pendant la période de construction. Cet impact résiduel est donc considéré non important (tableau 17).

Tableau 17 Importance de l'impact résiduel sur la qualité des sols et des sédiments en phase de construction

Évaluation de l'importance de l'impact résiduel		
Période	Qualité des sols et des sédiments	
Phase de construction	Valeur sociale et environnementale	Moyenne
	Degré de perturbation	Faible
	Intensité	Faible
	Durée	Courte
	Indice durée/intensité	Faible
	Étendue	Ponctuelle
	Valeur de l'impact résiduel	Mineure
	Importance de l'impact résiduel	Non importante

8.4.1.5 Qualité de l'air

Identification de l'impact et de ses sources

Pendant la phase de construction, des poussières et des polluants atmosphériques (p. ex. oxydes d'azote [NO_x], anhydride sulfureux [SO₂], hydrocarbures, monoxyde de carbone [CO], carbone organique volatil [COV] et particules fines) seront surtout émis par le fonctionnement et la circulation de la machinerie lourde. Des poussières peuvent également être émises lors de la manipulation des matériaux de remblais. Ces émissions peuvent entraîner des nuisances et avoir des conséquences sur la santé humaine. Le choix de la taille des matériaux granulaires fera en sorte de limiter les volumes requis, ce qui limitera du même coup, le nombre de voyages de camions-bennes.

La manipulation des matériaux granulaires ainsi que le transport, la circulation et l'opération de la machinerie pourraient générer une augmentation des poussières dans l'air. La

circulation et l'opération de la machinerie entraîneront aussi une émission de gaz d'échappement.

La majeure partie des activités responsables de l'émission de poussières ou de polluants atmosphériques se dérouleront sur le trajet entre le banc d'emprunt et la plage Rochelois ainsi que dans l'aire de travail, soit à quelques mètres seulement de certaines résidences. L'émission de poussière devrait, somme toute, être assez faible puisque les matériaux granulaires seront exempts de particules fines et qu'il n'y aura pas de sol remanié le long de la plage. Seuls les matériaux granulaires seront déposés sur la plage, puis compactés au niveau de la surface de roulement.

Mesures d'atténuation

Les mesures d'atténuation générales du projet seront appliquées afin de réduire les impacts négatifs potentiels des travaux sur la composante *Qualité de l'air* pendant la période de construction (annexe G). Sans s'y limiter, les principales mesures d'atténuation qui seront appliquées sont les suivantes :

- ▶ Éviter de laisser tourner inutilement les moteurs des engins de chantier et des camions lorsque ces derniers ne sont pas utilisés;
- ▶ Utiliser de la machinerie bien entretenue, de préférence munie de chicanes, de systèmes de silencieux en bon état (afin de minimiser l'émission de contaminants atmosphériques), d'échappements et de couvercles de moteur;
- ▶ Utiliser une bâche fixée solidement au camion durant le transport des matériaux contenant des particules fines;
- ▶ Dans le secteur résidentiel de Port-Cartier, effectuer un entretien régulier des rues utilisées par les camions-bennes pour le transport des matériaux;
- ▶ Surveiller visuellement l'émission de poussières et prendre action, au besoin, afin de la contrôler;
- ▶ Limiter la vitesse des véhicules sur le chantier à 15 km/h afin de réduire le soulèvement de la poussière lors du passage des véhicules.

Évaluation de l'impact résiduel

En raison d'un transport routier relativement limité et de la présence de seulement quelques grandes industries, la qualité de l'air sur la Côte-Nord est jugée bonne. Il est donc hautement improbable que les matières aéroportées pouvant être générées pendant les travaux causent une dégradation significative et persistante de la qualité de l'air (p. ex. épisodes de smog).

Néanmoins, plusieurs mesures d'atténuation sont proposées pour réduire les impacts appréhendés sur la qualité de l'air. Ces mesures permettront de limiter les sources d'émission qui sont les plus susceptibles d'être inhalées par les travailleurs et les résidents à proximité de même que les nuisances causées par la poussière.

Compte tenu des mesures d'atténuation qui seront appliquées pour limiter les émissions atmosphériques et de la bonne qualité générale de l'air ambiant dans la zone d'étude, l'intensité de l'impact est jugée faible. L'augmentation des particules fines dans l'air se fera surtout ressentir dans les aires des travaux ou à proximité, ce qui se traduit par une étendue locale de l'impact. La durée sera courte et limitée à la période de construction.

L'application des mesures d'atténuation permettra de minimiser les impacts potentiels négatifs sur la composante *Qualité de l'air*. La valeur de l'impact résiduel est mineure pendant la période de construction. Cet impact résiduel est donc considéré non important (tableau 18).

Tableau 18 Importance de l'impact résiduel sur la qualité de l'air en phase de construction

Évaluation de l'importance de l'impact résiduel		
Période	Qualité de l'air	
Phase de construction	Valeur sociale et environnementale	Moyenne
	Degré de perturbation	Faible
	Intensité	Faible
	Durée	Courte
	Indice durée/intensité	Faible
	Étendue	Locale
	Valeur de l'impact résiduel	Mineure
	Importance de l'impact résiduel	Non importante

8.4.1.6 Climat sonore

Identification de l'impact et de ses sources

La source d'impact sur le climat sonore et les impacts qui en découlent seront causés en grande partie par le transport des matériaux et la circulation des véhicules de chantier durant l'ensemble de la phase de construction. Une perturbation de l'ambiance sonore perceptible par les résidents du secteur Rochelois est anticipée.

L'utilisation d'engins de chantier et la circulation des camions-bennes pour le transport des matériaux de remblais sont également susceptibles d'entraîner des nuisances de bruit pour les résidents du secteur. Mentionnons cependant que les travaux seront effectués uniquement de jour du lundi au vendredi.

Mesures d'atténuation

Les mesures d'atténuation générales du projet seront appliquées afin de réduire les impacts négatifs potentiels sur la composante *Climat sonore* pendant la période de construction (annexe G). Sans s'y limiter, les principales mesures d'atténuation qui seront appliquées sont les suivantes :

- ▶ Aviser les résidents si des travaux doivent être réalisés en dehors des périodes de travail habituelles (6 h à 18 h du lundi au vendredi);
- ▶ Utiliser des dispositifs d'atténuation du bruit, lorsque possible, sur les équipements;
- ▶ Maintenir la machinerie lourde et autre équipement en bon état de fonctionnement et effectuer les entretiens nécessaires;
- ▶ Éviter de laisser tourner le moteur des engins de chantier et des camions lorsqu'ils ne sont pas utilisés.

Évaluation de l'impact résiduel

Compte tenu des mesures d'atténuation qui seront appliquées pour limiter le dérangement par le bruit, l'intensité de l'impact est jugée moyenne. Le dérangement se fera surtout ressentir à proximité de l'aire de travail et le long du corridor de transport, ce qui se traduit par une étendue locale de l'impact. La durée sera courte et limitée à la phase de construction.

L'application des mesures d'atténuation permettra de minimiser les impacts potentiels négatifs sur la composante *Climat sonore*. La valeur de l'impact résiduel est moyenne pendant la période de construction et l'impact résiduel est donc considéré non important (tableau 19).

Tableau 19 Importance de l'impact résiduel sur le climat sonore en phase de construction

Évaluation de l'importance de l'impact résiduel		
Période	Climat sonore	
Phase de construction	Valeur sociale et environnementale	Grande
	Degré de perturbation	Moyen
	Intensité	Forte
	Durée	Courte
	Indice durée/intensité	Moyen
	Étendue	Locale
	Valeur de l'impact résiduel	Moyenne
	Importance de l'impact résiduel	Non importante

8.4.2 Milieu biologique

8.4.2.1 Végétation riveraine et aquatique

Identification de l'impact et de ses sources

La mobilisation du chantier et l'accès à la plage sont susceptibles d'endommager la végétation sur le haut de talus. Pour réduire cet impact, on veillera à installer les roulottes de chantier et autres installations sur des aires dénudées ou gazonnées. Aussi, il n'y aura qu'un seul chemin d'accès à la plage et on veillera à utiliser un tracé qui ne requiert pas de débroussaillage. Il sera ainsi plus facile à la fin des travaux de regazonner les aires endommagées et de les remettre en état rapidement.

Les travaux de recharge de la plage et de construction de l'épi entraîneront un empiétement sur la végétation riveraine située au bas du talus ainsi que d'une partie de la végétation aquatique située aux extrémités de la zone d'intervention. Il s'agit d'une perte temporaire puisqu'une fois l'équilibre atteint, les végétaux pourront coloniser naturellement le sommet de la recharge.

La végétation riveraine est passablement dispersée au pied du talus et n'offre pas d'habitat de grande valeur pour la faune. La perte couvre une superficie de 3 398 m². Aucune espèce floristique à statut n'y a été répertoriée. Notons que la couche de sable qui sera déposée à la surface des matériaux granulaires plus grossiers sera favorable à l'établissement naturel de

l'élème des sables et de la gesse maritime qui sont déjà présents dans ce secteur. De plus, considérant que le sommet de la recharge de plage ne sera plus perturbé par les tempêtes, l'environnement sera plus stable et propice à l'établissement naturel de la végétation.

Pour ce qui est de la végétation aquatique, c'est une petite partie des herbiers de fucacée et de zostère qui seront détruits par la recharge, soit 2 927 m² sur les 22 862 m² disponible en face de la plage. Soulignons que la pierre de l'épi offrira un support adéquat pour ces algues, ce qui compensera en partie pour la surface empiétée par l'épi.

Mesures d'atténuation

Les mesures d'atténuation générales du projet seront appliquées afin de réduire les impacts négatifs potentiels sur la composante *Végétation riveraine et aquatique* pendant la période de construction (annexe G). Sans s'y limiter, les principales mesures d'atténuation qui seront appliquées sont les suivantes :

- ▶ Délimiter clairement les aires de travail et les voies d'accès afin de limiter le piétinement inutile de la végétation;
- ▶ Restaurer le couvert végétal de l'ensemble des surfaces où il aura été détruit sur le haut de talus ou au niveau du chemin d'accès en effectuant des plantations d'arbres et d'arbustes indigènes ou effectuant un ensemencement hydraulique d'herbacées indigènes adaptées à la région et aux conditions du site (pente, berge, talus, bord de route, etc.).

Évaluation de l'impact résiduel

Il s'agit d'un impact négatif et cette composante a une valeur faible puisqu'elle est commune à la région et qu'il n'y a pas d'espèce sensible ni d'espèce à statut particulier. Le degré de perturbation est moyen et l'intensité de l'impact est donc faible. La durée est moyenne, car elle se prolongera au-delà de la période de construction. L'indice durée/intensité est faible et l'étendue ponctuelle.

L'application des mesures d'atténuation permettra de minimiser les impacts potentiels négatifs sur la composante *Végétation aquatique et riveraine*. La valeur de l'impact résiduel est jugée mineure pendant la période de construction et l'impact résiduel est donc considéré non important (tableau 20).

Tableau 20 Importance de l'impact résiduel sur la végétation riveraine et aquatique en phase de construction

Évaluation de l'importance de l'impact résiduel		
Période	Végétation riveraine et aquatique	
Phase de construction	Valeur sociale et environnementale	Faible
	Degré de perturbation	Moyen
	Intensité	Faible
	Durée	Moyenne
	Indice durée/intensité	Faible
	Étendue	Ponctuelle
	Valeur de l'impact résiduel	Mineure
	Importance de l'impact résiduel	Non importante

8.4.2.2 Poisson et habitat

Identification de l'impact et de ses sources

Durant la phase de construction, les travaux de recharge de la plage, la construction de l'épi et la relocalisation de l'émissaire municipal sont susceptibles d'avoir un impact sur le poisson et son habitat. Ces activités sont susceptibles d'altérer la qualité des eaux de surface, notamment par l'émission de matières en suspension (voir section 8.4.1.3). L'utilisation de la machinerie, les matières résiduelles et les matières résiduelles dangereuses peuvent émettre des contaminants dans l'eau si leur gestion n'est pas appropriée, ce qui aurait également un effet sur le poisson et la qualité de l'habitat aquatique.

Les travaux de recharge de la plage entraîneront une modification du profil de la plage Rochelois (voir section 8.4.1.1). La pente de la recharge sera plus abrupte ce qui engendrera une modification locale des conditions hydrodynamiques du milieu. De plus, les travaux de recharge de la plage et de construction de l'épi entraîneront une modification de la composition granulométrique de la plage Rochelois, qui sera davantage marquée au niveau de l'épi.

Ces changements créeront un impact sur l'habitat du poisson, puisqu'en modifiant le profil de la pente, la marée haute ne pourra plus atteindre le haut de plage comme c'est le cas présentement. Il s'agira donc d'une perte d'habitat du poisson. Au total, la recharge de la plage empiète sur 15 070 m² d'habitat situé sous la PMSGM alors que l'épi empiète sur 840 m², soit un empiètement total de 15 910 m². Par rapport à la ligne des hautes eaux de récurrence 2 ans, l'empiètement total est de 22 310 m².

Le site des travaux correspond à une aire où il y a eu des observations de fraie de capelan. L'empiètement dans l'habitat du poisson ainsi que le changement granulométrique de la plage pourraient avoir un impact sur la fraie de cette espèce. La superficie utilisable pourrait être réduite ou l'espèce pourrait complètement désert le secteur de la plage Rochelois si les conditions ne sont plus adéquates. Bien que la recharge de plage ait un diamètre moyen de 15 mm, elle comportera une certaine quantité de sable. De plus, le granuloclasement des particules qui s'effectuera naturellement (remonté du sable vers la surface) combiné aux apports externes de sable devraient atténuer l'effet du projet et devrait permettre de maintenir la frayère à capelan. Puisque l'intervention sera effectuée sur la cellule hydrosédimentaire en entier, le sable aura tendance à demeurer en place. Cependant, comme c'est le cas actuellement, on peut s'attendre à ce que les fortes tempêtes entraînent le sable plus au large et qu'avec le temps, il soit emporté hors de la cellule.

Les fucaïes offrent un certain potentiel d'habitat d'alimentation pour le poisson puisqu'elles sont susceptibles d'abriter une plus grande densité d'organismes invertébrés. L'empiètement dans les fucaïes totalise 2 927 m². Il s'agit d'herbiers discontinus que l'on retrouve aux extrémités de la zone d'étude sur les affleurements rocheux et les blocs dispersés sur l'estran. Somme toute, il s'agit d'un habitat de faible valeur pour les invertébrés benthiques puisqu'on y retrouve une très faible densité et une très faible diversité.

Mesures d'atténuation

Les mesures d'atténuation générales du projet seront appliquées afin de réduire les impacts négatifs potentiels sur la composante *Poisson et habitat* pendant la période de construction

(annexe G). Sans s'y limiter, les principales mesures d'atténuation qui seront appliquées sont les suivantes :

- ▶ Déposer du sable à la surface des matériaux plus grossiers de la recharge de plage;
- ▶ Effectuer les travaux lorsque la marée est suffisamment basse afin de ne pas travailler dans l'eau;
- ▶ Entretenir et ravitailler les équipements et la machinerie dans une aire désignée et imperméable, à l'extérieur de tout cours d'eau, fossé, rive ou plaine inondable;
- ▶ Entreposer les produits pétroliers ou toute autre matière dangereuse à plus de 30 m du cours d'eau à l'abri des intempéries;
- ▶ Installer des conteneurs à déchets (matériaux secs et domestiques) sur le chantier;
- ▶ Utiliser des matériaux de remblai exempts de particules fines et de contaminants;
- ▶ Respecter la réglementation relative à l'entreposage et au transport des matières dangereuses (hydrocarbures), et entreposer les matières dangereuses à un endroit désigné à cette fin;
- ▶ Prévoir un plan d'intervention en cas de déversement accidentel de contaminants;
- ▶ Avoir en tout temps sur le site des travaux une trousse d'urgence en cas de déversement accidentel afin de confiner et de récupérer rapidement les produits qui pourraient être déversés. Si une telle situation se produit, éliminer les résidus dans un site autorisé et restaurer le site perturbé;
- ▶ Utiliser de la machinerie et des véhicules en bon état de fonctionnement afin de minimiser les risques de déversement d'huile et d'essence. L'utilisation d'une huile biodégradable devra être utilisée pour la machinerie travaillant à proximité du fleuve, à l'exception des camions-bennes;
- ▶ Ne pas faire circuler la machinerie dans l'eau et éviter de circuler sur les substrats silteux;
- ▶ La machinerie doit circuler dans les endroits déterminés et identifiés sur le chantier.

Évaluation de l'impact résiduel

Il s'agit d'un impact négatif et cette composante a une grande valeur puisqu'il y a présence d'espèces à statut particulier possible au large de la plage et qu'il y a des mentions de fraie du capelan sur la plage Rochelois. Le degré de perturbation est moyen et l'intensité de l'impact est donc forte. La durée est moyenne, l'indice durée/intensité est fort et l'étendue ponctuelle.

L'application des mesures d'atténuation permettra de minimiser les impacts potentiels négatifs sur la composante *Poisson et habitat*. La valeur de l'impact résiduel est moyenne pendant la période de construction et cet impact résiduel est donc considéré non important (tableau 21).

Tableau 21 Importance de l'impact résiduel sur le poisson et son habitat en phase de construction

Évaluation de l'importance de l'impact résiduel		
Période	Poisson et habitat	
Phase de construction	Valeur sociale et environnementale	Grande
	Degré de perturbation	Moyen
	Intensité	Forte
	Durée	Moyenne
	Indice durée/intensité	Fort
	Étendue	Ponctuelle
	Valeur de l'impact résiduel	Moyenne
	Importance de l'impact résiduel	Non importante

8.4.2.3 Mammifères marins

Identification de l'impact et de ses sources

Durant la phase de construction, les travaux de recharge de la plage, la construction de l'épi, la relocalisation de l'émissaire municipal et l'utilisation de la machinerie sont susceptibles d'avoir un impact sur les mammifères marins en raison du dérangement par le bruit.

Compte tenu du fait qu'il n'y aura pas de travaux directement dans l'eau, ce sont principalement les phoques qui pourraient utiliser les bancs de sable exondés ou les îles comme échouerie qui sont les plus susceptibles d'être touchés. Cependant, ces échoueries sont plus au large de la plage où les phoques ne devraient pas être perturbés par la réalisation des travaux sur la plage. Il n'y a que la plage qui sera peu propice aux pinnipèdes. Notons que la plage Rochelois n'est pas un site reconnu comme échouerie et que toute présence de phoque est déjà plutôt inusitée.

Mesures d'atténuation

Il n'y a pas de mesure d'atténuation prévue.

Évaluation de l'impact résiduel

Il s'agit d'un impact négatif et cette composante a une grande valeur. Le degré de perturbation est faible et l'intensité de l'impact est donc moyenne. La durée est courte, l'indice durée/intensité est moyen et l'étendue ponctuelle.

L'application des mesures d'atténuation permettra de minimiser les impacts potentiels négatifs sur la composante *Mammifères marins*. La valeur de l'impact résiduel est mineure pendant la période de construction et cet impact résiduel est donc considéré non important (tableau 22).

Tableau 22 Importance de l'impact résiduel sur les mammifères marins en phase de construction

Évaluation de l'importance de l'impact résiduel		
Période	Mammifères marins	
Phase de construction	Valeur sociale et environnementale	Grande
	Degré de perturbation	Faible
	Intensité	Moyenne
	Durée	Courte
	Indice durée/intensité	Faible
	Étendue	Ponctuelle
	Valeur de l'impact résiduel	Mineure
	Importance de l'impact résiduel	Non importante

8.4.2.4 Faune terrestre et avifaune

Identification de l'impact et de ses sources

Durant la phase de construction, les travaux de recharge de la plage, la construction de l'épi, la relocalisation de l'émissaire municipal et l'utilisation de la machinerie sont susceptibles d'avoir un impact sur la faune terrestre, notamment par l'empiétement sur la végétation riveraine et en raison du dérangement des espèces fauniques.

Cette composante correspond aux espèces de la faune terrestre, l'avifaune et leurs habitats qui peuvent être dérangées par les activités humaines lors des périodes visées pour l'une ou l'autre de leurs fonctions biologiques essentielles (reproduction, alimentation, migration). La principale activité susceptible de toucher la faune terrestre et avienne est l'aménagement de la recharge de plage en raison de la perte de végétation riveraine. Notons toutefois qu'il s'agit d'un habitat de faible qualité, situé en bordure d'un quartier résidentiel et que la végétation est morcelée en îlots sur le haut de plage. Le dérangement par le bruit pourrait perturber les activités des oiseaux de rivage qui se nourrissent sur l'estran à marée basse. Étant donné la vaste batture présente en face de la plage Rochelois, les oiseaux limicoles devraient être peu touchés puisqu'ils trouveront des endroits propices à leur alimentation à proximité du site des travaux.

Mesures d'atténuation

Les mesures d'atténuation générales du projet seront appliquées afin de réduire les impacts négatifs potentiels sur la composante *Faune terrestre et avifaune* pendant la période de construction (annexe G). Sans s'y limiter, les principales mesures d'atténuation qui seront appliquées sont les suivantes :

- ▶ Délimiter clairement les aires de travail et les voies d'accès afin de limiter le piétinement inutile de la végétation;
- ▶ Restaurer le couvert végétal de l'ensemble des surfaces où il aura été détruit sur le haut de talus ou au niveau du chemin d'accès en effectuant des plantations d'arbres et d'arbustes indigènes ou effectuant un ensemencement hydraulique d'herbacées indigènes adaptées à la région et aux conditions du site (pente, berge, talus, bord de route, etc.);

- Entretenir et ravitailler les équipements et la machinerie dans une aire désignée et imperméable, à l'extérieur de tout cours d'eau, fossé, rive ou plaine inondable;
- La machinerie doit circuler dans les endroits déterminés et identifiés sur le chantier.

Évaluation de l'impact résiduel

Compte tenu de la présence plus ou moins abondante d'habitat de qualité et d'espèces fauniques terrestres et d'oiseaux aux environs de la zone des travaux ainsi que de la faible probabilité d'observer une espèce à statut précaire, une valeur moyenne à faible est accordée à cette composante. Le degré de perturbation et l'intensité de l'impact sont moyens alors que la durée sera moyenne. L'indice durée/intensité est faible à moyen et l'étendue ponctuelle.

L'application des mesures d'atténuation permettra de minimiser les impacts potentiels négatifs sur la composante *Faune terrestre et avifaune*. La valeur de l'impact résiduel est mineure pendant la période de construction et cet impact résiduel est donc considéré non important (tableau 23).

Tableau 23 Importance de l'impact résiduel sur la faune terrestre et l'avifaune en phase de construction

Évaluation de l'importance de l'impact résiduel		
Période	Faune terrestre et avifaune	
Phase de construction	Valeur sociale et environnementale	Faible à moyenne
	Degré de perturbation	Moyen
	Intensité	Faible à moyenne
	Durée	Moyenne
	Indice durée/intensité	Faible à moyenne
	Étendue	Ponctuelle
	Valeur de l'impact résiduel	Mineure
	Importance de l'impact résiduel	Non importante

8.4.3 Milieu humain

8.4.3.1 Utilisation du territoire

Identification de l'impact et de ses sources

Durant la phase de construction, les travaux de préparation de site, les travaux de recharge de la plage et l'utilisation de la machinerie sont susceptibles d'avoir un impact sur l'utilisation du territoire, mais également sur les activités récréotouristiques, spécialement dans le secteur proche des travaux. Le passage répété des camions pourrait aussi entraîner des perturbations à la circulation locale. En effet, les travaux de préparation de site et les travaux de construction occasionneront davantage de passage de véhicules sur le territoire, notamment durant la pointe des travaux. Pour préparer les sites, par exemple, des matériaux, des équipements et de la main-d'œuvre seront nécessaires pour mettre en place les chantiers et les accès. Ces activités de mobilisation et de démobilisation pourraient occasionner certains désagréments pour les usagers du site et les résidents des environs.

La piste cyclable qui passe dans le quartier et longe la plage Rochelois devra être déplacée temporairement durant la phase de construction comme mesure préventive de sécurité pour ses utilisateurs.

De plus, durant les travaux de construction le site sera clôturé afin d'empêcher la population d'accéder temporairement à la plage et au parc municipal étant donné la présence de la machinerie et la circulation de nombreux camions lourds qui y déposeront les matériaux granulaires. Les activités normalement réalisées sur la plage de Rochelois (pique-nique, aire de jeux pour les enfants, observations du panorama, aire de repos, etc.) seront perturbées par les travaux et la présence de la machinerie pendant la période estivale. Cet emplacement utilisé par la population pour des pique-niques, comme aire de repos, pour des promenades ou pour l'observation du paysage, ne sera pas accessible pour un certain temps.

Mesures d'atténuation

Les mesures d'atténuation générales du projet seront appliquées afin de réduire les impacts négatifs potentiels sur la composante *Utilisation du territoire* pendant la période de construction (annexe G). Sans s'y limiter, les principales mesures d'atténuation qui seront appliquées sont les suivantes :

- ▶ Communiquer préalablement les périodes de travaux aux citoyens et aux usagers du site afin de limiter les impacts sur l'usage de la plage et les activités récréatives rattachées;
- ▶ Au besoin, mettre en place une signalisation appropriée ou toute autre mesure jugée pertinente afin de limiter les perturbations potentielles à la circulation routière locale;
- ▶ Circuler uniquement aux endroits prédéterminés et identifiés par le plan de gestion de la circulation (chemins d'accès et aires désignées pour les travaux);
- ▶ Éviter les zones sensibles comme les zones scolaires, les parcs et les voies commerciales les plus achalandées dans la planification du trajet retenu, lorsque possible;
- ▶ Baliser les chemins d'accès à l'aide de panneaux de signalisation et de clôture de chantier;
- ▶ Contrôler l'accès au site en balisant les accès et en mettant en place les infrastructures nécessaires pour éviter toute intrusion;
- ▶ Déplacer la piste cyclable le temps de la phase de construction et le temps qu'il y aura une circulation accrue de camion dans le secteur.

Évaluation de l'impact résiduel

L'application des mesures d'atténuation permettra de minimiser les impacts potentiels négatifs sur la composante *Utilisation du territoire*. La valeur de l'impact résiduel demeure moyenne durant le temps de la période de construction et cet impact résiduel est donc considéré non important (tableau 24).

Tableau 24 Importance de l'impact résiduel sur l'utilisation du territoire en phase de construction

Évaluation de l'importance de l'impact résiduel		
Période	Utilisation du territoire	
Phase de construction	Valeur sociale et environnementale	Grande
	Degré de perturbation	Fort
	Intensité	Forte
	Durée	Courte
	Indice durée/intensité	Moyen
	Étendue	Locale
	Valeur de l'impact résiduel	Moyenne
	Importance de l'impact résiduel	Non importante

8.4.3.2 Qualité de vie

Identification de l'impact et de ses sources

La qualité de vie est une notion difficile à définir. Dans le cadre de ce projet, une atteinte à la qualité de vie pourrait se traduire par des préjudices causés à certaines composantes valorisées par le milieu comme la santé, la quiétude, le paysage et la qualité de l'air. Tout chantier occasionne inévitablement un certain nombre de nuisances susceptibles de perturber temporairement la qualité de vie du voisinage. Ces nuisances sont d'autant plus importantes que la période des travaux s'étale dans le temps.

Durant la phase de construction, la mobilisation du chantier, la gestion de la circulation, la préparation du site, l'utilisation et la circulation de la machinerie et la recharge de la plage sont susceptibles d'avoir un impact sur la qualité de vie, notamment par les nuisances que ces activités engendrent durant la période construction et en raison des dérangements que cela peut causer aux résidents avoisinant le projet. Les nuisances ou dérangements qui peuvent affecter la qualité de vie sont principalement le bruit, les poussières, la quiétude et l'impossibilité de vaquer à certaines activités extérieures.

Tout ce qui concerne les déplacements que ce soit des camions, des véhicules des travailleurs et de la machinerie sur la plage occasionneront certainement plus de bruit qu'en temps normal. Le bruit proviendra des moteurs des camions et de leur déchargement directement sur le haut de la plage, de l'utilisation normale de voiture, mais aussi lors des déplacements de la machinerie sur le site, de l'utilisation de la machinerie pour étendre et compacter les matériaux granulaires sur la plage. Tel qu'indiqué à la section 6.2.2.1, le scénario envisagé comprendra 12 camions-bennes pouvant faire 10 voyages par jour à raison de 5 jours par semaine durant 26 semaines. Le bruit généré par cette circulation pourra troubler la vie paisible des citoyens du quartier le temps des travaux.

Qui dit déplacement, dit également émission potentielle de poussières, mais aussi attribuable aux travaux de préparation de site et lors des travaux de construction. Bien qu'une augmentation de circulation dans le secteur augmente la possibilité d'émettre des poussières, notamment lors du transport des matériaux et par la quantité de camions prévue pour apporter ces matériaux, les résidents avoisinant le projet et ceux situés près de la route de circulation pourraient être affectés par cet apport potentiel de poussières. Avec les vents provenant de l'est, cela pourrait contribuer davantage à cette dispersion de poussières vers

les résidences lors de journée de grands vents. Toutefois, il est prévu d'appliquer des mesures d'atténuation pour réduire ces émissions, notamment en réduisant l'empreinte du chantier, en favorisant l'utilisation d'aires déjà pavée et par l'application d'abat-poussières. De plus, les camions transportant des matériaux en vrac seront recouverts de bâches afin de prévenir l'émission diffuse de particules et la perte de matériaux sur la chaussée.

Le secteur visé par les travaux est généralement un secteur paisible et même en présence d'activités de loisir qui se déroulent sur la plage, le secteur demeure tranquille. Les travaux seront limités à un horaire ne dépassant pas 18 h le soir et débutant vers 6 h le matin. Si les travaux doivent déroger à cet horaire certaines journées, notamment en raison de contraintes que la marée pourrait imposer, les résidents de la rue des Rochelois en seraient avisés.

Mesures d'atténuation

Les mesures d'atténuation générales du projet seront appliquées afin de réduire les impacts négatifs potentiels sur la composante *Qualité de vie* pendant la période de construction (annexe G). Sans s'y limiter, les principales mesures d'atténuation qui seront appliquées sont les suivantes :

- ▶ Communiquer préalablement les périodes de travaux aux citoyens et aux usagers du site non seulement pour éviter des surprises, mais aussi pour informer la population de la possibilité de contacter un représentant de la municipalité en cas de dérangement ou de problèmes rencontrés;
- ▶ Nettoyer régulièrement les rues avec un camion-balai pour assurer la propreté du secteur et éviter qu'il n'y ait une émission de poussières par temps venteux ou de gravier sur la chaussée;
- ▶ Limiter la vitesse des véhicules sur le chantier et à proximité à 15 km/h pour la sécurité des citoyens résidants aux alentours et pour ne pas soulever de la poussière au passage des véhicules;
- ▶ Circuler uniquement aux endroits prédéterminés et identifiés par le plan de gestion de la circulation (chemins d'accès et aires désignées pour les travaux);
- ▶ Informer les citoyens du trajet emprunté par les véhicules lourds et de l'horaire des transports;
- ▶ Au besoin, poser un recouvrement anti-érosion sur les sols dénudés en attendant la remise en état des lieux;
- ▶ Éviter de laisser tourner inutilement les moteurs des engins de chantier et des véhicules lorsqu'ils ne sont pas utilisés;
- ▶ Utiliser des dispositifs d'atténuation du bruit, lorsque possible, sur les véhicules et la machinerie;
- ▶ Utiliser les équipements bruyants le plus loin possible des résidences, si possible;
- ▶ Utiliser des matériaux de remblai exempts de particules fines et de contaminants.

Évaluation de l'impact résiduel

L'application des mesures d'atténuation permettra de minimiser les impacts potentiels négatifs sur la composante *Qualité de vie*. La valeur de l'impact résiduel demeure mineure durant le temps de la période de construction et cet impact résiduel est donc considéré non important (tableau 25).

Tableau 25 Importance de l'impact résiduel sur la qualité de vie en phase de construction

Évaluation de l'importance de l'impact résiduel		
Période	Qualité de vie	
Phase de construction	Valeur sociale et environnementale	Grande
	Degré de perturbation	Faible
	Intensité	Moyenne
	Durée	Courte
	Indice durée/intensité	Faible
	Étendue	Locale
	Valeur de l'impact résiduel	Mineure
	Importance de l'impact résiduel	Non importante

8.4.3.3 Sécurité du public et des usagers

Identification de l'impact et de ses sources

Pendant la durée de la période de construction, un bon nombre de déplacements de camions auront lieu sur la rue des Rochelois, en provenance de la route 138, via le boulevard du Portage-des-Mousses. Ils traverseront une zone résidentielle où de nombreuses familles résident. Le secteur comporte deux écoles de quartier, un centre de la petite enfance (CPE) et des parcs municipaux. De plus, une piste cyclable longe la rue des Rochelois et la rive de la plage Rochelois. L'impact potentiel sur le plan de la sécurité du public et des usagers est lié à l'augmentation d'accidents si aucune mesure n'est mise en place. La gravité des accidents peut être préoccupante lorsqu'il est question de camion-benne. En effet, la hauteur des camions et leurs angles morts sont des facteurs qui ne permettent pas toujours une très bonne visibilité pour les conducteurs.

Les sources des impacts potentiels sont donc liées à la mobilisation du chantier, la gestion de la circulation et la préparation du site, à l'utilisation et circulation de la machinerie, à la recharge de la plage, la relocalisation de l'émissaire et à la remise en état des lieux. Toutes les activités comprenant du déplacement de machinerie, de véhicules ou de camions peuvent engendrer une augmentation des risques d'accident si aucune mesure de prévention n'est prise.

Mesures d'atténuation

Les mesures d'atténuation générales du projet seront appliquées afin de réduire les impacts négatifs potentiels sur la composante *Sécurité du public et des usagers* pendant la période de construction (annexe G). Sans s'y limiter, les principales mesures d'atténuation qui seront appliquées sont les suivantes :

- Communiquer préalablement les périodes de travaux aux citoyens et aux usagers du site afin d'éviter des surprises, et pour informer la population de la possibilité de contacter un représentant de la municipalité en cas de dérangement ou de problèmes rencontrés;
- Rendre public le calendrier de réalisation des travaux et communiquer rapidement tout changement non prévu;

- Baliser les chemins d'accès à l'aide de panneaux de signalisation et de clôture de chantier;
- Avoir un surveillant de chantier qui contrôle les entrées et sorties des camions du site vers la rue des Rochelois;
- Contrôler l'accès au site en balisant les accès et en mettant en place les infrastructures nécessaires pour éviter toute intrusion;
- Déplacer la piste cyclable durant toute la période de la phase de construction.

Évaluation de l'impact résiduel

L'application des mesures d'atténuation permettra de minimiser les impacts potentiels négatifs sur la composante *Sécurité du public et des usagers*. La valeur de l'impact résiduel demeure mineure durant le temps de la période de construction et cet impact résiduel est donc considéré non important (tableau 26).

Tableau 26 Importance de l'impact résiduel sur la sécurité du public et des usagers en phase de construction

Évaluation de l'importance de l'impact résiduel		
Période	Sécurité du public et des usagers	
Phase de construction	Valeur sociale et environnementale	Très grande
	Degré de perturbation	Faible
	Intensité	Moyenne
	Durée	Courte
	Indice durée/intensité	Faible
	Étendue	Locale
	Valeur de l'impact résiduel	Mineure
	Importance de l'impact résiduel	Non importante

8.4.3.4 Environnement visuel et paysage

Identification de l'impact et de ses sources

Pendant la phase de construction, les sources d'impact sur l'environnement visuel et le paysage sont reliées à la préparation du site, à l'utilisation et la circulation de la machinerie, à la recharge de la plage, à la construction de l'épi et à la relocalisation de l'émissaire

Les impacts potentiels appréhendés sur l'environnement visuel et le paysage en période de construction seront surtout localisés à l'endroit des travaux sur la plage Rochelois. Comme ce secteur est principalement un paysage ouvert vers le fleuve avec une longue percée visuelle qui permet de voir des bateaux naviguer, l'épave Lady Era à plus d'un kilomètre de la plage et les différentes îles au large, les travaux changeront pour une courte durée ce paysage. Durant les travaux, des clôtures seront installées pour limiter l'accès temporairement à la population et, de ce fait, l'aspect esthétique habituel en sera modifié. Les travaux seront perceptibles par les usagers de la rue, les cyclistes ou piétons, mais aussi par les résidents demeurant vis-à-vis ou en biais par rapport à la plage ou encore par ceux restant en bordure de la plage du côté ouest.

Les travaux ne se réaliseront que le jour, donc aucun éclairage ne sera nécessaire. Il n'y aura donc pas de nuisance causée par de l'éclairage d'appoint pouvant altérer davantage le paysage.

Mesures d'atténuation

Aucune mesure d'atténuation n'est prévue.

Évaluation de l'impact résiduel

L'importance des impacts résiduels pour la composante *Environnement visuel et paysage* demeure cependant mineure durant le temps de la période de construction et cet impact résiduel est donc considéré non important (tableau 27).

Tableau 27 Importance de l'impact résiduel sur l'environnement visuel et paysage en phase de construction

Évaluation de l'importance de l'impact résiduel		
Période	Environnement visuel et paysage	
Phase de construction	Valeur sociale et environnementale	Grande
	Degré de perturbation	Faible
	Intensité	Moyenne
	Durée	Courte
	Indice durée/intensité	Faible
	Étendue	Ponctuelle
	Valeur de l'impact résiduel	Mineure
	Importance de l'impact résiduel	Non importante

8.5 Impacts en phase d'exploitation et d'entretien

8.5.1 Milieu physique

8.5.1.1 Profil de la plage

Identification de l'impact et de ses sources

Le profil de la plage est susceptible d'évoluer au fil du temps, notamment au niveau de la recharge de plage. Même si elle est conçue pour durer 30 ans sans entretien, les matériaux de surface, soit le sable sera plus facilement transporté par les courants. Il y aura donc des sections de plage plus sujettes à l'érosion et d'autre à l'accumulation de sable. Les matériaux granulaires auront également tendance à s'étaler avec le temps, ce qui entraînera aussi une modification du profil de la plage. Notons que ces changements seront mineurs comparativement à la situation actuelle. L'ouvrage sera somme toute beaucoup plus stable.

Mesures d'atténuation

Il n'y a pas de mesure d'atténuation applicable pour cet impact. Un suivi du profil de la plage est toutefois préconisé pour documenter son évolution (section 10).

Évaluation de l'impact résiduel

Il s'agit d'un impact à la fois positif et négatif en raison de son incidence sur d'autres composantes. Cette composante a une valeur moyenne puisqu'une partie de la plage constitue un habitat du poisson et qu'elle procure un milieu propice aux activités récréotouristiques et un attrait visuel pour les résidents de Port-Cartier. Le degré de perturbation est somme toute jugé faible puisque la pente, dans son ensemble, sera plus stable qu'en condition actuelle. L'intensité de l'impact est donc faible. La durée est longue, l'indice durée/intensité est moyen et l'étendue ponctuelle. La valeur de l'impact est mineure pendant la phase d'exploitation et d'entretien et cet impact résiduel est donc considéré non important (tableau 24).

Tableau 28 Importance de l'impact résiduel sur le profil de la plage en phase d'exploitation et d'entretien

Évaluation de l'importance de l'impact résiduel		
Période	Profil de la plage	
Phase d'exploitation et d'entretien	Valeur sociale et environnementale	Moyenne
	Degré de perturbation	Faible
	Intensité	Faible
	Durée	Longue
	Indice durée/intensité	Moyen
	Étendue	Ponctuelle
	Valeur de l'impact résiduel	Mineure
	Importance de l'impact résiduel	Non importante

8.5.1.2 Régime sédimentaire

Identification de l'impact et de ses sources

La présence des ouvrages aura un impact sur le régime sédimentaire durant la phase d'exploitation. L'épi aura pour effet d'entraver le transport sédimentaire vers la plage plus à l'est. Notons que les apports vers cette petite plage sont actuellement très faibles puisque les tempêtes ont tendance à emporter le sable de la plage Rochelois vers le large. Cette partie de la plage n'est pas comprise dans la cellule hydrosédimentaire de la baie de l'Abri dont fait partie le reste de la plage Rochelois. Néanmoins, une partie du sable de surface sera emportée par la dérive littorale avec le temps et contribuera au maintien de la petite plage à l'est.

Mesures d'atténuation

Il n'y a pas de mesure d'atténuation applicable pour cet impact.

Évaluation de l'impact résiduel

Il s'agit d'un impact négatif en raison de son incidence sur la plage située plus à l'est. Cette composante a une valeur moyenne puisqu'elle a une incidence sur plusieurs composantes biologiques. Le degré de perturbation est somme toute jugé faible puisque les apports provenant de la plage Rochelois sont faibles et qu'une partie du sable continuera de transiter vers l'est. L'intensité de l'impact est donc faible. La durée est longue, l'indice durée/intensité

est moyen et l'étendue locale. La valeur de l'impact est mineure pendant la phase d'exploitation et d'entretien et cet impact résiduel est donc considéré non important (tableau 29).

Tableau 29 Importance de l'impact résiduel sur le régime sédimentaire en phase d'exploitation et d'entretien

Évaluation de l'importance de l'impact résiduel		
Période	Régime sédimentaire	
Phase d'exploitation et d'entretien	Valeur sociale et environnementale	Moyenne
	Degré de perturbation	Faible
	Intensité	Faible
	Durée	Longue
	Indice durée/intensité	Moyen
	Étendue	Locale
	Valeur de l'impact résiduel	Moyenne
	Importance de l'impact résiduel	Non importante

8.5.1.3 Composition granulométrique de la plage

Identification de l'impact et de ses sources

La présence des ouvrages entraînera une modification de la composition du substrat à proximité de ces derniers. En effet, l'étalement du sable et du gravier modifiera la composition du substrat sur quelque 20 à 25 m au large de la plage. Pour ce qui est de l'épi, des blocs se retrouveront sur le pourtour de la partie submergée. Compte tenu du fait que la couche de surface de la recharge sera constituée de sable, son étalement sera peu perceptible puisqu'il se mélangera à celui déjà présent dans le secteur. Notons également qu'avec le temps un classement naturel des particules s'effectuera de sorte que le sable de la recharge de plage aura tendance à remonter vers la surface alors que les particules plus grossières se retrouveront dans les couches plus profondes.

Mesures d'atténuation

La mesure suivante sera appliquée pour préserver atténuer la modification de la composition granulométrique de la plage :

- Déposer du sable à la surface des matériaux plus grossiers de la recharge de plage.

Évaluation de l'impact résiduel

Comme pour le profil de la plage, il s'agit d'un impact à la fois positif et négatif en raison de son incidence sur d'autres composantes. Cette composante a une valeur moyenne puisqu'une partie de la plage constitue un habitat du poisson et qu'elle procure un milieu propice aux activités récréotouristiques des résidents de Port-Cartier. Le degré de perturbation est somme toute jugé faible. L'intensité de l'impact est faible et la durée est longue. L'indice durée/intensité est moyen et l'étendue ponctuelle. La valeur de l'impact est mineure pendant la phase d'exploitation et d'entretien et cet impact résiduel est donc considéré non important (tableau 30).

Tableau 30 Importance de l'impact résiduel sur la composition granulométrique de la plage en phase d'exploitation et d'entretien

Évaluation de l'importance de l'impact résiduel		
Période	Composition granulométrique de la plage	
Phase d'exploitation et d'entretien	Valeur sociale et environnementale	Moyenne
	Degré de perturbation	Faible
	Intensité	Faible
	Durée	Longue
	Indice durée/intensité	Moyen
	Étendue	Ponctuelle
	Valeur de l'impact résiduel	Mineure
	Importance de l'impact résiduel	Non importante

8.5.1.4 Qualité de l'eau de surface

Identification de l'impact et de ses sources

L'entretien des ouvrages est susceptible d'avoir un impact sur la *Qualité de l'eau de surface*. La description de l'impact à la section 8.4.1.3 s'applique également à la phase d'exploitation.

Mesures d'atténuation

Les mesures présentées à la section 8.4.1.3 s'appliquent.

Évaluation de l'impact résiduel

Comme pour la phase de construction, la valeur de l'impact résiduel de l'entretien des ouvrages sur la *Qualité de l'eau de surface* est jugée mineure et donc non importante.

8.5.1.5 Qualité des sols et des sédiments

Identification de l'impact et de ses sources

L'entretien des ouvrages est susceptible d'avoir un impact sur la *Qualité des sols et des sédiments*. La description de l'impact à la section 8.4.1.4 s'applique également à la phase d'exploitation.

Mesures d'atténuation

Les mesures présentées à la section 8.4.1.4 s'appliquent.

Évaluation de l'impact résiduel

Comme pour la phase de construction, la valeur de l'impact résiduel de l'entretien des ouvrages sur la *Qualité des sols et des sédiments* est jugée mineure et donc non importante.

8.5.1.6 Qualité de l'air

Identification de l'impact et de ses sources

L'entretien des ouvrages est susceptible d'avoir un impact sur la qualité de l'air. De manière générale, la description de l'impact à la section 8.4.1.4 s'applique également à la phase d'exploitation. Cependant, la durée des travaux d'entretien s'étendra sur seulement quelques semaines et le nombre de voyages de camions-bennes sera beaucoup plus faible.

Mesures d'atténuation

Les mesures présentées à la section 8.4.1.4 s'appliquent.

Évaluation de l'impact résiduel

En raison de l'envergure des travaux beaucoup moins importante durant la phase d'exploitation et d'entretien, la durée est plus courte qu'en phase de construction même si les entretiens seront nécessaires pour assurer la pérennité des usages de la plage. Il en résulte un impact sur la *Qualité de l'air* jugé mineur et, par conséquent, considéré non important (tableau 31).

Tableau 31 Importance de l'impact résiduel sur la qualité de l'air en phase d'exploitation et d'entretien

Évaluation de l'importance de l'impact résiduel		
Période	Qualité de l'air	
Phase d'exploitation et d'entretien	Valeur sociale et environnementale	Moyenne
	Degré de perturbation	Faible
	Intensité	Faible
	Durée	Courte
	Indice durée/intensité	Faible
	Étendue	Locale
	Valeur de l'impact résiduel	Mineure
	Importance de l'impact résiduel	Non importante

8.5.2 Milieu biologique

8.5.2.1 Végétation riveraine et aquatique

Identification de l'impact et de ses sources

Durant la phase d'exploitation et d'entretien, la présence de l'épi aura un impact positif puisque l'empierrement constituera un support pour la fixation des algues et des organismes épibenthiques. L'ouvrage permettra de compenser, en partie pour l'empiétement de la recharge de plage sur les substrats rocheux déjà présents aux extrémités de la plage.

Par contre, les travaux d'entretien pourraient avoir un impact négatif sur la reprise de la végétation riveraine en raison du piétinement. Toutefois, ceux-ci seront peu fréquents et la végétation aura le temps de se rétablir.

Mesures d'atténuation

Les mesures d'atténuation concernant la végétation riveraine et aquatique présentées à la section 8.4.2.1 sont également applicables durant la phase d'exploitation et d'entretien (annexe G).

Évaluation de l'impact résiduel

Il s'agit d'un impact à la fois positif et négatif et cette composante a une valeur faible. Le degré de perturbation est faible et l'intensité de l'impact est donc faible. La durée est longue, l'indice durée/intensité est moyen et l'étendue ponctuelle. L'application des mesures d'atténuation permettra de minimiser les impacts potentiels négatifs sur la composante *Végétation aquatique et riveraine*. La valeur de l'impact résiduel est mineure pendant la phase d'exploitation. Cet impact résiduel est donc considéré non important (tableau 32).

Tableau 32 Importance de l'impact résiduel sur la végétation riveraine et aquatique en phase d'exploitation et d'entretien

Évaluation de l'importance de l'impact résiduel		
Période	Végétation riveraine et aquatique	
Phase d'exploitation et d'entretien	Valeur sociale et environnementale	Faible
	Degré de perturbation	Faible
	Intensité	Faible
	Durée	Longue
	Indice durée/intensité	Moyen
	Étendue	Ponctuelle
	Valeur de l'impact résiduel	Mineure
	Importance de l'impact résiduel	Non importante

8.5.2.2 Poisson et habitat

Identification de l'impact et de ses sources

L'entretien des ouvrages est susceptible d'avoir un impact sur le poisson et son habitat, notamment en ce qui a trait l'altération de la qualité de l'eau (voir section 8.4.2.2).

Mesures d'atténuation

Les mesures présentées à la section 8.4.2.2 s'appliquent.

Évaluation de l'impact résiduel

Il s'agit d'un impact négatif et cette composante a une grande valeur puisqu'il y a présence d'espèces à statut particulier possible au large de la plage et qu'il y a des mentions de fraie du capelan sur la plage Rochelois. Le degré de perturbation est faible et l'intensité de l'impact est donc moyenne. La durée est courte puisque chaque entretien nécessitera quelques semaines seulement. L'indice durée/intensité est moyen et l'étendue ponctuelle. La valeur de l'impact résiduel sur la composante *Poisson et habitat* est mineure pendant la phase d'exploitation et cet impact résiduel est donc considéré non important (tableau 33).

Tableau 33 Importance de l'impact résiduel sur le poisson et son habitat en phase d'exploitation et d'entretien

Évaluation de l'importance de l'impact résiduel		
Période	Poisson et habitat	
Phase d'exploitation et d'entretien	Valeur sociale et environnementale	Grande
	Degré de perturbation	Faible
	Intensité	Moyenne
	Durée	Courte
	Indice durée/intensité	Faible
	Étendue	Ponctuelle
	Valeur de l'impact résiduel	Mineure
	Importance de l'impact résiduel	Non importante

8.5.3 Milieu humain

8.5.3.1 Utilisation du territoire

Identification de l'impact et de ses sources

Lors de la phase d'exploitation et d'entretien, tel qu'indiqué à la section 8.5.1.1, la couche de sable de surface de la recharge de plage nécessitera un entretien à certains endroits puisqu'il est possible qu'une partie soit emportée vers le large par les courants et les vagues en dépit de l'épi qui a pour fonction d'entraver le transport sédimentaire. Cette modification du profil de la plage au fil du temps sera mineure, car l'ouvrage, conçu pour durer 30 ans sans entretien, a pour but de diminuer le transport sédimentaire et stabiliser la plage.

Ainsi, dans le cas où un entretien s'avère malgré tout nécessaire à certains endroits, la plage restera tout de même accessible la plupart du temps.

En ce qui a trait à la piste cyclable, une fois les travaux effectués, cette dernière sera rouverte et accessible. Il n'y aura donc aucun impact sur l'usage de la piste cyclable durant la phase d'exploitation, de même que pour l'utilisation du parc municipal.

Mesures d'atténuation

Il n'y a pas de mesure d'atténuation applicable pour cet impact, à moins que des travaux d'entretien soient nécessaires. Dans ce cas, les mesures d'atténuation indiquées à la section 8.4.3.1 s'appliqueraient. Un suivi du profil de la plage est toutefois préconisé pour documenter son évolution et permettre de contrer plus rapidement la perte d'efficacité de la recharge ou de l'épi (section 10).

Évaluation de l'impact résiduel

Une fois les travaux complétés et la remise en état des lieux, le secteur de la plage sera accessible à tous, de même que la piste cyclable. Comme les tempêtes seront moins

susceptibles d'éroder la plage et que la piste cyclable sera mieux protégée, l'impact résiduel est considéré positif.

8.5.3.2 Qualité de vie

Identification de l'impact et de ses sources

En période d'exploitation et d'entretien, il y aura peu d'impacts significatifs sur la qualité de l'air, le milieu sonore et la quiétude du quartier redeviendra normale.

Mesures d'atténuation

Aucune mesure d'atténuation courante ou spécifique ne sera utilisée, puisque la situation redeviendra normale durant la phase d'exploitation.

Évaluation de l'impact résiduel

Une fois les travaux complétés et la remise en état des lieux, la quiétude des lieux reviendra semblable à ce qu'elle était avant et même davantage puisque que le projet devrait assurer une plus grande quiétude des résidents bordant la plage lors des tempêtes. Cet impact résiduel est donc jugé positif.

8.5.3.3 Sécurité du public et des usagers

Identification de l'impact et de ses sources

En période d'exploitation et d'entretien, la présence de la recharge de plage aura pour effet de diminuer l'effet érosif destructeur des vagues de tempête sur les berges et de protéger les infrastructures municipales. Il s'agit d'une répercussion positive de la présence des ouvrages sur la sécurité du public et des usagers.

Mesures d'atténuation

Aucune mesure d'atténuation courante ou spécifique ne sera utilisée durant la phase d'exploitation.

Évaluation de l'impact résiduel

Une fois les travaux complétés et la remise en état des lieux faite, la sécurité du public et des usagers reviendra comme avant, ainsi l'impact résiduel est considéré positif.

8.5.3.4 Environnement visuel et paysage

Identification de l'impact et de ses sources

En période d'exploitation et d'entretien, il y aura peu d'impacts significatifs sur l'environnement visuel et le paysage. Les quelques changements apportés au profil de la plage ne feront qu'améliorer la situation actuelle et apporter une plus grande stabilité. L'objectif est aussi d'assurer la conservation d'un panorama esthétique. À cet effet, il est d'ailleurs prévu de rajouter une couche de sable pour couvrir le matériau granulaire pour donner une finition plus intéressante pour les usagers. La vue dégagée à partir de la rue des Rochelois sera toujours présente, une fois la remise en état des lieux. Signalons enfin que le fait de ne pas réaliser ce projet conduirait vraisemblablement à la disparition de la plage

actuelle. Pour ces différentes raisons, il est considéré que la présence des ouvrages aura un effet positif sur l'environnement visuel et sur le paysage.

Mesures d'atténuation

Aucune mesure d'atténuation courante ou spécifique ne sera utilisée durant la phase d'exploitation.

Évaluation de l'impact résiduel

Une fois les travaux complétés et la remise en état des lieux, l'environnement visuel et le paysage reviendra comme avant, sinon mieux, ainsi l'impact résiduel est considéré positif.

8.6 Bilan des impacts

Une synthèse de l'analyse des impacts en phase de construction, de même qu'en phase d'exploitation et d'entretien est présentée aux tableaux 34 et 35. Il ressort de l'analyse que les principaux impacts durant la phase de construction touchent le climat sonore, l'habitat du poisson et l'utilisation du territoire. Ces impacts résiduels, soient après l'application des mesures d'atténuation, ont une valeur jugée moyenne. Dans l'ensemble, le projet entraînera peu d'impacts résiduels, et ils sont tous considérés non importants.

Tableau 34 Bilan des impacts négatifs résiduels et des mesures d'atténuation applicables au projet durant la phase de construction

COMPOSANTE DE L'ENVIRONNEMENT	ACTIVITÉ DU PROJET	DESCRIPTION DE L'IMPACT	PARAMÈTRE DE L'ÉVALUATION DE L'IMPACT ET IMPORTANCE DE L'IMPACT	MESURE D'ATTÉNUATION	PARAMÈTRE D'ÉVALUATION DE L'IMPACT APRÈS MESURES D'ATTÉNUATION	IMPORTANCE DE L'IMPACT RÉSIDUEL
Milieu physique						
Profil de la plage	<ul style="list-style-type: none">► Recharge de la plage► Construction de l'épi► Relocalisation de l'émissaire	<ul style="list-style-type: none">► Modification du profil de la pente	Valeur environnementale : Moyenne Degré de perturbation : Faible Intensité : Faible Durée : Moyenne Indice Intensité/Durée : Faible Étendue : Ponctuelle Valeur de l'impact : Mineure	<ul style="list-style-type: none">► Aucune	Valeur environnementale : Moyenne Degré de perturbation : Faible Intensité : Faible Durée : Moyenne Indice Intensité/Durée : Faible Étendue : Ponctuelle Valeur de l'impact résiduel : Mineure	Non important
Régime sédimentaire	<ul style="list-style-type: none">► Non applicable		Aucun impact négatif n'est attendu sur le régime sédimentaire.			
Composition granulométrique du substrat	<ul style="list-style-type: none">► Recharge de la plage► Construction de l'épi► Relocalisation de l'émissaire	<ul style="list-style-type: none">► Modification de la composition granulométrique de la plage	Valeur environnementale : Moyenne Degré de perturbation : Faible et fort Intensité : Faible à moyenne Durée : Longue Indice Intensité/Durée : Moyen à fort Étendue : Ponctuelle Valeur de l'impact : Mineure	<ul style="list-style-type: none">► Aucune	Valeur environnementale : Moyenne Degré de perturbation : Faible et fort Intensité : Faible à moyenne Durée : Longue Indice Intensité/Durée : Moyen à fort Étendue : Ponctuelle Valeur de l'impact résiduel : Mineure	Non important
Qualité de l'eau de surface	<ul style="list-style-type: none">► Utilisation et circulation de la machinerie► Recharge de la plage► Construction de l'épi► Relocalisation de l'émissaire► Gestion des matières résiduelles dangereuses	<ul style="list-style-type: none">► Augmentation des MES par l'érosion des sols dénudés ou fraîchement remaniés► Contamination de l'eau de surface par les hydrocarbures lors de bris accidentels de conduites de la machinerie► Contamination de l'eau de surface par une mauvaise manipulation des hydrocarbures	Valeur environnementale : Moyenne Degré de perturbation : Moyen Intensité : Moyenne Durée : Moyenne Indice Intensité/Durée : Moyen Étendue : Ponctuelle Valeur de l'impact : Mineure	<ul style="list-style-type: none">► Effectuer les travaux lorsque la marée est suffisamment basse afin de ne pas travailler dans l'eau.► Entretenir et ravitailler les équipements et la machinerie dans une aire désignée et imperméable, à l'extérieur de tout cours d'eau, fossé, rive ou plaine inondable.► Entreposer les produits pétroliers ou toute autre matière dangereuse à plus de 30 m du cours d'eau à l'abri des intempéries.► Installer des conteneurs à déchets (matériaux secs et domestiques) sur le chantier.► Utiliser des matériaux de remblai exempts de particules fines et de contaminants.► Respecter la réglementation relative à l'entreposage et au transport des matières dangereuses (hydrocarbures), et entreposer les matières dangereuses à un endroit désigné à cette fin.► Prévoir un plan d'intervention en cas de déversement accidentel de contaminants.► Avoir en tout temps sur le site des travaux une trousse d'urgence en cas de déversement accidentel afin de confiner et de récupérer rapidement les produits qui pourraient être déversés. Si une telle situation se produit, éliminer les résidus dans un site autorisé et restaurer le site perturbé.► Utiliser de la machinerie et des véhicules en bon état de fonctionnement afin de minimiser les risques de déversement d'huile et d'essence. L'utilisation d'une huile biodégradable devra être utilisée pour la machinerie travaillant à proximité du fleuve, à l'exception des camions-bennes.► Ne pas faire circuler la machinerie dans l'eau et éviter de circuler sur les substrats silteux.► La machinerie doit circuler dans les endroits déterminés et identifiés sur le chantier.	Valeur environnementale : Moyenne Degré de perturbation : Faible Intensité : Faible Durée : Moyenne Indice Intensité/Durée : Faible Étendue : Ponctuelle Valeur de l'impact résiduel : Mineure	Non important

COMPOSANTE DE L'ENVIRONNEMENT	ACTIVITÉ DU PROJET	DESCRIPTION DE L'IMPACT	PARAMÈTRE DE L'ÉVALUATION DE L'IMPACT ET IMPORTANCE DE L'IMPACT	MESURE D'ATTÉNUATION	PARAMÈTRE D'ÉVALUATION DE L'IMPACT APRÈS MESURES D'ATTÉNUATION	IMPORTANCE DE L'IMPACT RÉSIDUEL
Qualité des sols et des sédiments	<ul style="list-style-type: none">► Utilisation et circulation de la machinerie► Gestion des matières résiduelles dangereuses	<ul style="list-style-type: none">► Contamination des sols par les hydrocarbures lors de bris accidentels de conduites de la machinerie► Contamination des sols par une mauvaise manipulation des hydrocarbures► Contamination des sédiments par le lessivage des sols mis à nu ou fraîchement remaniés et contaminés lors de déversement accidentel d'hydrocarbures	Valeur environnementale : Moyenne Degré de perturbation : Moyen Intensité : Moyenne Durée : Moyenne Indice Intensité/Durée : Moyen Étendue : Ponctuelle Valeur de l'impact : Mineure	<ul style="list-style-type: none">► Entretenir et ravitailler les équipements et la machinerie dans une aire désignée et imperméable, à l'extérieur de tout cours d'eau, fossé, rive ou plaine inondable.► Entreposer les produits pétroliers ou toute autre matière dangereuse à plus de 30 m du cours d'eau à l'abri des intempéries.► Installer des conteneurs à déchets (matériaux secs et domestiques) sur le chantier.► Respecter la réglementation relative à l'entreposage et au transport des matières dangereuses (hydrocarbures), et entreposer les matières dangereuses à un endroit désigné à cette fin.► Prévoir un plan d'intervention en cas de déversement accidentel de contaminants.► Avoir en tout temps sur le site des travaux une trousse d'urgence en cas de déversement accidentel afin de confiner et de récupérer rapidement les produits qui pourraient être déversés. Si une telle situation se produit, éliminer les résidus dans un site autorisé et restaurer le site perturbé.► Utiliser de la machinerie et des véhicules en bon état de fonctionnement afin de minimiser les risques de déversement d'huile et d'essence. L'utilisation d'une huile biodégradable devra être utilisée pour la machinerie travaillant à proximité du fleuve, à l'exception des camions-bennes.	Valeur environnementale : Moyenne Degré de perturbation : Faible Intensité : Faible Durée : Moyenne Indice Intensité/Durée : Faible Étendue : Ponctuelle Valeur de l'impact résiduel : Mineure	Non important
Qualité de l'air	<ul style="list-style-type: none">► Mobilisation du chantier, gestion de la circulation et préparation du site► Utilisation et circulation de la machinerie► Recharge de la plage► Construction de l'épi	<ul style="list-style-type: none">► Augmentation des poussières dans l'air par la manipulation des matériaux granulaires► Émission des gaz d'échappement par la circulation et l'opération de la machinerie	Valeur environnementale : Moyenne Degré de perturbation : Moyen Intensité : Moyenne Durée : Moyenne Indice Intensité/Durée : Moyen Étendue : Locale Valeur de l'impact : Moyenne	<ul style="list-style-type: none">► Éviter de laisser tourner inutilement les moteurs des engins de chantier et des camions lorsque ces derniers ne sont pas utilisés.► Utiliser de la machinerie bien entretenue, de préférence munie de chicanes, de système de silencieux en bon état (afin de minimiser l'émission de contaminants atmosphériques), d'échappement et de couvercles de moteur.► Utiliser une bâche fixée solidement au camion durant le transport des matériaux contenant des particules fines.► Dans le secteur résidentiel de Port-Cartier, effectuer un entretien régulier des rues utilisées par les camions-bennes pour le transport des matériaux.► Surveiller visuellement l'émission de poussières et intervenir, au besoin, afin de la contrôler.► Limiter la vitesse des véhicules sur le chantier à 15 km/h afin de réduire le soulèvement de la poussière lors du passage des véhicules.	Valeur environnementale : Moyenne Degré de perturbation : Faible Intensité : Faible Durée : Moyenne Indice Intensité/Durée : Faible Étendue : Locale Valeur de l'impact résiduel : Mineure	Non important
Climat sonore	<ul style="list-style-type: none">► Mobilisation du chantier, gestion de la circulation et préparation du site► Utilisation et circulation de la machinerie► Recharge de la plage► Construction de l'épi► Relocalisation de l'émissaire	<ul style="list-style-type: none">► Perturbation de l'ambiance sonore perceptible par les résidents	Valeur environnementale : Grande Degré de perturbation : Moyen Intensité : Forte Durée : Moyenne Indice Intensité/Durée : Fort Étendue : Ponctuelle Valeur de l'impact : Moyenne	<ul style="list-style-type: none">► Aviser les résidents si des travaux doivent être réalisés en dehors des périodes de travail habituelles (6 h à 18 h du lundi au vendredi);► Utiliser des dispositifs d'atténuation du bruit, lorsque possible, sur les équipements;► Maintenir la machinerie lourde et autre équipement en bon état de fonctionnement et effectuer les entretiens nécessaires;► Éviter de laisser tourner le moteur des engins de chantier et des camions lorsqu'ils ne sont pas utilisés.	Valeur environnementale : Grande Degré de perturbation : Moyen Intensité : Forte Durée : Moyenne Indice Intensité/Durée : Fort Étendue : Ponctuelle Valeur de l'impact résiduel : Moyenne	Non important
Milieu biologique						
Végétation riveraine et aquatique	<ul style="list-style-type: none">► Mobilisation du chantier, gestion de la circulation et préparation du site► Recharge de la plage► Construction de l'épi► Relocalisation de l'émissaire	<ul style="list-style-type: none">► Perte de 3 398 m² de végétation riveraine► Perte de 2 927 m² de végétation aquatique	Valeur environnementale : Faible Degré de perturbation : Moyen Intensité : Faible Durée : Moyenne Indice Intensité/Durée : Faible Étendue : Ponctuelle Valeur de l'impact : Mineure	<ul style="list-style-type: none">► Délimiter clairement les aires de travail et les voies d'accès afin de limiter le piétinement inutile de la végétation;► Restaurer le couvert végétal de l'ensemble des surfaces où il aura été détruit sur le haut de talus ou au niveau du chemin d'accès en effectuant des plantations d'arbres et d'arbustes indigènes ou effectuant un ensemencement hydraulique d'herbacées indigènes adaptées à la région et aux conditions du site (pente, berge, talus, bord de route, etc.).	Valeur environnementale : Faible Degré de perturbation : Moyen Intensité : Faible Durée : Moyenne Indice Intensité/Durée : Faible Étendue : Ponctuelle Valeur de l'impact résiduel : Mineure	Non important

COMPOSANTE DE L'ENVIRONNEMENT	ACTIVITÉ DU PROJET	DESCRIPTION DE L'IMPACT	PARAMÈTRE DE L'ÉVALUATION DE L'IMPACT ET IMPORTANCE DE L'IMPACT	MESURE D'ATTÉNUATION	PARAMÈTRE D'ÉVALUATION DE L'IMPACT APRÈS MESURES D'ATTÉNUATION	IMPORTANCE DE L'IMPACT RÉSIDUEL
Poisson et habitat	<ul style="list-style-type: none">Recharge de la plageConstruction de l'épiRelocalisation de l'émissaire	<ul style="list-style-type: none">Empiètement sur 15 910 m² d'habitat du poisson (PMSGM)Altération de la qualité de l'habitat par l'émission de MES	Valeur environnementale : Grande Degré de perturbation : Moyen Intensité : Forte Durée : Moyenne Indice Intensité/Durée : Fort Étendue : Ponctuelle Valeur de l'impact : Moyenne	<ul style="list-style-type: none">Déposer du sable à la surface des matériaux plus grossiers de la recharge de plage;Effectuer les travaux lorsque la marée est suffisamment basse afin de ne pas travailler dans l'eau.Entretien et ravitailler les équipements et la machinerie dans une aire désignée et imperméable, à l'extérieur de tout cours d'eau, fossé, rive ou plaine inondable.Entreposer les produits pétroliers ou toute autre matière dangereuse à plus de 30 m du cours d'eau à l'abri des intempéries.Installer des conteneurs à déchets (matériaux secs et domestiques) sur le chantier.Utiliser des matériaux de remblai exempts de particules fines et de contaminants.Respecter la réglementation relative à l'entreposage et au transport des matières dangereuses (hydrocarbures), et entreposer les matières dangereuses à un endroit désigné à cette fin.Prévoir un plan d'intervention en cas de déversement accidentel de contaminants.Avoir en tout temps sur le site des travaux une trousse d'urgence en cas de déversement accidentel afin de confiner et de récupérer rapidement les produits qui pourraient être déversés. Si une telle situation se produit, éliminer les résidus dans un site autorisé et restaurer le site perturbé.Utiliser de la machinerie et des véhicules en bon état de fonctionnement afin de minimiser les risques de déversement d'huile et d'essence. L'utilisation d'une huile biodégradable devra être utilisée pour la machinerie travaillant à proximité du fleuve, à l'exception des camions-bennes.Ne pas faire circuler la machinerie dans l'eau et éviter de circuler sur les substrats silteux.La machinerie doit circuler dans les endroits déterminés et identifiés sur le chantier.	Valeur environnementale : Grande Degré de perturbation : Moyen Intensité : Forte Durée : Moyenne Indice Intensité/Durée : Fort Étendue : Ponctuelle Valeur de l'impact résiduel : Moyenne	Non important
Mammifères marins	<ul style="list-style-type: none">Utilisation et circulation de la machinerieRecharge de la plageConstruction de l'épiRelocalisation de l'émissaire	<ul style="list-style-type: none">Dérangement par le bruit des travaux	Valeur environnementale : Grande Degré de perturbation : Faible Intensité : Moyenne Durée : Moyenne Indice Intensité/Durée : Moyen Étendue : Ponctuelle Valeur de l'impact : Mineure	<ul style="list-style-type: none">Aucune	Valeur environnementale : Grande Degré de perturbation : Faible Intensité : Moyenne Durée : Moyenne Indice Intensité/Durée : Moyen Étendue : Ponctuelle Valeur de l'impact résiduel : Mineure	Non important
Faune terrestre et avifaune	<ul style="list-style-type: none">Utilisation et circulation de la machinerie	<ul style="list-style-type: none">Perte d'habitat riverainDérangement par le bruit des travaux	Valeur environnementale : Faible à moyenne Degré de perturbation : Moyen Intensité : Faible à moyen Durée : Moyenne Indice Intensité/Durée : Faible à moyen Étendue : Ponctuelle Valeur de l'impact : Mineure	<ul style="list-style-type: none">Délimiter clairement les aires de travail et les voies d'accès afin de limiter le piétinement inutile de la végétation;Restaurer le couvert végétal de l'ensemble des surfaces où il aura été détruit sur le haut de talus ou au niveau du chemin d'accès en effectuant des plantations d'arbres et d'arbustes indigènes ou effectuant un ensemencement hydraulique d'herbacées indigènes adaptées à la région et aux conditions du site (pente, berge, talus, bord de route, etc.).Entretien et ravitailler les équipements et la machinerie dans une aire désignée et imperméable, à l'extérieur de tout cours d'eau, fossé, rive ou plaine inondable.La machinerie doit circuler dans les endroits déterminés et identifiés sur le chantier.	Valeur environnementale : Faible à moyenne Degré de perturbation : Moyen Intensité : Faible à moyenne Durée : Moyenne Indice Intensité/Durée : Faible à moyen Étendue : Ponctuelle Valeur de l'impact résiduel : Mineure	Non important
Milieu humain						
Utilisation du territoire	<ul style="list-style-type: none">Mobilisation du chantier, gestion de la circulation et préparation du siteUtilisation et circulation de la machinerieRecharge de la plageRelocalisation de l'émissaire	<ul style="list-style-type: none">Plage inaccessible et relocalisation du trajet de la piste cyclable pour la durée des travaux;Perturbation des activités récréotouristiques qui se déroulent sur la plage Rochelois	Valeur environnementale : Grande Degré de perturbation : Fort Intensité : Forte Durée : Courte Indice Intensité/Durée : Moyen Étendue : Locale Valeur de l'impact résiduel : Moyenne	<ul style="list-style-type: none">Communiquer préalablement les périodes de travaux aux citoyens et aux usagers du site afin de limiter les impacts sur l'usage de la plage et les activités récréatives rattachées;Au besoin, mettre en place une signalisation appropriée ou toute autre mesure jugée pertinente afin de limiter les perturbations potentielles à la circulation routière locale;Circuler uniquement aux endroits prédéterminés et identifiés par le plan de gestion de la circulation (chemins d'accès et aires désignées pour les travaux);Éviter les zones sensibles comme les zones scolaires, les parcs et les voies commerciales les plus achalandées dans la planification du trajet retenu, lorsque possible;Baliser les chemins d'accès à l'aide de panneaux de signalisation et de clôture de chantier;Contrôler l'accès au site en balisant les accès et en mettant en place les infrastructures nécessaires pour éviter toute intrusion;Déplacer la piste cyclable le temps de la phase de construction et le temps qu'il y aura une circulation accrue de camion dans le secteur.	Valeur environnementale : Grande Degré de perturbation : Fort Intensité : Forte Durée : Courte Indice Intensité/Durée : Moyen Étendue : Locale Valeur de l'impact résiduel : Moyenne	Non important

COMPOSANTE DE L'ENVIRONNEMENT	ACTIVITÉ DU PROJET	DESCRIPTION DE L'IMPACT	PARAMÈTRE DE L'ÉVALUATION DE L'IMPACT ET IMPORTANCE DE L'IMPACT	MESURE D'ATTÉNUATION	PARAMÈTRE D'ÉVALUATION DE L'IMPACT APRÈS MESURES D'ATTÉNUATION	IMPORTANCE DE L'IMPACT RÉSIDUEL
Qualité de vie	<ul style="list-style-type: none">► Mobilisation du chantier, gestion de la circulation et préparation du site► Utilisation et circulation de la machinerie► Recharge de la plage	<ul style="list-style-type: none">► Dérangement par le bruit, la poussières et perturbation de la quiétude	Valeur environnementale : Grande Degré de perturbation : Moyen Intensité : Forte Durée : Courte Indice Intensité/Durée : Moyen Étendue : Locale Valeur de l'impact résiduel : Moyenne	<ul style="list-style-type: none">► Communiquer préalablement les périodes de travaux aux citoyens et aux usagers du site afin d'éviter des surprises, aussi pour informer la population de la possibilité de contacter un représentant de la municipalité en cas de dérangement ou de problèmes rencontrés;► Nettoyer les rues avec un camion-balai pour assurer la propreté du secteur et éviter qu'il n'y ait une émission de poussières par temps venteux ou de gravier sur la chaussée;► Limiter la vitesse des véhicules sur le chantier et à proximité à 15 km/h pour la sécurité des citoyens résidents aux alentours et pour ne pas soulever de la poussière au passage des véhicules;► Circuler uniquement aux endroits prédéterminés et identifiés par le plan de gestion de la circulation (chemins d'accès et aires désignées pour les travaux);► Informer les citoyens du trajet emprunté par les véhicules lourds et de l'horaire des transports;► Au besoin, poser un recouvrement anti-érosion sur les sols dénudés en attendant la remise en état des lieux;► Éviter de laisser tourner inutilement les moteurs des engins de chantier et des véhicules lorsqu'ils ne sont pas utilisés;► Utiliser des dispositifs d'atténuation du bruit, lorsque possible, sur les véhicules et la machinerie;► Utiliser les équipements bruyants le plus loin possible des résidences, si possible;► Utiliser des matériaux de remblai exempt de particules fines et de contaminants.	Valeur environnementale : Grande Degré de perturbation : Faible Intensité : Moyenne Durée : Courte Indice Intensité/Durée : Faible Étendue : Locale Valeur de l'impact résiduel : Mineure	Non important
Sécurité du public et des usagers	<ul style="list-style-type: none">► Mobilisation du chantier, gestion de la circulation et préparation du site► Utilisation et circulation de la machinerie► Construction de l'épi► Relocalisation de l'émissaire► Remise en état des lieux	<ul style="list-style-type: none">► Augmentation du transport par camion-benne dans le secteur Rochelois	Valeur environnementale : Très grande Degré de perturbation : Moyen Intensité : Forte Durée : Courte Indice Intensité/Durée : Moyen Étendue : Locale Valeur de l'impact résiduel : Moyenne	<ul style="list-style-type: none">► Communiquer préalablement les périodes de travaux aux citoyens et aux usagers du site afin d'éviter des surprises, aussi pour informer la population de la possibilité de contacter un représentant de la municipalité en cas de dérangement ou de problèmes rencontrés;► Rendre public le calendrier de réalisation des travaux et communiquer rapidement tout changement non prévu;► Baliser les chemins d'accès à l'aide de panneaux de signalisation et de clôture de chantier;► Avoir un surveillant de chantier qui contrôle les entrées et sorties des camions du site vers la rue des Rochelois;► Contrôler l'accès au site en balisant les accès et en mettant en place les infrastructures nécessaires pour éviter toute intrusion;► Déplacer la piste cyclable le temps de la phase de construction et le temps qu'il y aura une circulation accrue de camion dans le secteur.	Valeur environnementale : Très grande Degré de perturbation : Faible Intensité : Moyenne Durée : Courte Indice Intensité/Durée : Faible Étendue : Locale Valeur de l'impact résiduel : Mineure	Non importante
Environnement visuel et paysage	<ul style="list-style-type: none">► Mobilisation du chantier, gestion de la circulation et préparation du site► Utilisation et circulation de la machinerie► Recharge de la plage► Construction de l'épi► Relocalisation de l'émissaire	<ul style="list-style-type: none">► Présence du chantier qui modifiera la vue vers le fleuve durant les travaux	Valeur environnementale : Grande Degré de perturbation : Faible Intensité : Moyenne Durée : Courte Indice Intensité/Durée : Faible Étendue : Ponctuelle Valeur de l'impact résiduel : Mineure	<ul style="list-style-type: none">► Aucune	Valeur environnementale : Grande Degré de perturbation : Faible Intensité : Moyenne Durée : Courte Indice Intensité/Durée : Faible Étendue : Ponctuelle Valeur de l'impact résiduel : Mineure	Non important

Tableau 35 Bilan des impacts négatifs résiduels et des mesures d'atténuation applicables au projet durant la phase d'exploitation et d'entretien

COMPOSANTE DE L'ENVIRONNEMENT	ACTIVITÉ DU PROJET	DESCRIPTION DE L'IMPACT	PARAMÈTRE D'ÉVALUATION DE L'IMPACT ET IMPORTANCE DE L'IMPACT	MESURES D'ATTÉNUATION	PARAMÈTRE D'ÉVALUATION DE L'IMPACT APRÈS MESURES D'ATTÉNUATION	IMPORTANCE DE L'IMPACT RÉSIDUEL
Milieu physique						
Profil de la plage	► Présence des ouvrages	► Étalement graduel des matériaux de la recharge jusqu'à l'atteinte d'un équilibre	Valeur environnementale : Moyenne Degré de perturbation : Faible Intensité : Faible Durée : Longue Indice Intensité/Durée : Moyen Étendue : Ponctuelle Valeur de l'impact : Mineure	► Aucune	Valeur environnementale : Moyenne Degré de perturbation : Faible Intensité : Faible Durée : Longue Indice Intensité/Durée : Moyen Étendue : Ponctuelle Valeur de l'impact résiduel : Mineure	Non important
Régime sédimentaire	► Présence des ouvrages	► Diminution des apports en sable vers l'est	Valeur environnementale : Moyenne Degré de perturbation : Faible Intensité Faible Durée : Longue Indice Intensité/Durée : Moyen Étendue : Locale Valeur de l'impact : Moyenne	► Aucune	Valeur environnementale : Moyenne Degré de perturbation : Faible Intensité : Faible Durée : Longue Indice Intensité/Durée : Moyen Étendue : Locale Valeur de l'impact résiduel : Moyenne	Non important
Composition granulométrique du substrat	► Présence des ouvrages ► Entretien des ouvrages	► Étalement du sable et du gravier sur quelques mètres au large de la plage. ► Étalement des blocs par les vagues et les glaces au niveau de l'épi	Valeur environnementale : Moyenne Degré de perturbation : Faible Intensité : Faible Durée : Longue Indice Intensité/Durée : Moyen Étendue : Ponctuelle Valeur de l'impact : Mineure	► Déposer et entretenir la couche de sable à la surface des matériaux plus grossiers de la recharge de plage	Valeur environnementale : Moyenne Degré de perturbation : Faible Intensité : Faible Durée : Longue Indice Intensité/Durée : Moyen Étendue : Ponctuelle Valeur de l'impact résiduel : Mineure	Non important
Qualité de l'eau de surface	► Entretien des ouvrages	► Augmentation des MES par l'érosion des sols dénudés ou fraîchement remaniés ► Contamination de l'eau de surface par les hydrocarbures lors de bris accidentels de conduites de la machinerie ► Contamination de l'eau de surface par une mauvaise manipulation des hydrocarbures	Valeur environnementale : Moyenne Degré de perturbation : Moyen Intensité : Moyenne Durée : Moyenne Indice Intensité/Durée : Moyen Étendue : Ponctuelle Valeur de l'impact : Mineure	► Effectuer les travaux lorsque la marée est suffisamment basse afin de ne pas travailler dans l'eau. ► Entretenir et ravitailler les équipements et la machinerie dans une aire désignée et imperméable, à l'extérieur de tout cours d'eau, fossé, rive ou plaine inondable. ► Entreposer les produits pétroliers ou toute autre matière dangereuse à plus de 30 m du cours d'eau à l'abri des intempéries. ► Installer des conteneurs à déchets (matériaux secs et domestiques) sur le chantier. ► Utiliser des matériaux de remblai exempts de particules fines et de contaminants. ► Respecter la réglementation relative à l'entreposage et au transport des matières dangereuses (hydrocarbures), et entreposer les matières dangereuses à un endroit désigné à cette fin. ► Prévoir un plan d'intervention en cas de déversement accidentel de contaminants. ► Avoir en tout temps sur le site des travaux une trousse d'urgence en cas de déversement accidentel afin de confiner et de récupérer rapidement les produits qui pourraient être déversés. Si une telle situation se produit, éliminer les résidus dans un site autorisé et restaurer le site perturbé. ► Utiliser de la machinerie et des véhicules en bon état de fonctionnement afin de minimiser les risques de déversement d'huile et d'essence. L'utilisation d'une huile biodégradable devra être utilisée pour la machinerie travaillant à proximité du fleuve, à l'exception des camions-bennes. ► Ne pas faire circuler la machinerie dans l'eau et éviter de circuler sur les substrats silteux. ► La machinerie doit circuler dans les endroits déterminés et identifiés sur le chantier.	Valeur environnementale : Moyenne Degré de perturbation : Faible Intensité : Faible Durée : Moyenne Indice Intensité/Durée : Faible Étendue : Ponctuelle Valeur de l'impact résiduel : Mineure	Non important

COMPOSANTE DE L'ENVIRONNEMENT	ACTIVITÉ DU PROJET	DESCRIPTION DE L'IMPACT	PARAMÈTRE D'ÉVALUATION DE L'IMPACT ET IMPORTANCE DE L'IMPACT	MESURES D'ATTÉNUATION	PARAMÈTRE D'ÉVALUATION DE L'IMPACT APRÈS MESURES D'ATTÉNUATION	IMPORTANCE DE L'IMPACT RÉSIDUEL
Qualité des sols et des sédiments	► Entretien des ouvrages	<ul style="list-style-type: none">► Contamination des sols par les hydrocarbures lors de bris accidentels de conduites de la machinerie► Contamination des sols par une mauvaise manipulation des hydrocarbures► Contamination des sédiments par le lessivage des sols mis à nu ou fraîchement remaniés et contaminés lors de déversement accidentel d'hydrocarbures	Valeur environnementale : Moyenne Degré de perturbation : Moyen Intensité : Moyenne Durée : Moyenne Indice Intensité/Durée : Moyen Étendue : Ponctuelle Valeur de l'impact : Mineure	<ul style="list-style-type: none">► Entretien et ravitailler les équipements et la machinerie dans une aire désignée et imperméable, à l'extérieur de tout cours d'eau, fossé, rive ou plaine inondable.► Entreposer les produits pétroliers ou toute autre matière dangereuse à plus de 30 m du cours d'eau à l'abri des intempéries.► Installer des conteneurs à déchets (matériaux secs et domestiques) sur le chantier.► Respecter la réglementation relative à l'entreposage et au transport des matières dangereuses (hydrocarbures), et entreposer les matières dangereuses à un endroit désigné à cette fin.► Prévoir un plan d'intervention en cas de déversement accidentel de contaminants.► Avoir en tout temps sur le site des travaux une trousse d'urgence en cas de déversement accidentel afin de confiner et de récupérer rapidement les produits qui pourraient être déversés. Si une telle situation se produit, éliminer les résidus dans un site autorisé et restaurer le site perturbé.► Utiliser de la machinerie et des véhicules en bon état de fonctionnement afin de minimiser les risques de déversement d'huile et d'essence. L'utilisation d'une huile biodégradable devra être utilisée pour la machinerie travaillant à proximité du fleuve, à l'exception des camions-bennes.	Valeur environnementale : Moyenne Degré de perturbation : Faible Intensité : Faible Durée : Moyenne Indice Intensité/Durée : Faible Étendue : Ponctuelle Valeur de l'impact résiduel : Mineure	Non important
Qualité de l'air	► Entretien des ouvrages	<ul style="list-style-type: none">► Augmentation des poussières dans l'air par la manipulation des matériaux granulaires► Émission des gaz d'échappement par la circulation et l'opération de la machinerie	Valeur environnementale : Moyenne Degré de perturbation : Moyen Intensité : Moyenne Durée : Moyenne Indice Intensité/Durée : Moyen Étendue : Locale Valeur de l'impact : Moyenne	<ul style="list-style-type: none">► Éviter de laisser tourner inutilement les moteurs des engins de chantier et des camions lorsque ces derniers ne sont pas utilisés.► Utiliser de la machinerie bien entretenue, de préférence munie de chicanes, de système de silencieux en bon état (afin de minimiser l'émission de contaminants atmosphériques), d'échappement et de couvercles de moteur.► Utiliser une bâche fixée solidement au camion durant le transport des matériaux contenant des particules fines.► Dans le secteur résidentiel de Port-Cartier, effectuer un entretien régulier des rues utilisées par les camions-bennes pour le transport des matériaux.► Surveiller visuellement l'émission de poussières et intervenir, au besoin, afin de la contrôler.► Limiter la vitesse des véhicules sur le chantier à 15 km/h afin de réduire le soulèvement de la poussière lors du passage des véhicules.	Valeur environnementale : Moyenne Degré de perturbation : Faible Intensité : Faible Durée : Courte Indice Intensité/Durée : Faible Étendue : Locale Valeur de l'impact résiduel : Mineure	Non important
Climat sonore	► Non applicable			Aucun impact négatif n'est attendu sur le climat sonore.		
Milieu biologique						
Végétation riveraine et aquatique	<ul style="list-style-type: none">► Présence des ouvrages► Entretien des ouvrages	<ul style="list-style-type: none">► Création d'un milieu propice à la colonisation par les algues (épi)► Ralentissement de la reprise de la végétation riveraine	Valeur environnementale : Faible Degré de perturbation : Faible Intensité : Faible Durée : Longue Indice Intensité/Durée : Moyen Étendue : Ponctuelle Valeur de l'impact : Mineure	<ul style="list-style-type: none">► Délimiter clairement les aires de travail et les voies d'accès afin de limiter le piétinement inutile de la végétation;► Restaurer le couvert végétal de l'ensemble des surfaces où il aura été détruit sur le haut de talus ou au niveau du chemin d'accès en effectuant des plantations d'arbres et d'arbustes indigènes ou effectuant un ensemencement hydraulique d'herbacées indigènes adaptées à la région et aux conditions du site (pente, berge, talus, bord de route, etc.).	Valeur environnementale : Faible Degré de perturbation : Faible Intensité : Faible Durée : Longue Indice Intensité/Durée : Moyen Étendue : Ponctuelle Valeur de l'impact résiduel : Mineure	Non important

COMPOSANTE DE L'ENVIRONNEMENT	ACTIVITÉ DU PROJET	DESCRIPTION DE L'IMPACT	PARAMÈTRE D'ÉVALUATION DE L'IMPACT ET IMPORTANCE DE L'IMPACT	MESURES D'ATTÉNUATION	PARAMÈTRE D'ÉVALUATION DE L'IMPACT APRÈS MESURES D'ATTÉNUATION	IMPORTANCE DE L'IMPACT RÉSIDUEL
Poisson et habitat	<ul style="list-style-type: none">► Présence des ouvrages► Entretien des ouvrages	<ul style="list-style-type: none">► Création d'un milieu propice à la colonisation par les organismes épibenthiques (épi)► Altération de la qualité de l'habitat par l'émission de MES	Valeur environnementale : Grande Degré de perturbation : Faible Intensité : Moyenne Durée : Moyenne Indice Intensité/Durée : Faible Étendue : Ponctuelle Valeur de l'impact : Mineure	<ul style="list-style-type: none">► Déposer du sable à la surface des matériaux plus grossiers de la recharge de plage;► Effectuer les travaux lorsque la marée est suffisamment basse afin de ne pas travailler dans l'eau.► Entretien et ravitailler les équipements et la machinerie dans une aire désignée et imperméable, à l'extérieur de tout cours d'eau, fossé, rive ou plaine inondable.► Entreposer les produits pétroliers ou toute autre matière dangereuse à plus de 30 m du cours d'eau à l'abri des intempéries.► Installer des conteneurs à déchets (matériaux secs et domestiques) sur le chantier.► Utiliser des matériaux de remblai exempts de particules fines et de contaminants.► Respecter la réglementation relative à l'entreposage et au transport des matières dangereuses (hydrocarbures), et entreposer les matières dangereuses à un endroit désigné à cette fin.► Prévoir un plan d'intervention en cas de déversement accidentel de contaminants.► Avoir en tout temps sur le site des travaux une trousse d'urgence en cas de déversement accidentel afin de confiner et de récupérer rapidement les produits qui pourraient être déversés. Si une telle situation se produit, éliminer les résidus dans un site autorisé et restaurer le site perturbé.► Utiliser de la machinerie et des véhicules en bon état de fonctionnement afin de minimiser les risques de déversement d'huile et d'essence. L'utilisation d'une huile biodégradable devra être utilisée pour la machinerie travaillant à proximité du fleuve, à l'exception des camions-bennes.► Ne pas faire circuler la machinerie dans l'eau et éviter de circuler sur les substrats silteux.► La machinerie doit circuler dans les endroits déterminés et identifiés sur le chantier.	Valeur environnementale : Grande Degré de perturbation : Faible Intensité : Moyenne Durée : Courte Indice Intensité/Durée : Faible Étendue : Ponctuelle Valeur de l'impact résiduel : Mineure	Non important
Mammifères marins	<ul style="list-style-type: none">► Non applicable			Aucun impact négatif n'est attendu sur les mammifères marins.		
Faune terrestre et avifaune	<ul style="list-style-type: none">► Non applicable			Aucun impact négatif n'est attendu sur la faune terrestre et l'avifaune.		
Milieu humain						
Utilisation du territoire	<ul style="list-style-type: none">► Non applicable			Grâce à la remise en état des lieux, aucun impact négatif n'est attendu sur l'utilisation du territoire.		
Qualité de vie	<ul style="list-style-type: none">► Non applicable			Grâce à la remise en état des lieux, aucun impact négatif n'est attendu sur la qualité de vie.		
Sécurité du public et des usagers	<ul style="list-style-type: none">► Non applicable			Grâce à la remise en état des lieux, aucun impact négatif n'est attendu sur la sécurité du public et des usagers.		
Environnement visuel et paysage	<ul style="list-style-type: none">► Non applicable			Grâce à la remise en état des lieux, aucun impact négatif n'est attendu sur le paysage		

9 Gestion des risques et accidents

9.1 Gestion de l'hygiène et de la sécurité au travail

L'équipe de gestion du projet poursuit un objectif d'amélioration continue afin d'atteindre des standards élevés en santé, sécurité et environnement (SSE) pendant la période de construction. Toutes les pratiques de travail sont régies par les lois et règlements en place, dont le Code de sécurité pour les travaux de construction. Chaque entrepreneur qui travaillera sur le site aura la responsabilité de s'assurer de la protection de l'environnement ainsi que de la santé et de la sécurité de ses employés.

Pendant la période de construction, la gestion de la SSE relèvera du responsable de la SSE, qui se rapportera au directeur de projet. Il est convenu cependant que pour atteindre des standards élevés en SSE, le directeur de projet et l'équipe entière de gestion de la construction travailleront en étroite collaboration avec le responsable SSE et son personnel, dont les agents de prévention.

Un programme en SSE durant la période d'exploitation sera conçu pour fournir une méthode de gestion efficace afin d'assurer la conformité en SSE. La philosophie qui sous-tend la gestion des opérations est de promouvoir un système robuste en SSE.

La Ville de Port-Cartier désignera un opérateur et un administrateur pour la période d'exploitation du projet. Le rôle et les responsabilités des intervenants sont décrits à la section 9.4.

9.2 Accidents et défaillance

Les risques d'accident et de défaillances peuvent subvenir à chacune des phases du projet. Il est question d'accidents et de défaillances lorsqu'on réfère à des événements imprévus qui surviennent indépendamment d'une activité ou des conditions normales d'exploitation d'un projet. Ces événements imprévus peuvent survenir malgré toutes les mesures de prévention mises en œuvre pour les éviter à chaque étape du projet. De là l'importance de la mise en place des mesures de prévention les plus rigoureuses qui soient. En dépit de la prévention, si de tels événements surviennent, il importe alors de pouvoir minimiser les effets sur l'environnement par la planification et la conception de mesures d'atténuation efficaces et en mettant en œuvre un plan de mesures d'urgence (PMU) conséquent.

Les chantiers de construction sont toujours susceptibles de faire l'objet de défaillances techniques, d'accidents ou d'autres aléas d'origine anthropique ou naturelle. Plusieurs de ces défaillances et de ces accidents sont mineurs. À titre d'exemple, des bris d'équipements pourraient certes ralentir le travail, mais sans avoir d'incidences sérieuses sur les travailleurs ou sur l'environnement. Des accidents de travail mineurs (p. ex. : entorse, tendinite, bursite, spasme musculaire) pourraient également survenir, car il s'agit d'un milieu de travail où des efforts physiques sont exigés.

L'utilisation de machinerie et d'équipement en bon état permettra de limiter les risques de défaillances. De plus, une gestion adéquate du chantier, conformément au Code de sécurité pour les travaux de construction administrée par la Commission des normes, de l'équité, de la

santé et de la sécurité du travail (CNESST), permettra également de réduire les risques d'accident.

Il est difficile de prévoir avec précision la nature et la sévérité des accidents, des défaillances et des événements à risque. En raison des plans de mesures d'urgence et de sécurité civile (PMUSC) ainsi que des plans d'interventions d'urgence qui seront mis en œuvre, la probabilité que des événements accidentels graves ou que des événements causeraient des impacts environnementaux négatifs exceptionnels surviennent demeure très faible.

9.2.1 Identification des risques durant la phase de construction

9.2.1.1 Déversement accidentel d'hydrocarbures

Causes possibles

Le carburant utilisé pour la machinerie et les véhicules lourds pour les différents travaux et le transport des matériaux sera essentiellement du diesel. Aucun entreposage de produits pétroliers sur le site n'est prévu. L'approvisionnement de la machinerie se fera hors du site des travaux. S'il y a lieu, le ravitaillement par camion-citerne se ferait uniquement pour l'équipement sur le site qui assurera la compaction et l'étalement des matériaux. Ce type de déversement s'explique habituellement par des bris de machinerie ou des erreurs humaines.

Il est possible que, lors de l'approvisionnement de ces équipements et des véhicules, des fuites ou des déversements surviennent malgré une gestion adéquate des produits pétroliers, notamment en raison d'un débordement du réservoir lors du remplissage. Il se peut également qu'il y ait une fuite au niveau d'une valve ou d'un raccordement. Toutefois, tel qu'indiqué l'approvisionnement des équipements ne se fera pas à l'endroit de la plage, mais en dehors dans un endroit sécuritaire où des trousse de récupération en cas de déversement seront disponibles.

Un déversement peut également se produire à la suite d'un accident lors du transport des matériaux ou encore en raison d'un bris de machinerie. Une collision entre machinerie ou véhicules peut également entraîner un déversement accidentel.

Conséquences

Un déversement d'hydrocarbures est susceptible de contaminer le sol, l'eau souterraine ou de surface. La flore et la faune, les habitats terrestres et les activités humaines peuvent être perturbés selon l'ampleur du déversement.

Dans ce cas-ci, un déversement d'un volume important pourrait migrer par ruissellement ou infiltration jusqu'au fleuve Saint-Laurent ou vers l'eau souterraine. Ce déversement pourrait également se retrouver dans les eaux de l'émissaire et dégrader la qualité des eaux de surface.

9.2.1.2 Déversement accidentel de matières dangereuses

Causes possibles

La phase de construction du projet ne nécessite pas l'utilisation de matières dangereuses, mis à part l'huile et le carburant utilisés dans les véhicules ou les équipements utilisés sur le site. Ce type de déversement peut se produire en raison d'erreurs humaines, de mauvaises conditions météorologiques ou encore de défaillances mécaniques.

Conséquences

Le déversement de ce type de matières pourrait entraîner des conséquences nocives pour la faune, la flore et le milieu humain. L'eau et le sol pourraient être contaminés. Ces conséquences dépendent néanmoins de la nature de la substance et de ses propriétés physiques et chimiques, de la quantité déversée, de la durée de la présence dans l'environnement, de la localisation et de la nature du milieu récepteur. Si un déversement majeur se produit et atteint l'eau, les conséquences pourraient être importantes sur le milieu naturel.

Toutes matières telles que les lubrifiants, les graisses et les solvants entraînent des conséquences environnementales qui sont similaires à celles d'un déversement de produits pétroliers.

Les risques pour l'environnement ou la population environnante devraient être faibles, voire inexistantes, puisque l'utilisation de ces matières devrait être limitée à de très petites quantités, si requises. Des aires entreposages de matières dangereuses résiduelles seront prévues dans le cas où elles doivent être utilisées pour l'entretien de la machinerie sur place. Pour les véhicules, comme l'entretien se fera dans les garages, aucun produit pétrolier ou solvant ne sera entreposé au site des travaux.

9.2.1.3 Incendie

Causes possibles

Les incendies peuvent être causés par plusieurs éléments. Notamment, une défaillance électrique ou mécanique, une réaction chimique ou une erreur humaine sont des exemples de causes. La présence d'une source de chaleur intense ou d'éléments pouvant provoquer une étincelle ou un arc électrique pourrait déclencher un incendie. Les produits pétroliers, présents sur le site, sont des matières hautement inflammables. Ils peuvent s'enflammer et alimenter un incendie.

Conséquences

Les incendies mettent à risque la sécurité des employés et des citoyens résidant à proximité du site. Ils pourraient également endommager les installations et les infrastructures. Les milieux naturels pourraient être complètement détruits par un incendie. Un incendie majeur peut entraîner d'importantes conséquences en raison de la présence potentielle de fumées ou de gaz toxiques à l'extérieur du site. Ces émissions toxiques pourraient être nocives pour la population avoisinante et l'environnement naturel selon la zone d'effet qui est déterminée par les conditions météorologiques (précipitations, vitesse et direction des vents) et du volume du nuage.

Néanmoins, considérant la nature des travaux et les équipements nécessaires à la réalisation de ceux-ci les risques d'incendie sont peu probables. La seule source de carburants combustibles est le diesel se trouvant dans les réservoirs des machineries et les véhicules lourds. Le risque d'incendie est donc improbable. De plus, des mesures ont été élaborées, notamment dans le plan de mesures d'urgence en cas d'un tel événement.

9.2.1.4 Explosion

Causes possibles

Il existe peu de causes possibles d'explosion pour le projet et celles-ci sont peu probables. Néanmoins, la collision entre machineries ou entre véhicules qui n'ont pas été bien entretenus et qui génère des fuites de gaz ou autres produits inflammables pourrait mener à une explosion. Il est également possible qu'une erreur ou une négligence dans les mesures pour éteindre un incendie impliquant des produits oxydants mène à une explosion.

Conséquences

Une explosion pourrait entraîner des conséquences sur les employés ou les citoyens telles que des blessures aux tympans ou aux poumons ou encore des blessures fatales. La projection de débris des équipements ayant explosé pourrait également entraîner des conséquences. C'est principalement la projection de débris qui est la plus susceptible d'engendrer des effets néfastes sur l'environnement et la population, notamment pas la destruction de la végétation ou des infrastructures avoisinantes.

Une explosion pourrait également générer l'émission possible de nuages toxiques qui pourraient avoir comme effet d'intoxiquer les personnes touchées, selon sa dimension, de sa vitesse de dispersion et du milieu touché. Les conséquences sur le milieu changent selon les seuils d'effets associés à la composition de ces nuages. La référence aux fiches signalétiques des substances peut s'avérer dans ce cas-ci une source d'information utile.

Au même titre que les incendies, les explosions sont peu probables en raison de la nature des travaux et des équipements. Les mesures d'atténuation, telles que l'entretien des véhicules et le balisage des lieux de circulation, réduiront ou éviteront les probabilités qu'un événement se produise. Le plan de mesures d'urgence prend également en compte ce genre d'événement.

9.2.1.5 Émissions de gaz ou de poussières

Causes possibles

Les causes d'émissions de gaz ou de poussières sont principalement liées à la circulation de la machinerie et du transport de matériaux. Il est également possible qu'un incendie ou une explosion entraîne des émissions accidentelles de gaz ou de poussières impliquant des volumes dépassant les normes.

Conséquences

Les conséquences possibles sont mentionnées aux sections 9.2.1.3 et 9.2.1.4 traitant des incendies et des explosions.

9.2.1.6 Accidents de la route

Causes possibles

Il y aura environ 60 voyages de matériaux de recharge par jour. Un accident de la route pourrait survenir en raison d'une inattention de la part du conducteur, d'une distraction, d'un animal, d'un relâchement dans le respect du code de la sécurité routière, de la fatigue ou encore d'un manque de signalisation claire.

Ces déplacements pourraient également mener à des accidents de la route avec les citoyens de la ville et des municipalités avoisinantes qui peuvent se trouver sur le trajet du transport.

Conséquences

Une telle collision pourrait entraîner des blessures graves ou fatales. La faune et la flore pourraient également être touchées. Des déversements de produits pétroliers ou d'huile qui sont susceptibles de contaminer le sol ou l'eau et de perturber la flore et la faune pourraient avoir lieu. Les activités humaines pourraient être perturbées par un accident, notamment en raison du trafic que cela cause.

9.2.1.7 Blessure ou urgence médicale d'un citoyen résidant à proximité

Causes possibles

Une blessure grave pourrait survenir en raison de diverses raisons telles qu'un accident avec une machinerie en marche dans les chemins d'accès, une chute d'objet ou une machinerie qui renverse en raison d'un vent fort. Un citoyen qui déciderait de s'aventurer sur le chantier des travaux pourrait également être sujet à divers accidents entraînant une blessure, notamment si des structures inachevées ou instables s'effondrent.

Les citoyens pourraient également être exposés à des émanations toxiques qui mènent à une urgence médicale.

Conséquences

Les conséquences suivantes pourraient subvenir : un malaise passager, une intoxication, une invalidité temporaire, une amputation, une fracture ou un décès. Les conséquences peuvent être réversibles ou irréversibles.

9.2.1.8 Risques pour la sécurité ou la santé des travailleurs

Causes possibles

La santé et la sécurité des travailleurs pourraient être compromises en raison d'un outil défaillant, d'une interaction entre un équipement mobile et le travailleur, le non-respect d'une méthode de travail sécuritaire, une chute d'objet, une électrocution ou le renversement d'une machinerie en raison d'un vent fort. Un travailleur pourrait être écrasé par une structure inachevée, mal sécurisée ou instable qui s'effondre sur lui. Un déchargement non sécuritaire des camions pourrait aussi entraîner l'ensevelissement d'un employé.

Tout comme les citoyens, les employés pourraient être exposés à des émanations toxiques qui mènent à une urgence médicale. Des conditions climatiques extrêmes ou une chute dans le plan d'eau sont aussi des situations à risque.

Conséquences

Les mêmes conséquences observées à la section 9.2.1.8 pour les blessures graves ou les urgences médicales pourraient arriver. L'ensevelissement ou l'écrasement pourrait mener à la suffocation du travailleur.

9.2.2 Identification des risques en phase d'exploitation et d'entretien

9.2.2.1 Affaissement de la recharge

Avec le temps la recharge va lentement s'affaisser en raison du mouvement de l'eau du rivage. Elle va donc nécessiter des travaux pour être rechargée à nouveau avec des matériaux granulaires et atteindre le niveau initial du talus. Ces travaux entraîneraient les mêmes risques que ceux mentionnés à la section 9.2.1. Ainsi, les causes possibles et les conséquences de ces travaux réfèrent à tous ceux énumérés à cette section.

En outre, l'affaissement de la recharge pourrait causer un apport en sédiment dans le plan d'eau.

9.2.2.2 Écroulement d'une partie de l'épi

Il en est de même si la réfection de l'épi s'avère nécessaire, les travaux engendreraient tous les risques mentionnés à la section 9.2.1. Les causes possibles et les conséquences décrites à cette section seraient observées.

9.3 Plan national de sécurité civile (PNSC)

Un Plan national de sécurité civile (PNSC) a été élaboré par le ministre de la Sécurité publique en vertu de la Loi sur la sécurité civile. Ce plan prévoit une organisation des ressources gouvernementales qui permettra de réagir rapidement aux différents sinistres. Ce plan a un objectif principal, soit de soutenir les municipalités et les citoyens confrontés à des situations de sinistre majeur. Il vise également à prévenir ces sinistres et à en atténuer les conséquences, ainsi qu'à être préparé pour y répondre. Le plan n'est pas accessible au public. Chacune des actions à entreprendre en sécurité civile lors d'un sinistre est sous la responsabilité d'un ministère ou d'un organisme gouvernemental dont les activités habituelles sont similaires ou liées aux actions ou dont l'expertise lui permet de les prendre en charge. Il existe trois mécanismes de coordination qui permettent d'adapter la réponse gouvernementale en fonction de l'ampleur du sinistre et de diriger les actions des ressources gouvernementales, privées ou bénévoles qui accompagneront la municipalité pour assurer une gestion davantage efficace du sinistre. Il s'agit des organisations de coordination suivantes :

- ▶ L'Organisation régionale de la sécurité civile (ORSC);
- ▶ L'Organisation de la sécurité civile du Québec (OSCQ);
- ▶ Le Comité de sécurité civile du Québec (CSCQ).

L'ORSC regroupe les représentants des ministères et organismes du gouvernement du Québec présents en région. Chaque directeur régional de la sécurité civile et de la sécurité incendie du ministère de la Sécurité publique coordonne l'engagement de leurs ressources pour soutenir les municipalités lorsqu'elles ne sont plus en mesure de faire face au sinistre et d'aider les citoyens éprouvés.

L'OSCQ réunit les coordonnateurs ministériels en sécurité civile de chaque ministère et organisme gouvernemental concerné. L'OSCQ planifie les mesures de sécurité civile à l'échelle nationale et, en cas de sinistre majeur, coordonne les opérations menées par chacun des responsables de mission selon le PNSC. Cette organisation est dirigée par le coordonnateur gouvernemental de la sécurité civile désigné par la ministre de la Sécurité

publique, soit le sous-ministre associé à la Direction générale de la sécurité civile et de la sécurité incendie.

L'OSCQ est l'instance où siègent les sous-ministres et dirigeants des principaux ministères et organismes interpellés par la gestion des sinistres, de même que le coordonnateur gouvernemental de la sécurité civile. Ce comité est dirigé par le secrétaire général du gouvernement du Québec. De façon générale, le CSCQ oriente et approuve la planification gouvernementale en sécurité civile. En situation de sinistre majeur, il supervise le déploiement des ressources.

9.4 Plan municipal des mesures d'urgence (PMU)

La Ville de Port-Cartier a élaboré un plan des mesures d'urgence qui est régulièrement mis à jour; la dernière mise à jour datant de mars 2020. Ce plan permet de préparer les ressources de la ville à réagir rapidement et efficacement en cas de sinistre.

Dans l'éventualité que survienne un accident, une défaillance ou un événement imprévu dans le cadre du projet comme ceux mentionnés à la section 9.1, des mesures contenues dans le PMU seront mises en œuvre afin de s'assurer que les impacts sur l'environnement ou la population soient évités et réduits à leur minimum.

L'intervention lors d'une urgence environnementale inclut tous les aspects de la gestion d'une situation d'urgence, jusqu'à ce que la phase d'urgence de l'événement soit considérée comme terminée. Ces besoins peuvent considérablement varier selon la nature et l'ampleur de l'urgence environnementale. Une intervention d'urgence efficace inclut, sans nécessairement s'y limiter :

- ▶ Le déclenchement rapide du plan d'urgence environnementale;
- ▶ La mobilisation des ressources adéquates;
- ▶ L'évaluation rapide de l'évolution et des effets probables de l'urgence;
- ▶ La communication adéquate des avis d'urgence environnementale aux premiers intervenants et aux parties concernées, y compris des alertes et des avertissements du public;
- ▶ La maintenance des systèmes de communication entre les intervenants.

Une intervention rapide et efficace s'appuie sur la planification et les partenariats établis au préalable. Une intervention efficace sera le résultat de la collaboration préalablement établie entre la Ville de Port-Cartier, la collectivité, les organisations concernées et les gouvernements.

Les sections qui suivent présentent un résumé du PMU de la Ville de Port-Cartier. Notons que le PMU est de nature confidentielle et qu'il ne peut pas être rendu public. Il couvre entre autres les éléments suivants :

- ▶ Les tâches des responsables de l'O.M.S.C.;
- ▶ Les tâches en situation d'urgence des directeurs de service;
- ▶ Le processus opérationnel;
- ▶ Les mesures de rétablissement;
- ▶ Les informations sur la mise à jour du plan;
- ▶ Les contacts des ressources à joindre.

Critères de décision pour déclencher le PMU

Le PMU peut être mis en œuvre selon les circonstances suivantes :

- ▶ Présence d'une menace sérieuse pour la santé et la sécurité;
- ▶ Possibles dommages étendus aux biens;
- ▶ Nécessité de faire appel à de nombreuses ressources extérieures;
- ▶ Présence d'une menace affectant plusieurs municipalités;
- ▶ Perturbation importante des activités;
- ▶ Importante visibilité de l'événement;
- ▶ Durée prévue du sinistre, etc.

Dans le cadre du projet, les risques d'accidents ou de défaillance peuvent entraîner des circonstances qui déclencheraient le PMU.

Ce plan peut uniquement être mis en œuvre, partiellement ou totalement, par les personnes suivantes en ordre de priorité :

- ▶ Maire;
- ▶ Maire suppléant;
- ▶ Coordonnateur du PMU;
- ▶ Conseil municipal.

Procédure d'intervention et responsabilités des intervenants

La gestion de l'intervention se fait à partir d'un centre de coordination. Ce centre est l'endroit où toutes les informations qui permettront aux autorités municipales de convenir des mesures à mettre en place pour résoudre la situation d'urgence seront centralisées. Ce centre déterminé se trouve à la caserne d'incendie qui est localisée à un peu plus de 10 km au nord-est du site. Il est également possible de localiser ce centre au Centre récréatif et culturel qui est situé à moins de 3 km du site.

Plusieurs tâches doivent être réalisées par les différents directeurs de service au centre de coordination et sur les lieux d'un sinistre. Certaines tâches pourront s'avérer utiles dans le contexte du projet si une situation d'urgence se présente, notamment :

- ▶ Obtenir les ressources nécessaires et les guider vers les services opérant sur le sinistre selon l'urgence et les besoins;
- ▶ Offrir les moyens de transport nécessaires aux services qui en demandent;
- ▶ Coordonner et contrôler les communications et transmettre les informations nécessaires aux parties prenantes telles que les directives à la population en matière de santé, de sécurité et d'évacuation, le cas échéant;
- ▶ Assurer le bon fonctionnement des réseaux de télécommunications pour les communications entre les centres de décisions et les services d'urgence sur les lieux;
- ▶ Faire un contrôle de l'accès au sinistre;
- ▶ Combattre les incendies, s'il y a lieu;
- ▶ Informer le responsable de l'application du PMU de la nature de l'ampleur, la nature et la gravité de l'événement;

- ▶ Guider la circulation des véhicules dans la zone sinistrée et sur les chemins d'accès à la zone;
- ▶ Obtenir la présence sur les lieux d'un personnel médical qualifié;
- ▶ Décontaminer et nettoyer les lieux.

La gestion efficace de l'intervention repose sur la connaissance approfondie des rôles et responsabilités des intervenants (tableau 36). À cet effet, les rôles et responsabilités des intervenants ont été déterminés et sont décrits dans le PMU.

Tableau 36 Rôles et responsabilités des responsables

Nom du responsable	Tâche en temps d'urgence	Tâche en rétablissement
Conseil municipal	<ul style="list-style-type: none"> Assurer la mise en œuvre du plan de protection civile; Évaluer continuellement la situation; Émettre les directives opérationnelles; Octroyer le budget nécessaire; Informers les médias. 	<ul style="list-style-type: none"> Mettre en place les mesures nécessaires pour un retour à la situation normale; Analyser les causes et effets du sinistre dans une optique de prévention.
Coordonnateur du plan des mesures d'urgence	<ul style="list-style-type: none"> Mettre en œuvre le plan de mesures d'urgence; Établir le centre de coordination et le superviser; Informers les autorités concernées de la situation; Contrôler, coordonner et diriger les opérations; Produire et fournir les directives opérationnelles aux directeurs de services et au directeur des opérations. 	<ul style="list-style-type: none"> Collecter toutes les informations sur les causes et les effets de l'incident et soumettre un rapport aux autorités concernées; Superviser la mise en place des mesures de rétablissement; Faire un bilan des dépenses et rédiger un rapport sur le coût et les conséquences du sinistre; Évaluer le fonctionnement des mesures d'urgence et suggérer les correctifs nécessaires; Fermer le centre de coordination.
Directeur des opérations	<ul style="list-style-type: none"> Analyser la situation sur place; Établir des stratégies d'intervention; Mettre en œuvre les directives opérationnelles du coordonnateur; Coordonner, contrôler et diriger les intervenants sur place; Instaurer un centre d'opération; Appliquer les directives opérationnelles reçues du coordonnateur. 	<ul style="list-style-type: none"> Fermer le centre d'opération; Collaborer à la collecte d'informations sur les causes et effets du sinistre; Collaborer à l'évaluation du fonctionnement des mesures d'urgence.

Ressources à contacter

Une liste de toutes les parties prenantes (tableau 37) à contacter en cas de sinistre a été dressée dans le PMU, soit les organismes de sécurité civile, les écoles, les commerces alimentaires, etc. Cette liste met de l'avant les principales personnes à contacter au moment où l'événement survient. Mis à part Telus, ces ressources sont disponibles 24 h sur 24.

Tableau 37 Organismes à contacter en cas d'urgence

Organismes	N° de téléphone
Sécurité incendie	911
Sûreté du Québec	911
Ambulance	911
Centre de opérations gouvernementales (COG)	1-866-650-1666
Hydro-Québec	1-800-790-2424
Sopfeu	1-800-463-3389
Telus	1-877-520-1212
Croix-Rouge	1-877-362-2433
Canutec	1-888-226-8832
Sani-Mac	418-968-2376
Veolia	418-962-0233
Garde côtière canadienne	1-800-363-4735

Mesures de rétablissement

Le rétablissement est la mise en place de mesures visant la restauration de l'environnement après l'urgence environnementale. Cette étape se concrétise lorsque les conditions de sécurité le permettent à la suite de l'impact du sinistre. Le niveau de rétablissement dépend de différents facteurs, comme l'importance, la persistance et la toxicité du rejet dans le cas d'une substance déversée.

Les étapes du retour à la normale pour la municipalité sont regroupées en cinq niveaux, soit le rétablissement des services de base, le nettoyage des lieux, la mise en place de programme de soutien pour les personnes victimes du sinistre, la réintégration dans le milieu des personnes évacuées et la reprise des activités.

10 Programme de surveillance et de suivi

10.1 Programme de surveillance

Le programme de surveillance environnementale décrit les moyens qui seront mis en place pour assurer le bon déroulement des travaux de construction et le respect des exigences légales et des mesures générales de protection de l'environnement. Ce programme comprend toutes les activités en phase de construction, incluant la mobilisation du chantier jusqu'à sa fermeture, et il compte deux étapes, soit :

- ▶ L'intégration des mesures et autres considérations environnementales dans les plans et devis de construction;
- ▶ L'application intégrale des mesures d'atténuation lors des travaux de construction.

Les mesures d'atténuation présentées à l'annexe G et, s'il y a lieu, les exigences particulières inscrites dans les autorisations émises par les autorités gouvernementales, seront intégrées aux plans et devis des travaux lors de la préparation de ces documents.

Les personnes chargées de la surveillance environnementale du chantier auront comme mandat d'assurer l'application des mesures et méthodes approuvées sur le chantier, et ce, pour chacune des composantes du projet.

Lors de la surveillance, une attention particulière sera également apportée aux aspects suivants :

- ▶ Au contrôle de l'érosion et du ruissellement ou tout autre élément susceptible de contaminer l'environnement à l'exemple de l'émission de matières en suspension dans l'eau;
- ▶ La gestion des matières résiduelles ou terrains contaminés;
- ▶ La protection des éléments environnementaux sensibles du milieu;
- ▶ L'information des résidents, des représentants municipaux;
- ▶ La gestion de la circulation;
- ▶ La gestion du bruit à proximité des zones sensibles;
- ▶ La remise en état des surfaces affectées par les travaux.

10.2 Programme de suivi

La Ville de Port-Cartier mettra en place un programme de suivi environnemental. Ce programme portera sur trois aspects, soit :

- ▶ La pérennité et l'efficacité de la recharge de plage pour contrer l'érosion des berges;
- ▶ L'établissement de la végétation riveraine;
- ▶ L'utilisation de la plage par le capelan.

Le suivi de la recharge s'effectuera par les représentants de la Ville chaque printemps après la fonte des glaces. Une visite additionnelle sera effectuée à la suite de chaque tempête majeure. Durant les cinq premières années, des relevés topométriques de la plage seront effectués pour documenter son évolution. Par la suite, la fréquence pourra être espacée selon

les variations observées lors des visites et selon la fréquence des tempêtes majeures. Lors de ces visites, les traces d'érosion et l'état des infrastructures le long des rives seront documentés au moyen de photographies. Ce suivi permettra de confirmer l'efficacité des ouvrages pour contrer l'érosion et d'apporter des correctifs au besoin. Il permettra également de planifier les recharges d'entretien subséquentes qui pourraient être nécessaires.

L'établissement naturel de la végétation riveraine fera aussi l'objet d'un suivi. La présence de végétation sera documentée au cours d'une visite durant la période estivale. Les superficies couvertes et les espèces seront documentées. La végétation devrait s'implanter naturellement lorsque la recharge de plage se sera stabilisée. Des photographies seront également prises pour documenter l'évolution de l'établissement durant le suivi qui pourra s'effectuer trois fois sur une période de 5 ans.

En ce qui a trait aux capelans, la plage Rochelois semble utilisée pour la fraie depuis quelques années, mais aucun état de référence n'a été établi. Ainsi, le suivi sera plutôt qualitatif et vise à documenter si cette espèce continuera à utiliser la plage Rochelois après la réalisation des travaux. La Ville mettra en place un suivi chaque printemps et les observations de capelans seront transmises au Réseau des observateurs du capelan. Les observations seront également colligées dans le rapport de suivi environnemental qui sera produit annuellement.

11 Références

- AFFAIRES AUTOCHTONES ET DU NORD CANADA (AADNC). 2020. *Caractéristiques de la population. Innu Takuaikan Uashat Mak Mani-Utenam*. Consultée le 7 mars 2020. En ligne : https://fnpppn.aadnc-aandc.gc.ca/fnp/Main/Search/FNPPopulation.aspx?BAND_NUMBER=80&lang=fra
- ATLAS DES OISEAUX NICHEURS DU QUÉBEC. 2018. [En ligne] <https://www.atlas-oiseaux.qc.ca>
- BERGER, J.-P. et J. BLOUIN. 2007. *Guide de reconnaissance des types écologiques de la région écologique 5g – Hautes collines de Baie-Comeau–Sept-Îles*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Forêt Québec, Direction des inventaires forestiers, Division de l'analyse et de la diffusion des informations forestières et écologiques.
- CONSULTANTS ROPARS. 2017. *Érosion de la berge –Secteur Rochelois, Port-Cartier, Québec*. Rapport technique final pour le Ministère de la Sécurité publique, 22 p.
- CONSULTANTS ROPARS. 2018. *Rochelois – Recharge de plage, Port-Cartier, Québec*. Rapport technique final pour le Ministère de la Sécurité publique, 35 p.
- CONSULTANTS ROPARS. 2020. *Rochelois – Recharge de plage, Port-Cartier, Québec*. Rapport technique final pour le Ministère de la Sécurité publique, 32 p.
- EL-SABH, M. I. 1976. Surface circulation pattern in the Gulf of St. Lawrence. *J. Fish. Res. Board. Can.* 33 : 124-138.
- GALBRAITH P.S., LAROUCHE, P., CHASSÉ, J., PETRIE, B. 2012. Sea-surface temperature in relation to air temperature in the Gulf of St. Lawrence: interdecadal variability and long term trends. *Deep-Sea Res. II*, V77-80, 10-20.
- GOUVERNEMENT DU CANADA. 2019. *Données des stations pour le calcul des normales climatiques au Canada de 1981 à 2010*. En ligne : [\[http://climat.meteo.gc.ca/climate_normals/results_1981_2010_f.html?searchType=stnProx&txtRadius=100&selCity=&selPark=&optProxType=custom&txtCentralLatDeg=50&txtCentralLatMin=1&txtCentralLatSec=51&txtCentralLongDeg=66&txtCentralLongMin=51&txtCentralLongSec=29&stnID=5742&dispBack=0\]](http://climat.meteo.gc.ca/climate_normals/results_1981_2010_f.html?searchType=stnProx&txtRadius=100&selCity=&selPark=&optProxType=custom&txtCentralLatDeg=50&txtCentralLatMin=1&txtCentralLatSec=51&txtCentralLongDeg=66&txtCentralLongMin=51&txtCentralLongSec=29&stnID=5742&dispBack=0)
- GROUPE ROUSSEAU LEFEBVRE. 2014. *Projet FerroQuébec – Port-Cartier. Étude d'impact visuel, architecture du paysage*. Rapport final. 63 p. + annexes.
- INSTITUT DE LA STATISTIQUE DU QUÉBEC (ISQ). 2019. *Bulletin statistique régional, Côte-Nord*. En ligne : <https://stat.gouv.qc.ca/statistiques/profils/bulletins/2019/09-Cote-Nord.pdf>
- KOUTITONSKY, V.G. et G.L. BUGDEN. 1991. The physical oceanography of the Gulf of the St. Lawrence: A review with emphasis on the synoptic variability of the motion. P 57-90 In Therriault, J. C., The Gulf of the St. Lawrence: Small Ocean or Big Estuary? *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 113.
- LASALLE | NHC. 2020. *Projet de recharge de la plage Rochelois à Port-Cartier. Modélisation numérique des conditions hydro-sédimentaires*. Rapport R.0212 préparé pour le ministère de la Sécurité publique du Québec. 101 p. + annexe.

- LECLERC, A.-M. 2010. *Ouvrages de protection du littoral : effets sur la morphologie des plages et sur les communautés benthiques intertidales, région de Saint-Siméon et de Bonaventure, Baie des Chaleurs (Québec, Canada)*. Mémoire de maîtrise, UQAR, 161 p.
- LESAGE, V., J.-F. GOSSELIN, M. HAMMILL, M. C. S. KINGSLEY ET J. LAWSON. 2007. *Ecologically and Biologically Significant Areas (EBSAs) in the Estuary and Gulf of St. Lawrence – A marine mammal perspective*. Canadian Science Advisory Secretariat, Fisheries and Oceans Canada, Canada, 92p.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC). 2020. *Indice de qualité de l'air*.
<http://www.iqa.environnement.gouv.qc.ca/contenu/index.asp>
- MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MFFP). 2018. *IGO*. Données écoforestières. Site Internet consulté en octobre 2018. [En ligne] :
<https://geoegl.msp.gouv.qc.ca/igo/mffpecofor/>
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC). 2019. *Aires protégées. Carte interactive. Aires protégées au Québec* (version du 31 décembre 2019). En ligne :
http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/aires_protegees/carte-interactive.htm
- MINISTÈRE DE LA CULTURE ET DES COMMUNICATIONS (MCC). 2019. *Répertoire du patrimoine culturel du Québec*. En ligne : <http://www.patrimoine-culturel.gouv.qc.ca/rpcq/accueil.do?jsessionid=F578F264F0AD89F11F759BC3EAEFAB0C?methode=afficher>
- MRC DE SEPT-RIVIÈRES. 2002. *Projet de schéma d'aménagement révisé*. Adopté de 19 février 2002. Pagination multiple.
- NATURAM ENVIRONNEMENT. 1992. *Plan de mise en valeur de la rivière aux Rochers*. Rapport final présenté à l'Association de protection de la rivière aux Rochers.
- Navionics. 2020. Site Internet consulté en avril 2020. [En ligne] :
<https://webapp.navionics.com/>
- OBSERVATOIRE GLOBAL DU SAINT-LAURENT (OGSL). 2020. *Capelans*.
<https://ogsl.ca/fr/participation-citoyenne/des-observateurs-du-capelan>
- ORGANISME DE BASSINS VERSANTS DUPLESSIS. 2018. *Carte des bassins versants*. Site Internet consulté en octobre 2018. [En ligne] : <http://obvd.qc.ca/carte/bassins-versants/>
- PÊCHES ET OCÉANS CANADA (MPO). 2018. *Les pêches maritimes du Québec. Séries statistiques 2009-2015*. Service des statistiques. Direction régionale de la Gestion des pêches, Québec.
- ENVIRAM GROUPE CONSEIL. Sans date. *Règlement de plan d'urbanisme numéro 2009-150.version amendée*. 39 p. et annexe.
- RÉSEAU DE SUIVI DE LA BIODIVERSITÉ AQUATIQUE (RSBA). 2019. Site web
[<http://www.rsba.ca/autres/index.php>]
- SCOTT, W.B. ET M.G. SCOTT. 1988. *Atlantic Fishes of Canada*. Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences, No 219 731 p. University of Toronto Press.

STATISTIQUE CANADA. 2019. Profil du recensement, Recensement de 2016, Port-Cartier, Québec. Consulté en décembre 2019. En ligne : <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/dp-pd/prof/details/page.cfm?Lang=F&Geo1=POPC&Code1=0668&Geo2=POPC&Code2=0668&Data=Count&SearchText=Port-Cartier&SearchType=Begins&SearchPR=01&B1=All&TABID=1>

TOURISME PORT-CARTIER, sans date. Visiteur. Église St-Patrice et chapelle Ste-Anne. Consultée en avril 2020. En ligne : <http://www.villeport-cartier.com/site.asp?page=element&nIDElement=5326>

Annexe A Autorisation de procéder à une intervention d'urgence



Sept-Îles, le 11 février 2019

AUTORISATION
Loi sur la qualité de l'environnement
(RLRQ, chapitre Q-2, article 22)

Ville de Port-Cartier
40, avenue Parent
Port-Cartier (Québec) G5B 2G5

N/Réf. : 7430-09-01-0043503
401776892

Objet : Protection temporaire des berges de la plage Rochelois

Mesdames,
Messieurs,

À la suite de la demande d'autorisation du 10 mai 2018, reçue le 14 mai 2018 et complétée le 4 février 2019, j'autorise, conformément à l'article 22 de la *Loi sur la qualité de l'environnement* (RLRQ, chapitre Q-2), le titulaire mentionné ci-dessus à réaliser le projet comportant l'activité décrite ci-dessous :

Recharge de plage sur une longueur de 80 mètres par 10 mètres de largeur et nécessitant 300 mètres cubes de matériel de type MG-112. Les travaux auront lieu sur le secteur ouest de la plage Rochelois, dans la municipalité de Port-Cartier, dans la MRC de Sept-Rivières. Aucune machinerie ne circulera sur la plage. Les matériaux seront mis en place à partir de la rue Rochelois. Les travaux s'effectueront entre les coordonnées géographiques suivantes (nad 83) :

- Point A : 50° 1' 17.62 "N 66° 51' 33.53 "O
- Point B : 50° 1' 17.62 "N 66° 51' 33.53 "O

L'activité de recharge de plage doit débuter dans les deux ans de la date de délivrance de cette autorisation. À défaut, l'autorisation pour cette activité est annulée de plein droit.

Les documents suivants font partie intégrante de la présente autorisation :

- Formulaire de demande de certificat d'autorisation pour la protection temporaire des berges de la plage Rochelois, signé par M. Pierre-Charles April, ing., le 10 mai 2018, 16 pages et 3 annexes;
- Lettre au ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, datée du 7 décembre 2019, signée par M. Pierre-Charles April, ing., concernant des informations supplémentaires, 2 pages et 5 annexes dont :

- Document intitulé : « Ville de Port-Cartier – Caractérisation écologique – projet de stabilisation de la plage de Rochelois – 046-P-0017164-0-01-001-EN-R-0100-00 », daté de novembre 2018, signé par M^{me} Laurianne Garraud, M.Sc., M. Env, chargée de projet et M. Michel Belles-Isles, Ph., directeur de projet, 28 pages et 4 annexes;
- Plans intitulés : « Érosion des berges – plage Rochelois », vue en plan et vue en élévation côté ouest, approuvés par M. Pierre-Charles April, ing., daté du 6 décembre 2018.
- Courriel transmis au ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques le 19 décembre 2018, 08:54, par M. Pierre-Charles April, ing., concernant des précisions sur le matériel granulaire à utiliser, 1 pages et 1 annexe;
- Courriel transmis au ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques le 7 janvier 2019 par M. Pierre-Charles April, ing., concernant la recharge de plage temporaire – secteur est, 1 page et 1 annexe;
- Courriel transmis au ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques le 4 février 2019 par M. Pierre-Charles April, ing., concernant le matériel de remblai, 1 page.

En cas de divergence entre ces documents, l'information contenue au document le plus récent prévaudra.

Le projet devra être réalisé et exploité conformément à ces documents.

En outre, cette autorisation ne dispense pas le titulaire d'obtenir toute autre autorisation requise par toute loi ou tout règlement, le cas échéant.

Pour le ministre,



AG/MCG/mjt

Alain Gaudreault
Directeur régional de l'analyse et de
l'expertise de la Côte-Nord

Annexe B Rapport de conception

Rochelois - Recharge de plage

Port-Cartier, Québec



RAPPORT TECHNIQUE FINAL

Par

Yann ROPARS, ing., M.Sc.



CONSULTANTS ROPARS INC
3643, Chemin Saint-Louis
Québec (Québec) G1W 1T2
yann_ropars@videotron.ca

MARS 2020

Pour

Ministère de la Sécurité publique



TABLES DES MATIÈRES

TABLES DES MATIÈRES	i
Liste des figures	ii
1 Introduction	1
2 Données de base	3
2.1 Vagues	3
2.2 Niveaux d'eau.....	5
2.3 Série chronologique synchrone	7
2.4 Données topographiques	8
3 Recharge de plage	9
3.1 Dimensionnement d'une recharge de plage	9
3.2 Recherche de matériaux disponibles dans la région.....	11
3.3 Remontée des vagues sur une plage	12
3.3.1 Notions théoriques.....	12
3.3.2 Pentes de plages.....	12
3.3.3 Remontée des vagues sur une plage	14
3.4 Profils d'une plage rechargée	18
4 Projet de recharge de plage	20
4.1 Particularités du projet.....	20
4.2 Modélisations hydro-sédimentaires.....	20
4.3 Dimensionnement d'un épi	21
4.3.1 Concept d'épi.....	21
4.3.2 Élévation de la crête de l'épi standard.....	22
4.3.3 Dimensionnement des pierres de carapace	23
4.4 Recharge de plage	25
4.5 Calcul des quantités de recharge de plage.....	28
5 Quantités et coûts	30
5.1 Quantités.....	30
5.2 Coûts.....	30
6 Conclusion et recommandations	32
6.1 Conclusion.....	32
6.2 Recommandations	32

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1	Localisation de Port-Cartier (Carte marine 4026).....	1
Figure 1.2	Localisation du secteur de la rue des Rochelois à Port-Cartier (Carte marine 1226) ..	2
Figure 2.1	Position des points de la grille WW3 (vagues)	3
Figure 2.2	Relation entre la hauteur significative et la direction des vagues au large de Port-Cartier (Point WW3-PCD - 1980-2015)	4
Figure 2.3	Fréquence de dépassement des hauteurs de vagues à Port-Cartier (WW3-PCD) – 1980-2015 – Année complète	5
Figure 2.4	Fréquence de dépassement des niveaux d'eau à Port-Cartier – 1979-2011	6
Figure 2.5	Relation entre les hauteurs de vagues (WW3-PCD) et les niveaux d'eau (ISMER) à Rochelois - Port-Cartier – 1980-2011	7
Figure 2.7	Localisation des transects – Rochelois (Blue Kenue à partir des relevés du SHOALS-2017 sur fond de carte topographique au 1/20 000 ^e)	8
Figure 3.1	Relation entre le paramètre « A » et le diamètre médian du matériel de recharge.....	9
Figure 3.2	Évolution d'un profil de plage de galet (CIRIA – figure 145 page 245)	10
Figure 3.3	Analyse granulométrique des sédiments trouvés près de Port-Cartier	11
Figure 3.4	Configuration de plage et définition de pentes	13
Figure 3.5	Remontée R_{max} des vagues sur une plage – Transect T10 – Battjes-1971-ajustée ..	15
Figure 3.6	Remontée $R_{2\%}$ des vagues sur une plage – Transect T10 – Stockdon-2006	15
Figure 3.7	Résultats de remontée des vagues sur la plage de Rochelois (Transect T10).....	16
Figure 3.8	Remontée des vagues sur le transect T03 de la plage de Rochelois	17
Figure 3.9	Remontée des vagues sur le transect T06 de la plage de Rochelois	17
Figure 3.10	Remontée des vagues sur le transect T13 de la plage de Rochelois	18
Figure 3.11	Remontée des vagues sur le transect T20 de la plage de Rochelois	18
Figure 3.12	Coupe-type d'une recharge de plage (Transect T14).....	19
Figure 4.1	Fuite potentielle des matériaux de recharge de plage et émissaire	21
Figure 4.2	Remontée des vagues sur un enrochement (épi de Rochelois)	22
Figure 4.3	Vue en coupe longitudinale de l'épi de stabilisation de la recharge de plage proposée pour Rochelois (entre les transects T22 et T23).....	24
Figure 4.4	Coupe AA de l'épi proposé pour Rochelois (pierres de 1,75 à 3 tonnes)	24
Figure 4.5	Coupe BB de l'épi proposé pour Rochelois (pierres de 0,5 à 1 tonne)	24
Figure 4.6	Vue en plan de la recharge de plage proposée pour Rochelois	26
Figure 4.7	Coupe-type d'une recharge de plage (Transect T00).....	27
Figure 4.8	Coupe-type d'une recharge de plage (Transect T11).....	27
Figure 4.9	Coupe-type d'une recharge de plage (Transect T19).....	27

Figure 4.10	Comparaison des élévations de plage - SHOALS-2017 versus LiDAR-2017 (T08) ..	28
Figure 4.11	Comparaison des élévations de plage - SHOALS-2017 versus LiDAR-2017 (T12) ..	28
Figure 4.12	Comparaison des élévations de plage - SHOALS-2017 versus LiDAR-2017 (T17) ..	29
Figure 4.13	Comparaison des élévations de plage - SHOALS-2017 versus LiDAR-2017 (T21) ..	29

CLAUSE DE LIMITATION DE RESPONSABILITÉ

Ce document a été préparé par Consultants Ropars Inc. de façon conforme aux bonnes pratiques d'ingénierie et est destiné à l'usage exclusif Ministère de la Sécurité publique et de ses représentants autorisés dans le cadre spécifique de l'étude de **la protection de la plage Rochelois à Port-Cartier**. Le contenu de ce document ne peut être appliqué ou utilisé, en tout ou en partie, par ou à l'avantage d'autres parties sans l'autorisation écrite de Consultants Ropars Inc. Aucune autre garantie, expresse ou tacite, n'est accordée.

Consultants Ropars Inc. n'assument aucune responsabilité quant à l'utilisation ou au recours du présent document ou de son contenu par d'autres parties que le Ministère de la Sécurité publique.

1 Introduction

La ville de Port-Cartier est située sur la rive nord du fleuve Saint-Laurent, à une quarantaine de km à vol d'oiseau au sud-ouest de Sept-Îles (figure 1.1).

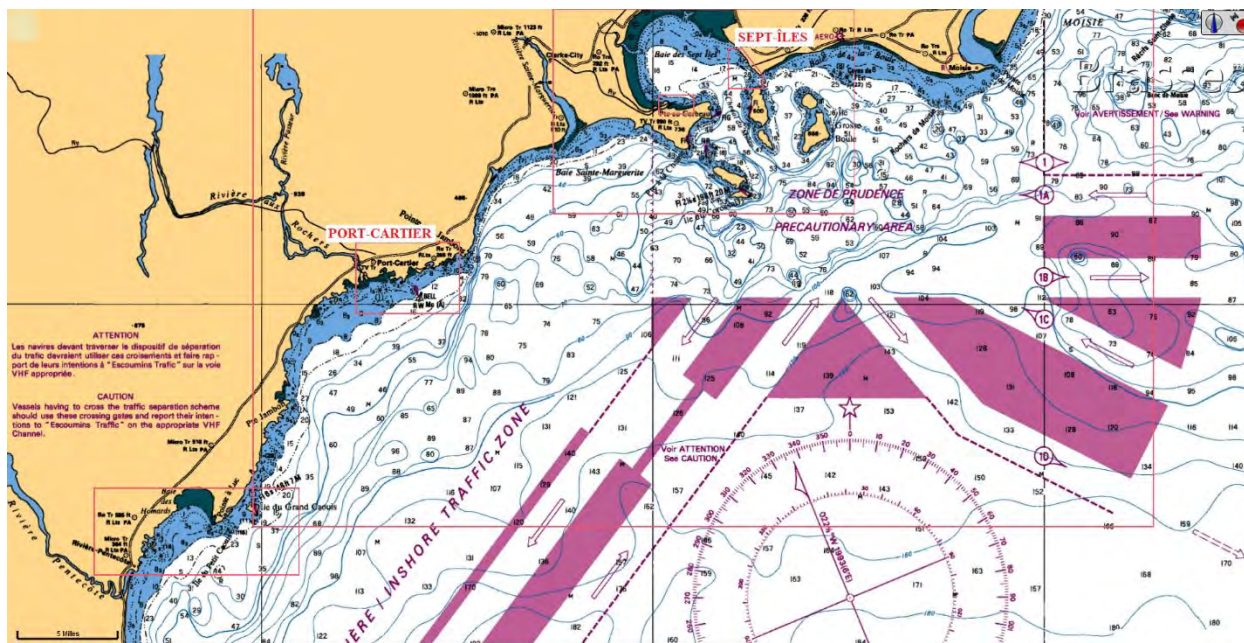


Figure 1.1 Localisation de Port-Cartier (Carte marine 4026)

Les berges de Port-Cartier sont affectées par l'érosion depuis des années et la tempête du 30 décembre 2016 a particulièrement endommagé la berge du secteur Rochelois (figure 1.2).

Une intervention de protection de la plage de Rochelois est envisagée sous la forme d'une recharge de plage à l'aide de matériaux granulaires, de façon éviter que les dommages ne s'étendent à l'infrastructure routière ainsi qu'aux infrastructures municipales et privées qui se trouvent à proximité de la berge.

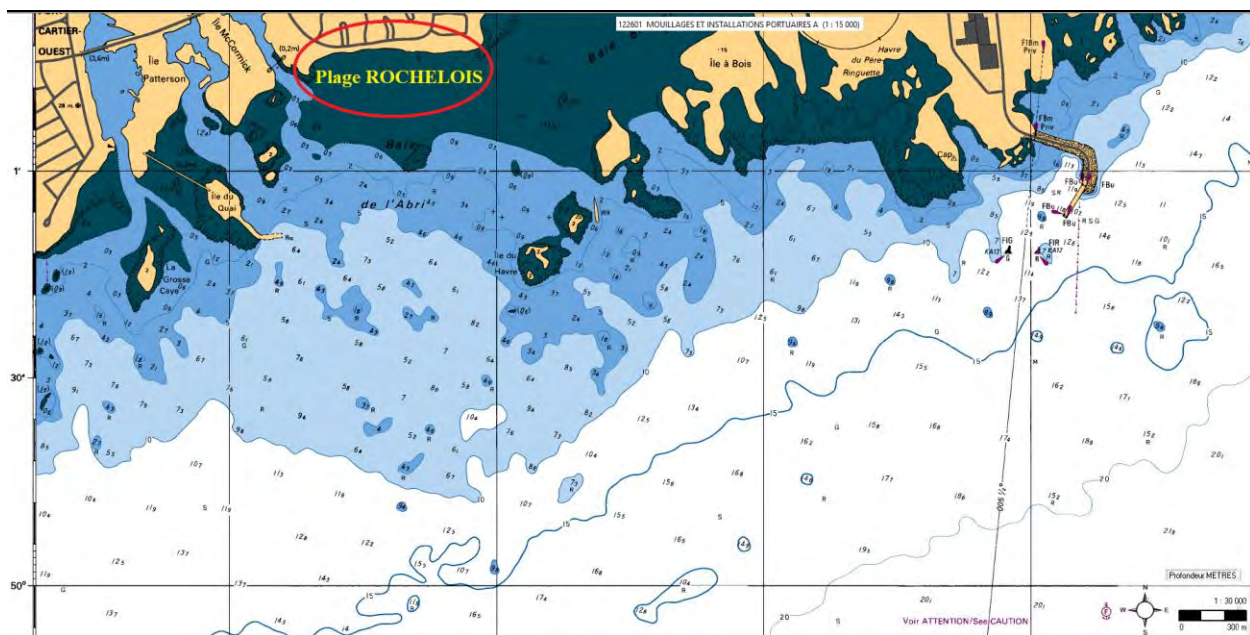


Figure 1.2 Localisation du secteur de la rue des Rochelois à Port-Cartier (Carte marine 1226)

2 Données de base

2.1 Vagues

Les données de vagues ont été récupérées auprès de l'UQAR qui opère un modèle Wave Watch III¹ (WW3) sur le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent (projet Modesco du Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières de l'Université du Québec à Rimouski). Les données de vagues WW3 ont été récupérées pour une série des points situés au large de Rochelois.

La figure 2.1 illustre la position des points de la grille WW3 (1980 à 2015) pour lesquels des données de vagues ont été récupérées.

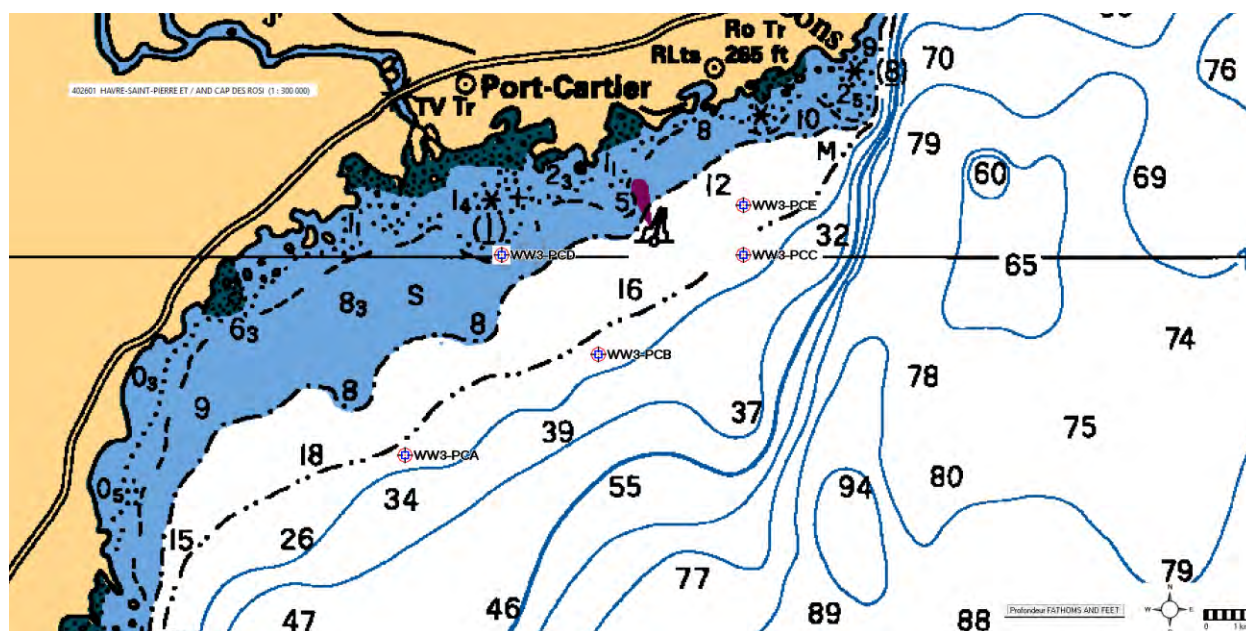


Figure 2.1 Position des points de la grille WW3 (vagues)

Les vagues proviennent principalement du secteur Est-Sud-Est au large de Port-Cartier. La figure 2.2 illustre point par point (un point représentant une donnée horaire) la relation entre la hauteur significative et la direction des vagues au point PCD, le point d'extraction des données de vagues WW3 le plus près de Rochelois.

¹ <https://polar.ncep.noaa.gov/waves/>

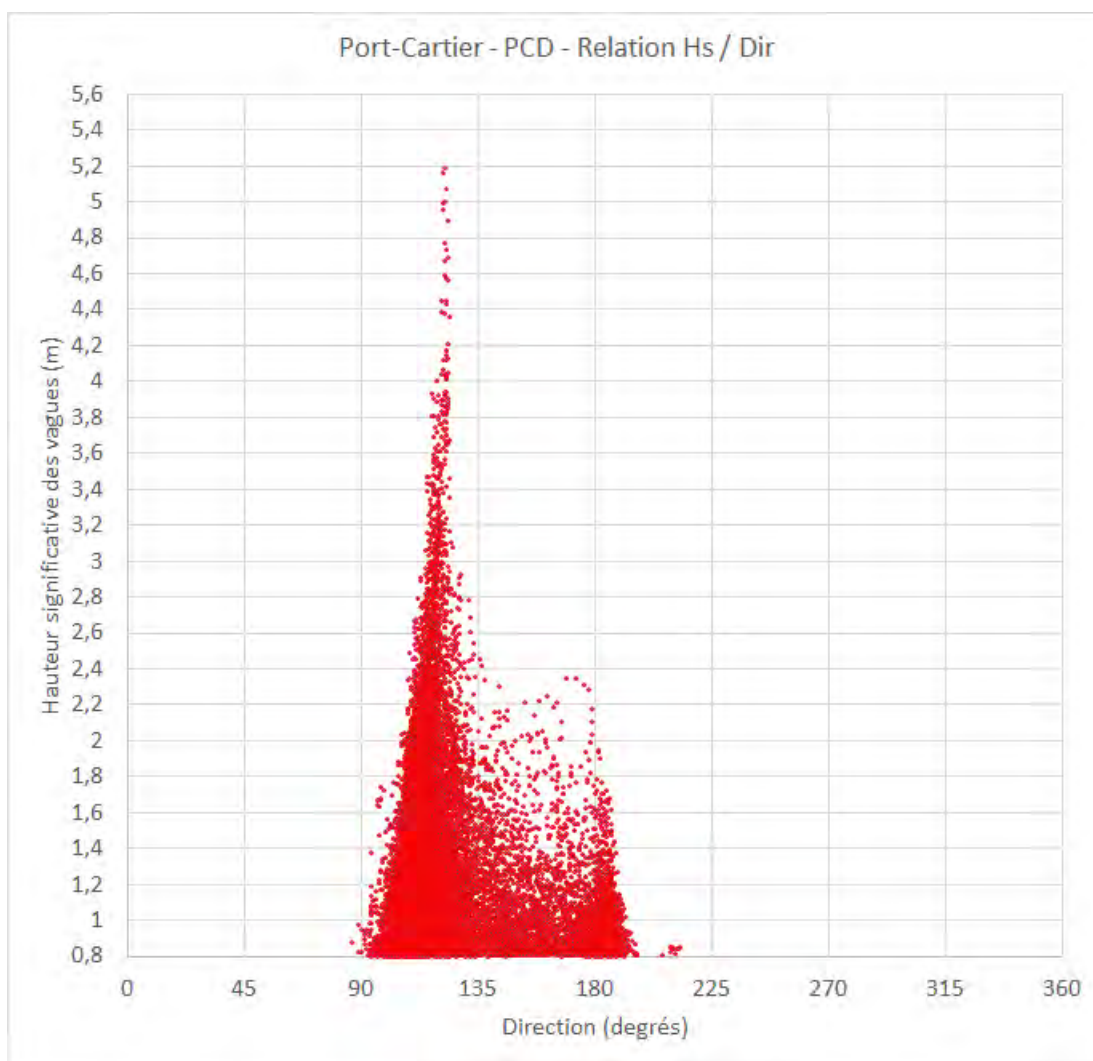


Figure 2.2 Relation entre la hauteur significative et la direction des vagues au large de Port-Cartier (Point WW3-PCD - 1980-2015)

La figure 2.3 illustre la fréquence de dépassement des hauteurs de vagues au point WW3-PCD pour l'année complète. La relation polynomiale est celle qui décrit le plus précisément cette courbe de fréquence de dépassement. Au large de Rochelois, la hauteur significative des vagues extrêmes serait de 5,2 m pour une fréquence de dépassement de 1 heure/50 ans et de 4,4 m pour une fréquence de dépassement de 1 heure/2 ans.

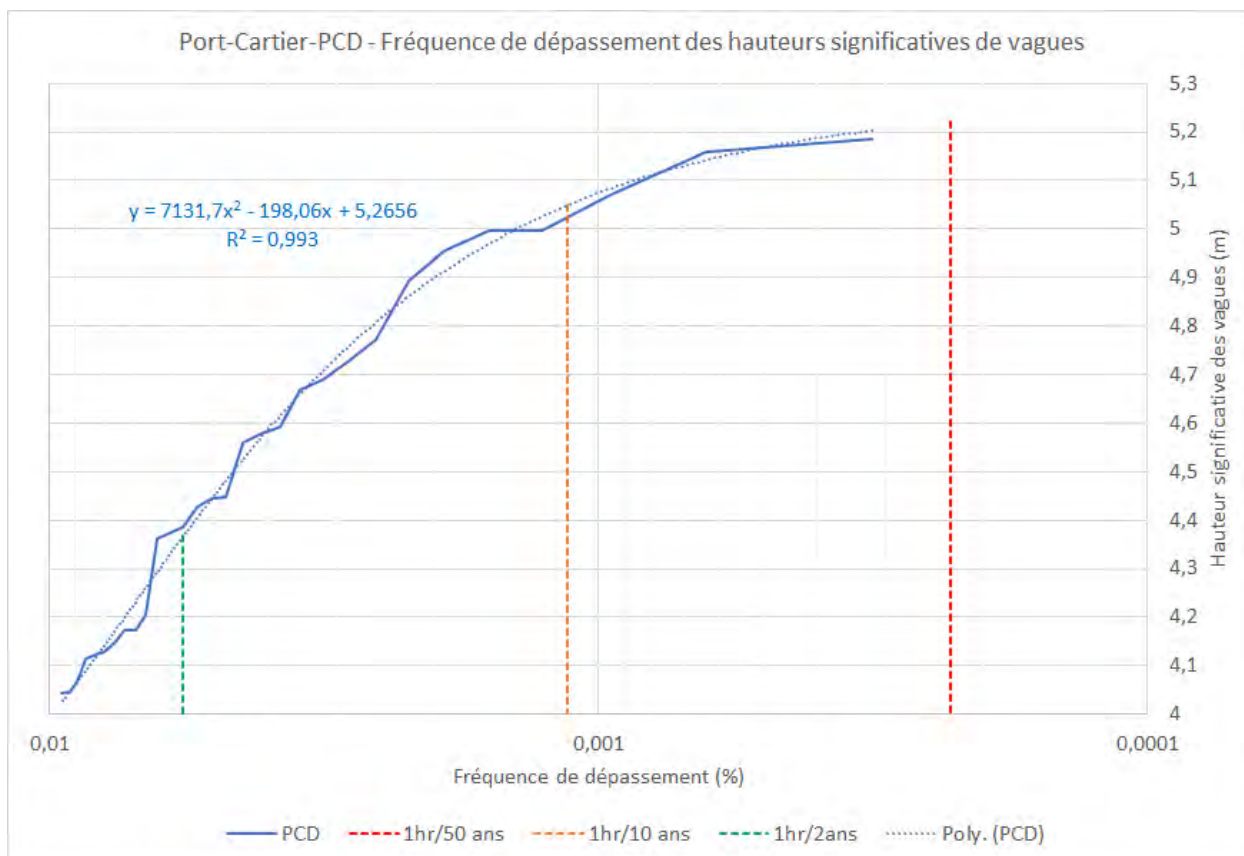


Figure 2.3 Fréquence de dépassement des hauteurs de vagues à Port-Cartier (WW3-PCD) – 1980-2015 – Année complète

2.2 Niveaux d'eau

En l'absence de données de niveaux d'eau enregistrés sur une assez longue période dans la région de Port-Cartier, c'est la série temporelle de niveaux d'eau modélisée pour Port-Cartier par l'ISMER² (1979 à 2011) qui a été retenue pour définir les niveaux d'eau près de la plage de Rochelois.

La figure 2.4 illustre la courbe de fréquence de dépassement des niveaux d'eau hauts pour la station virtuelle 2790 / Port-Cartier. Selon cette information, les niveaux d'eau suivants devraient être considérés dans le dimensionnement des infrastructures côtières (en considérant ou non l'influence

² Xu, Z. & Lefaiivre, D., "Prévision des niveaux d'eau dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent en fonction des changements climatiques », Rapport X011.1 réalisé par l'ISMER / UQAR pour le compte du Ministère des Transports du Québec, Janvier 2015

sur les niveaux d'eau des changements climatiques³ et du relèvement isostatique dans la région de Port-Cartier, soit 3,56 mm/an vers le haut⁴) :

- Fréquence de dépassement de 1 hr/an : +2,63 m NMM
- Fréquence de dépassement de 1 hr/10 ans : +3,07 m NMM
- Fréquence de dépassement de 1 hr/50 ans : +3,37 m NMM (sans influence des changements climatiques)
- Fréquence de dépassement de 1 hr/50 ans : +3,54 m NMM (avec influence des changements climatiques et du relèvement isostatique)

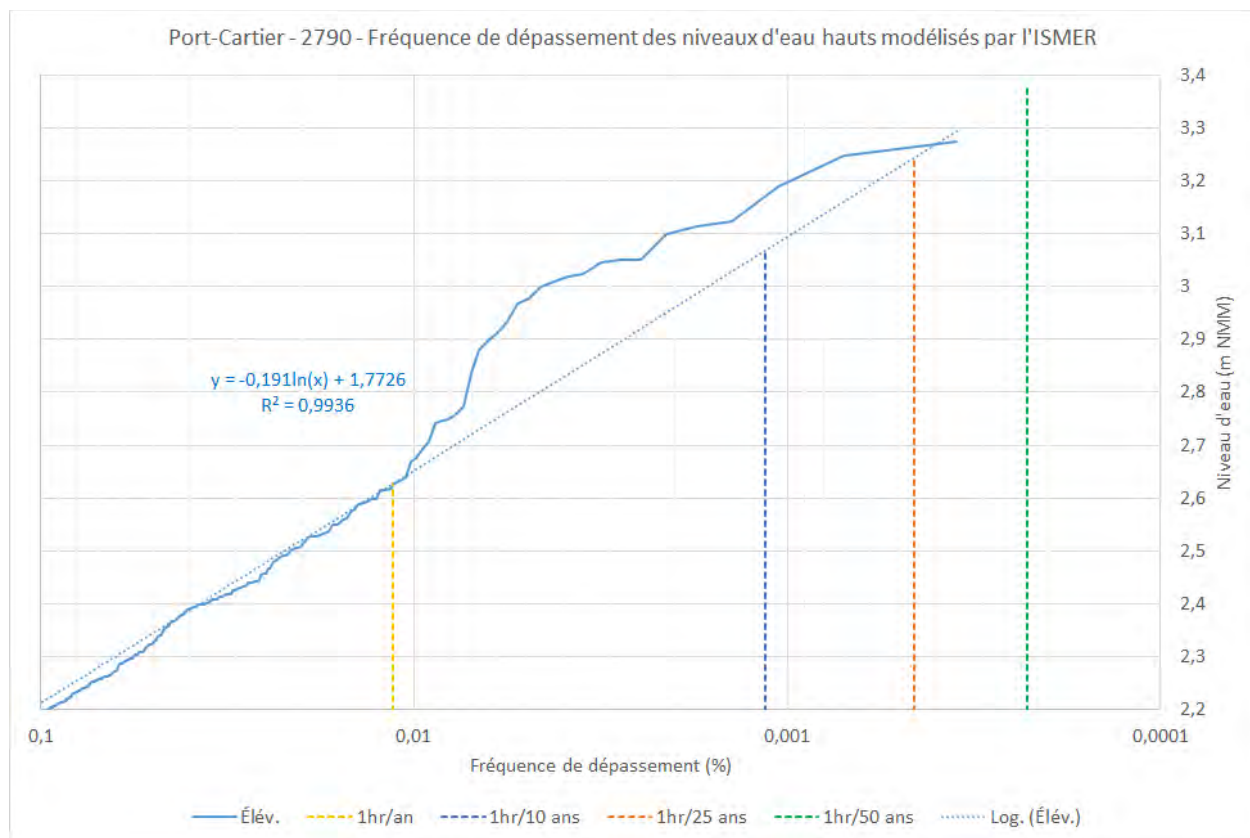


Figure 2.4 Fréquence de dépassement des niveaux d'eau à Port-Cartier – 1979-2011

³ IPCC SR Ocean and Cryosphere – Chapter 4 – Sea level rise and implications for low lying islands, coasts and communities, June 2019

⁴ <http://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/tools-outils/trx.php>

2.3 Série chronologique synchrone

Dans le cadre du dimensionnement de la recharge de plage, le calcul de la remontée des vagues sur une plage a été fait heure par heure. Dans le but de fournir les événements critiques de remontée des vagues sur la plage, une série chronologique synchrone de hauteurs significatives de vagues et de niveaux d'eau a été définie pour la plage Rochelois entre 1980 et 2011 à partir des informations décrites ci-dessus. Pour rester dans des paramètres pour lesquels la remontée des vagues peut influencer le dimensionnement de la recharge de plage, seuls les événements pour lesquels la hauteur de vague était supérieure à 0,15 m et le niveau d'eau était supérieur au Niveau moyen des mers (NMM-CGVD28) ont été sélectionnés pour les calculs.

La figure 2.5 illustre la relation obtenue entre les hauteurs significatives des vagues et les niveaux d'eau synchrones, classés par ordre décroissant de la somme de Hs et du niveau d'eau.

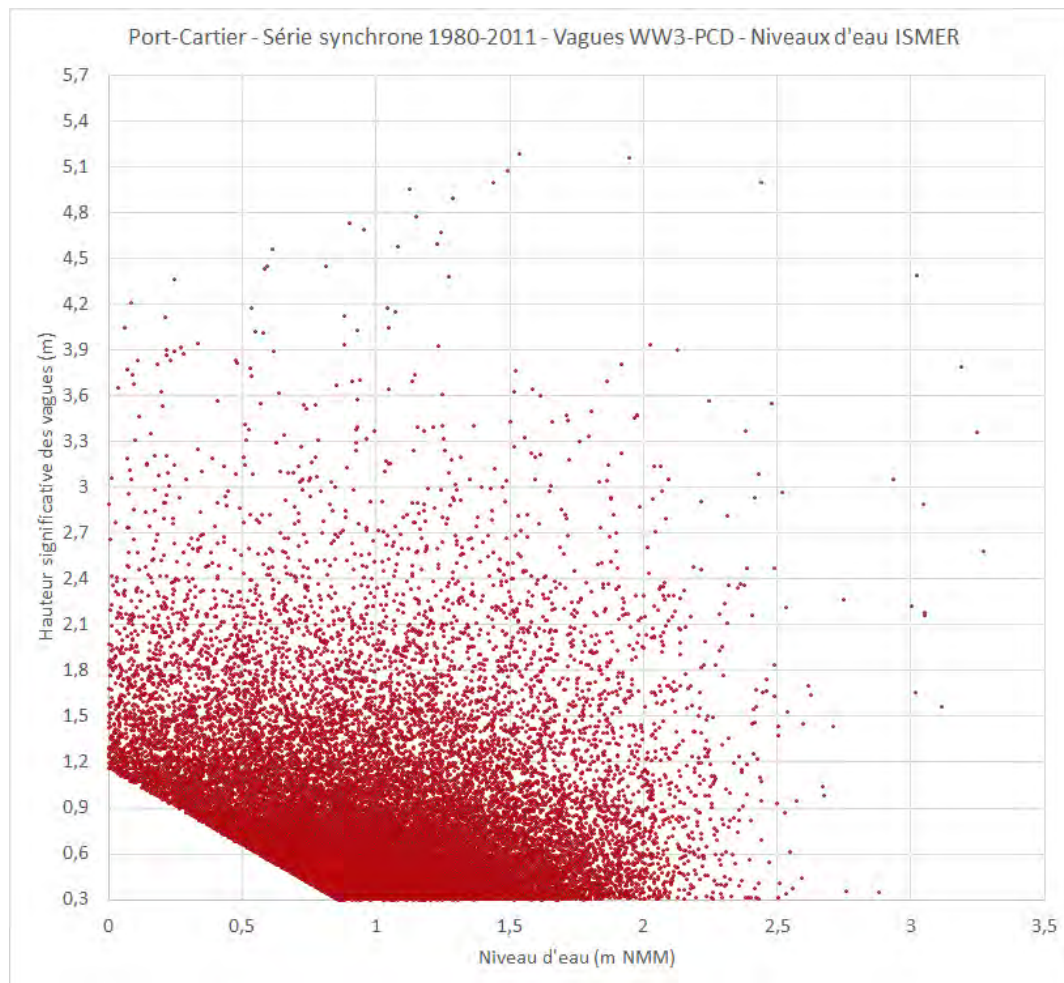


Figure 2.5 Relation entre les hauteurs de vagues (WW3-PCD) et les niveaux d'eau (ISMER) à Rochelois - Port-Cartier – 1980-2011

2.4 Données topographiques

Les données topographiques ont été extraites sous formes de transects perpendiculaires au rivage des relevés LIDAR/SHOALS effectués pour le compte du MSP en 2017. La figure 2.7 présente la localisation de ces 28 transects sur un fond de plan tiré de l'analyse Blue Kenue des relevés et la carte topographique du MERN au 1/20 000^e.

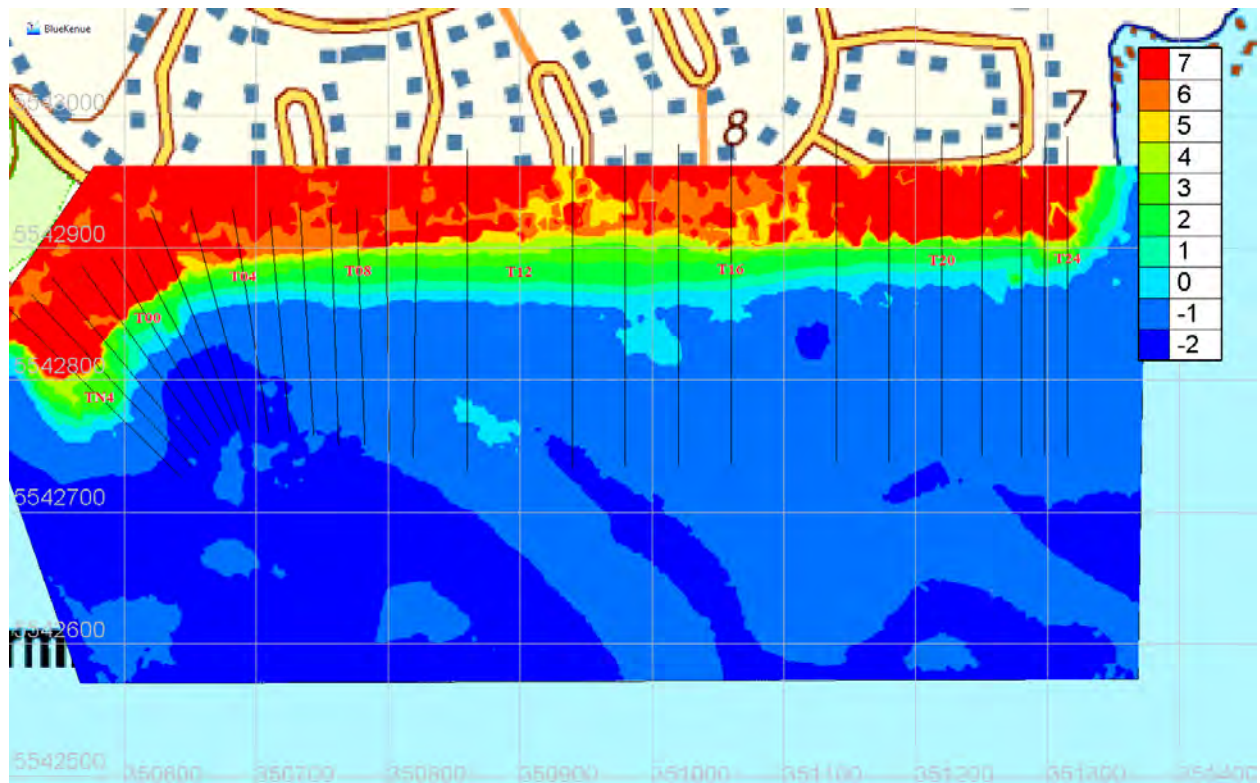


Figure 2.7 Localisation des transects – Rochelois (Blue Kenue à partir des relevés du SHOALS-2017 sur fond de carte topographique au 1/20 000^e)

3 Recharge de plage

3.1 Dimensionnement d'une recharge de plage

Le Coastal Engineering Manual (CEM) du U.S. Army Corps of Engineers propose une équation permettant de calculer la géométrie d'une plage à partir des caractéristiques du matériel granulaire la constituant. Il s'agit d'une relation très simplifiée ne faisant intervenir que le diamètre médian des matériaux de la plage, et l'équation ne peut que donner une idée du profil d'équilibre probable de la plage. Une plage réelle est nettement plus complexe que cette idéalisation. Cette équation est la suivante :

$$h = A y^{2/3} \quad [\text{Équation III-3-14}]$$

où h est l'élévation et y la distance en mètres calculée à partir de l'intersection du niveau moyen de l'eau et de la plage. « A » est un paramètre dépendant des caractéristiques géométriques (diamètre médian D_{50}) du sédiment utilisé pour la recharge de plage et parfois des vagues.

La figure 3.1 présente l'une des deux relations proposées dans le CEM entre le coefficient « A » et le diamètre D_{50} du matériel de la plage. Il s'agit d'une méthode simple d'évaluer la pente d'équilibre d'une plage qui a par contre l'inconvénient de ne pas faire intervenir les caractéristiques des vagues.

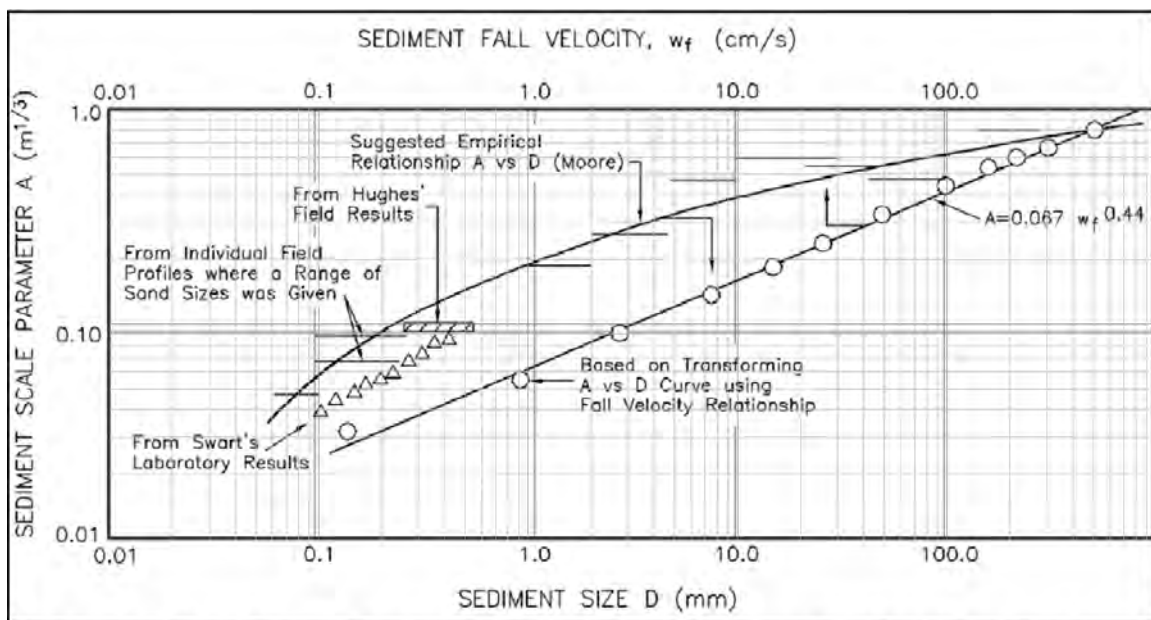


Figure III-3-17. Variation of sediment scale parameter A with sediment size D and fall velocity w_f (Dean 1987b)

Figure 3.1 Relation entre le paramètre « A » et le diamètre médian du matériel de recharge

Le CIRIA⁵ propose une autre façon d'évaluer le paramètre « A », nettement plus compliquée à mettre en œuvre, mais qui fait intervenir la hauteur des vagues et la vitesse de chute des sédiments dans l'eau en fonction de leur taille. Compte tenu de la relative protection de la plage de Rochelois contre les vagues de tempête et des imprécisions quant à la hauteur de ces vagues, la méthode simplifiée du CEM sera retenue pour cette évaluation préliminaire d'un projet de recharge de plage.

Delft Hydraulics a développé un modèle numérique d'après les travaux de Van der Meer, 1998. Ce modèle permet de prédire la déformation du profil de plage en fonction des vagues qui le frappent. Le profil initial de la plage illustrée à la figure 3.2 était de 1V: 5H. Ce modèle a cependant l'inconvénient de ne pas tenir compte de la marée qui tend à régulariser le profil de la plage.

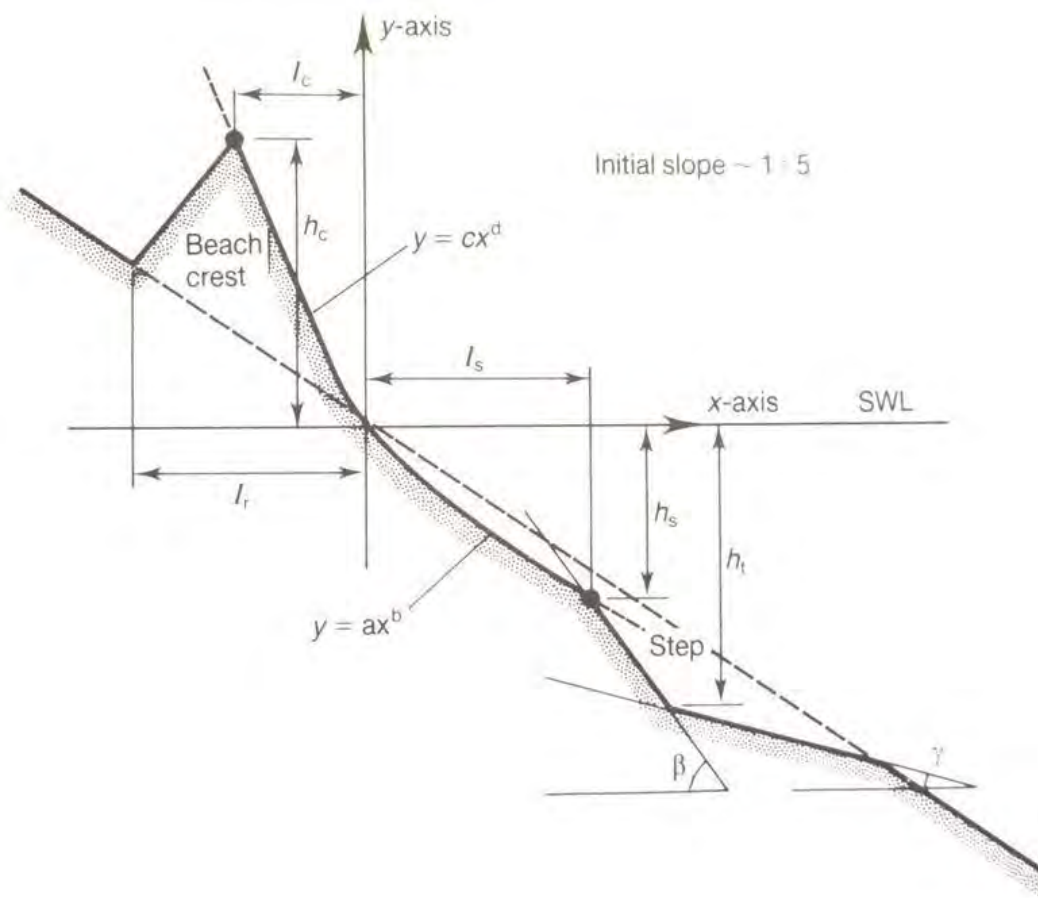


Figure 3.2 Évolution d'un profil de plage de galet (CIRIA – figure 145 page 245)

⁵. Construction Industry Research and Information Association – Manual on the use of rock in coastal and shoreline engineering, 1991.

3.2 Recherche de matériaux disponibles dans la région

Une recherche de matériaux granulaires susceptibles de convenir pour un projet de recharge de plage de Rochelois à Port-Cartier a été faite dans la région avant de se lancer dans la conception d'un tel projet. Une source potentielle de matériaux a été identifiée et des analyses granulométriques ont été faites concernant cette source de matériaux.

La figure 3.3 illustre le résultat des analyses granulométriques faites sur les matériaux granulaires de Port-Cartier et indique un D_{50} de l'ordre de 14 mm.

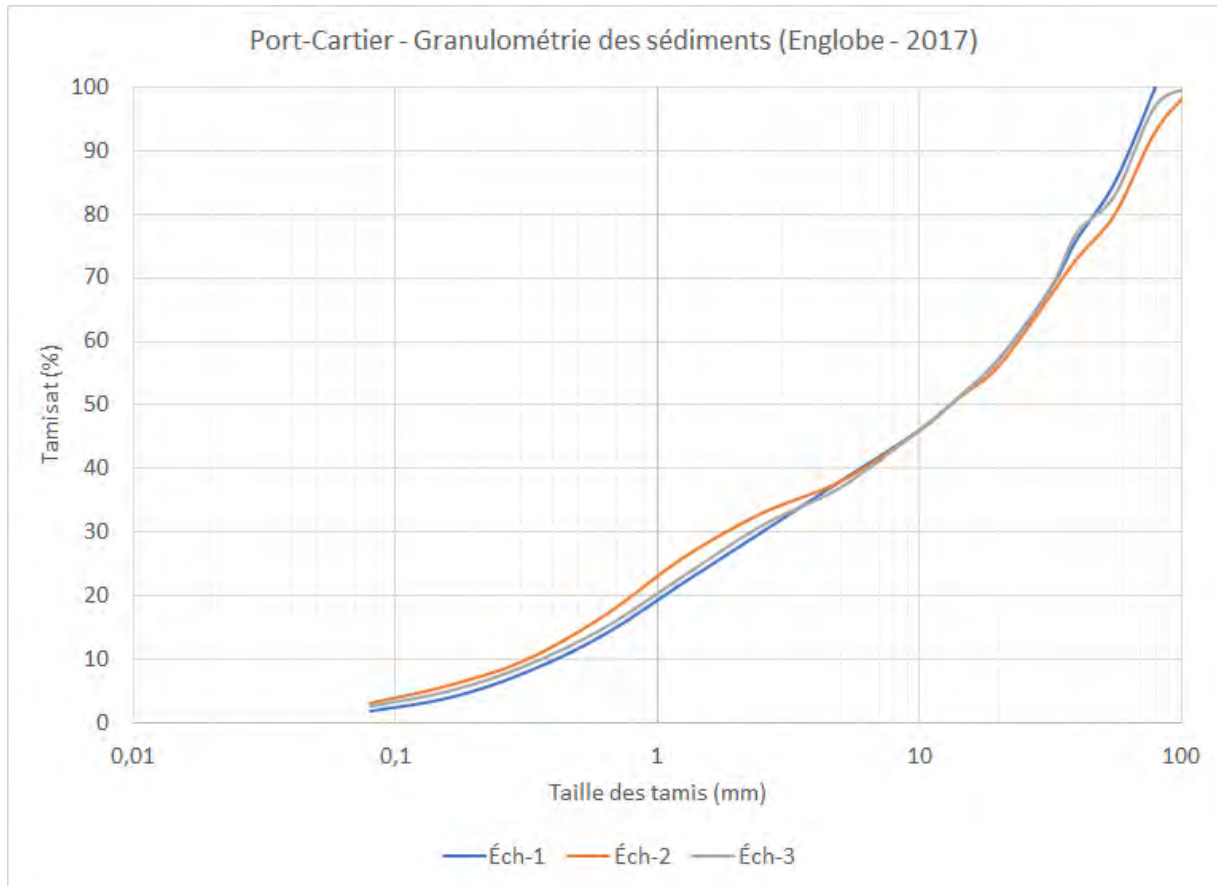


Figure 3.3 Analyse granulométrique des sédiments trouvés près de Port-Cartier

3.3 Remontée des vagues sur une plage

3.3.1 Notions théoriques

La remontée des vagues sur la plage de Rochelois à Port-Cartier peut être calculée à l'aide de plusieurs équations paramétriques du Coastal Engineering Manual :

Mase-1989 : équation II-4-28 pour le R_{\max} et équation II-4-29 pour le $R_{2\%}$. Ce calcul s'effectue avec les caractéristiques des vagues réfractées.

$$R_{\max} = 2,32 * H_0 * \xi_0^{0,77}$$

$$R_{2\%} = 1,86 * H_0 * \xi_0^{0,71}$$

Battjes-1971 ajustée selon Didier & al.-2016. Ce calcul s'effectue avec les caractéristiques des vagues au large.

$$R_{\max} = 1,91 * H_{m0} * \xi_0 + 0,22$$

Stockdon & al.-2006 – formulation générale pour plages réfléchives et dissipatives. Ce calcul s'effectue avec les caractéristiques des vagues au large.

$$R_{2\%} = 1,1 * (0,35 * \beta * (H_0 * L_0)^{1/2} + 1/2 * (H_0 * L_0 * (0,563 * \beta^2 + 0,004))^{1/2})$$

Ruggiero & al.-2001 - Ce calcul s'effectue avec les caractéristiques des vagues au large.

$$R_{2\%} = 0,27 * (\tan\beta * H_{s0} * L_0)^{0,5}$$

La série temporelle synchrone de niveaux d'eau et de hauteurs des vagues calculées au large et aux abords de la plage de Rochelois a été utilisée pour définir les événements qui affecteraient la recharge de plage, les vagues étant issues de la modélisation faite à partir des vents de Sept-Îles et les niveaux d'eau étant issus de la modélisation faite par l'ISMER à Port-Cartier.

La remontée des vagues sur la plage de Rochelois a été calculée en fonction des caractéristiques des combinaisons les plus défavorables de niveau d'eau et de hauteur de vagues (réfractées ou au large).

3.3.2 Pentés de plages

En nature, les plages peuvent avoir des configurations extrêmement variées et il existe de très nombreuses manières de définir la pente d'une plage. La littérature est relativement peu explicite sur la ou les pentes de plage qui devraient être considérées dans les équations.

La figure 3.4⁶ illustre quelques types de pentes que l'on peut retrouver le long des rivages du Québec. Le point D_{high} de la figure 3.4 pourrait correspondre au point de remontée maximale des vagues alors que le point S correspondrait à la ligne du rivage / début de la végétation. Le bas de plage (*hinge line*) correspondrait à la limite inférieure de la zone de mobilité des sédiments de haut de plage (souvent marquée par un point d'inflexion du profil de plage et un changement de nature du substrat sur les plages du Québec) et la limite inférieure de l'estran (extrémité du côté du large de la plate-forme littorale / *platform edge*) correspond en général à la limite de marée basse.

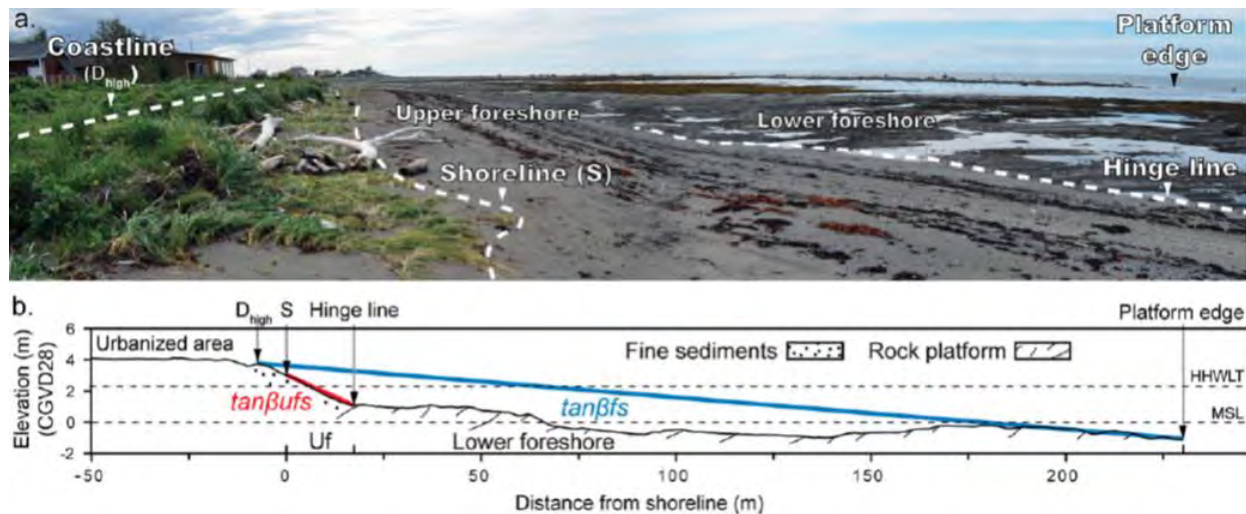


Figure 3.4 Configuration de plage et définition de pentes

Comme le point D_{high} est l'information qui est recherchée à travers les calculs de remontée des vagues sur un rivage, il faut s'en remettre à un critère topographique vraisemblable pour trouver la pente « β_{fs} » (« fs » pour « foreshore ») aussi nommée « pente du littoral ». En général, on définit le point D_{high} comme le sommet de la première barrière morphologique au-dessus de la plage.

Pour normaliser le choix du point « S » qui correspondrait à la limite de la végétation terrestre, c'est l'élévation correspondant au niveau d'eau de 2 ans de période de retour qui a été retenue dans le cadre de cette étude.

Pour normaliser le choix de la limite basse de la plate-forme littorale, c'est l'élévation correspondant à la moyenne des élévations du niveau d'eau à laquelle on soustrait 2 écart-type (σ) qui a été retenue. Ce choix a été validé sur les battures de Sainte-Luce / Sainte-Flavie.

⁶ Didier, D. & al., "Wave runup estimations on platform-beaches for coastal flood hazards", Nat Hazards – DOI 10.1007/s11069-016-2399-5, May 2016

Dans le secteur de Port-Cartier, la moyenne des niveaux d'eau est de +0,03 m NMM, l'écart-type est de 0,80 m et les élévations $\text{Moy}+2*\sigma$ et $\text{Moy}-2*\sigma$ sont de +1,63 m NMM et -1,57 m NMM. Le zéro des cartes marines se trouve à l'élévation -1,48 m NMM.

En plus des deux types de pentes illustrées sur la figure 3.4, deux autres types de pentes a été considérées, soit quatre types de pente en tout :

- la pente « β_{ufs} » (upper-foreshore),
- la pente « β_{fs} » (foreshore),
- la pente « DZ » entre le point « D_{high} » et l'extrémité de la batture proximale de Rochelois qui est à l'élévation -0,8 m NMM ($\text{Moy}-\sigma$),
- la pente « SZ » entre le point « S » et l'extrémité de la batture proximale à l'élévation -0,8 m NMM et
- la pente « 2σ » entre les points correspondant aux élévations $\text{Moy}+2*\sigma$ et $\text{Moy}-2*\sigma$.

Pour le transect T10, les pentes sont de :

- « β_{ufs} » 11,3%
- « β_{fs} » 2,84%
- « DZ » 7,11%
- « SZ » 4,10%
- « 2σ » 1,30%

3.3.3 Remontée des vagues sur une plage

Les figures 3.5 et 3.6 présentent les résultats de calculs de la remontée R_{max} et $R_{2\%}$ sur la plage de Rochelois au transect T10 selon les pentes considérées (DZ, SZ, β_{fs} , β_{ufs} et 2σ) et selon la théorie de remontée des vagues retenue (Battjes-1971-ajustée et Stockdon-2006, utilisant les vagues au large). Les résultats sont tous présentés sous forme d'**élévation maximale atteinte par les vagues en tenant compte du niveau d'eau** et non simplement en termes de remontée des vagues.

Ces figures permettent de constater la variabilité des résultats obtenus avec les différentes pentes (β_{ufs} , β_{fs} , DZ, SZ et 2σ) et avec les différentes équations proposées par la littérature. La pente β_{ufs} donne systématiquement des résultats de remontée des vagues plus importants que ceux obtenus avec les autres pentes et la pente 2σ donne systématiquement des résultats de remontée des vagues significativement inférieurs à ceux obtenus avec les autres pentes. Pour une même équation, la remontée des vagues est d'autant plus grande que la pente est forte.

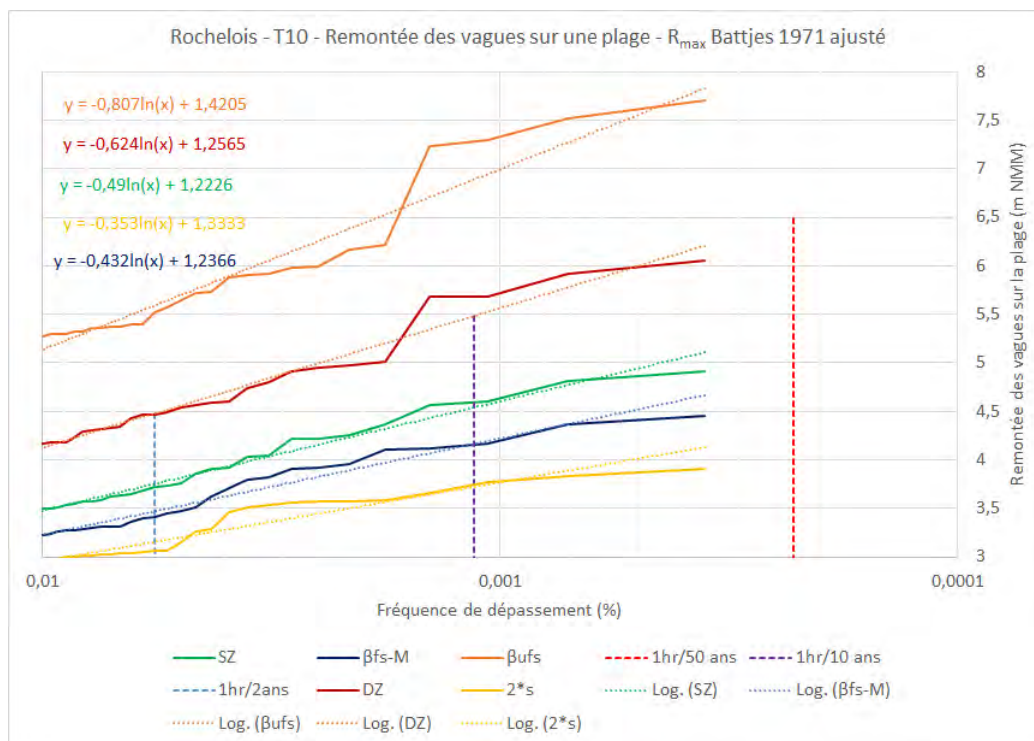


Figure 3.5 Remontée R_{\max} des vagues sur une plage – Transect T10 – Battjes-1971-ajustée

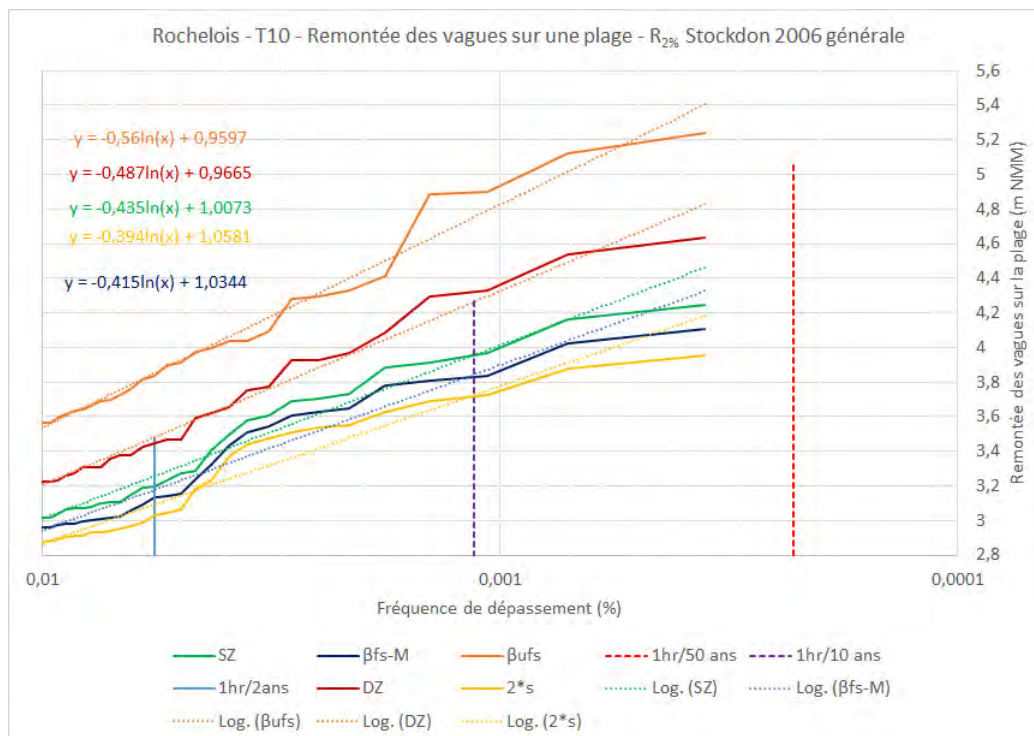


Figure 3.6 Remontée $R_{2\%}$ des vagues sur une plage – Transect T10 – Stockdon-2006

La figure 3.7 présente l'ensemble des résultats sous la forme des extrapolations (correspondant à une période de retour de 50 ans) de la régression logarithmique issue des différents calculs de remontée des vagues sur la plage de Rochelois en fonction de la pente et de l'équation retenue.

Par rapport à l'ensemble des résultats, l'équation de Battjes ajusté donne les remontées les plus grandes et l'équation de Ruggiero les remontées les plus petites.

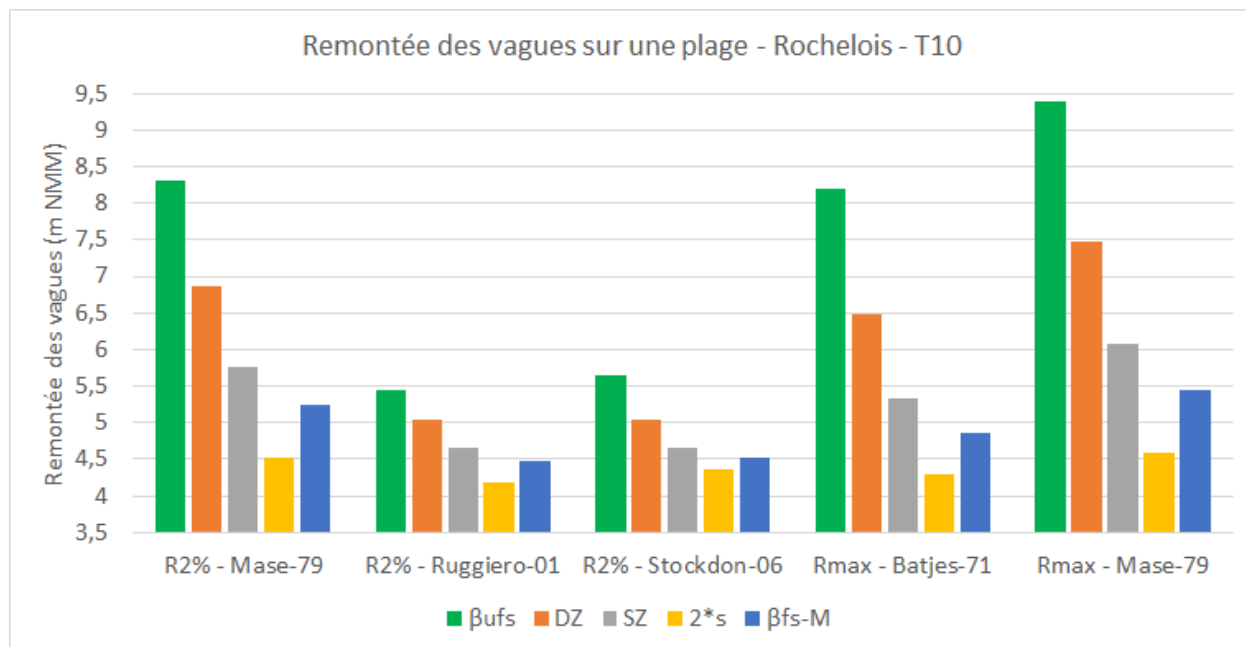


Figure 3.7 Résultats de remontée des vagues sur la plage de Rochelois (Transect T10)

Le tableau 3.1 indique les résultats obtenus pour $R_{2\%}$ (moyenne des résultats des équations de Mase-79, Ruggiero-01 et Stockdon-06) et R_{max} (moyenne des résultats des équations de Mase-79 et Batjes-71).

Tableau 3.1 Remontée des vagues selon la pente et le type de remontée
(Période de retour de 50 ans)

Pente	$R_{2\%}$	R_{max}
β_{ufs}	+6,46 NMM	+8,79 NMM
DZ	+5,65 NMM	+6,98 NMM
SZ	+5,02 NMM	+5,70 NMM
2σ	+4,36 NMM	+4,44 NMM
β_{fs}	+4,74 NMM	+5,15 NMM

L'élévation de crête de recharge de plage de +5,4 m NMM retenue lors de la phase précédente des études semble raisonnable compte tenu du fait que le transect T10 ne se situe pas dans la zone de

la plage la plus exposée aux vagues. La recommandation concernant la **crête de la recharge** sera donc de retenir l'**élévation +5,4 m NMM**.

Ce résultat a été illustré dans les coupes de la plage au droit des transects T03 (figure 3.8), T06 (figure 3.9), T13 (figure 3.10) et T20 (figure 3.11). Ces figures indiquent que la rive de la moitié orientale de la plage Rochelois est susceptible d'être affectée par la submersion lors de tempêtes accompagnées de hauts niveaux d'eau.

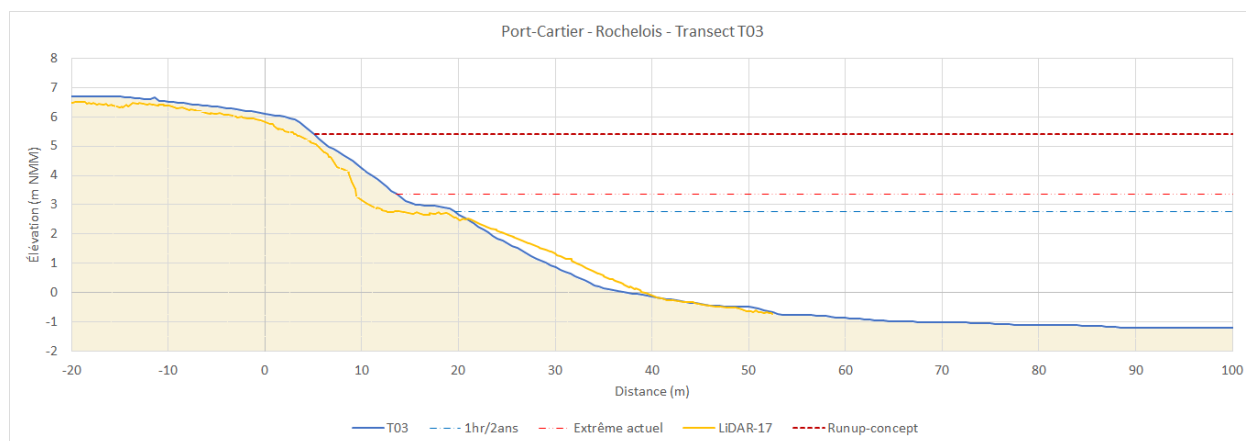


Figure 3.8 Remontée des vagues sur le transect T03 de la plage de Rochelois

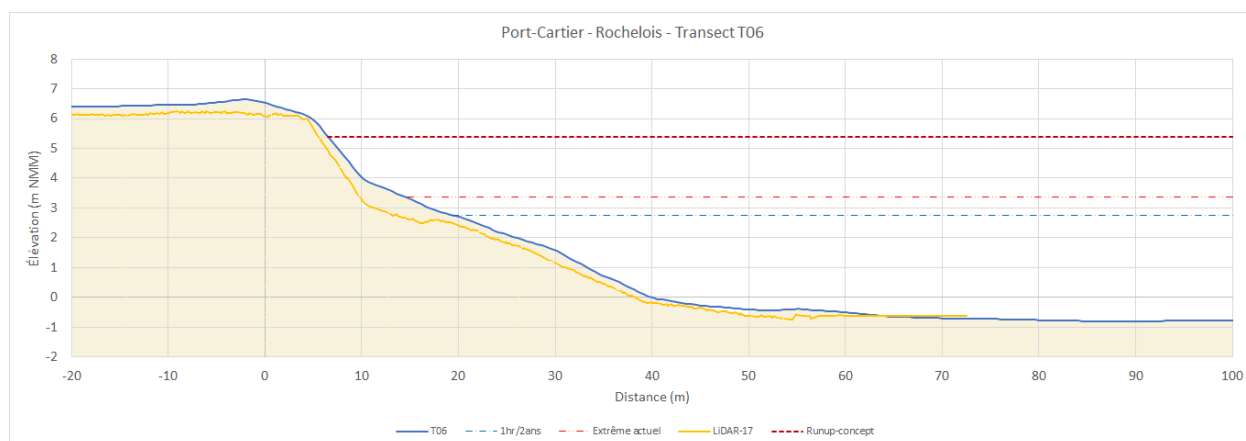


Figure 3.9 Remontée des vagues sur le transect T06 de la plage de Rochelois

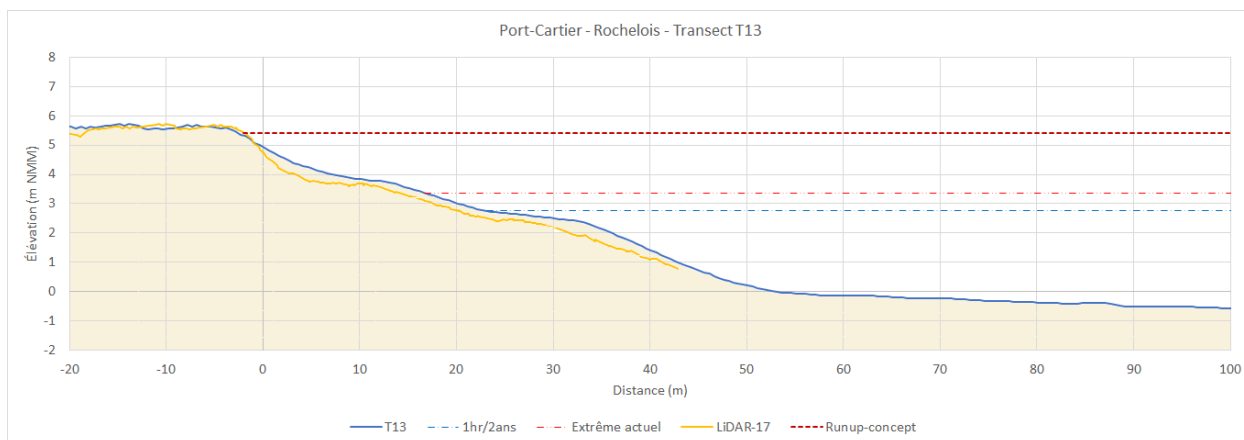


Figure 3.10 Remontée des vagues sur le transect T13 de la plage de Rochelois

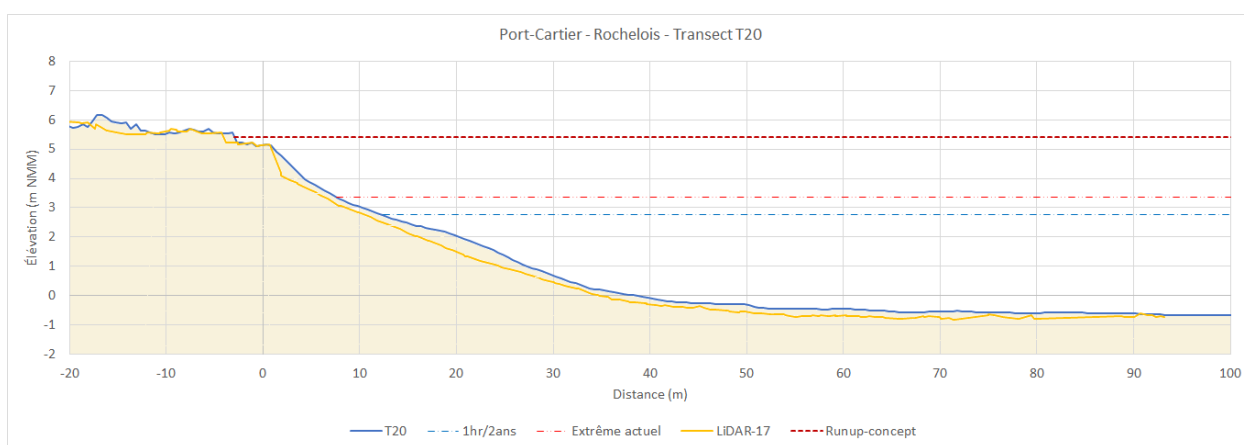


Figure 3.11 Remontée des vagues sur le transect T20 de la plage de Rochelois

3.4 Profils d'une plage rechargée

En fonction des paramètres présentés dans les chapitres précédents, la figure 3.12 illustre la coupe-type d'une recharge de la plage de Rochelois. Le D_{50} du matériel de recharge a été pris égal à 15 mm pour établir la pente d'équilibre de la plage à long terme et définir la géométrie du profil équivalent de la recharge de construction (égalité des superficies de recharge).

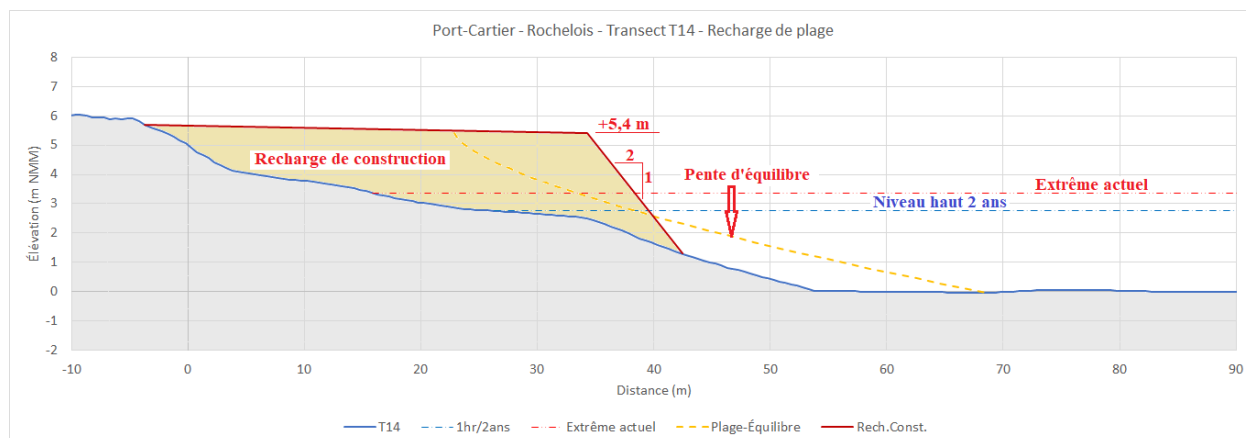


Figure 3.12 Coupe-type d'une recharge de plage (Transect T14)

L'élévation de la crête de la recharge de plage a été prise égale à +5,4 m NMM, la pente externe de la recharge de construction a été prise égale à 2H/1V et la pente de la partie supérieure de la recharge a été prise égale à environ 0,7%.

4 Projet de recharge de plage

4.1 Particularités du projet

Le projet de recharge de plage proposé pour le secteur Rochelois à Port-Cartier doit prendre en compte plusieurs particularités du site.

La première particularité est que le matériel granulaire de la recharge de plage doit être contenu par une structure d'arrêt du côté Est de la plage, sous peine de voir ce matériel rapidement migrer vers l'Est (figure 4.1). À cet effet, il est prévu construire un épi en enrochement à l'extrémité Est de la recharge de plage pour éviter de perdre les matériaux de recharge au profit des plages plus à l'Est. La mise en place de cet épi pourrait avoir un effet (normalement modéré à faible) sur les plages à l'Est de Rochelois puisqu'actuellement le sable provenant de Rochelois approvisionne en partie ces plages. Pour l'instant, il n'y a pas de développement domiciliaire le long des plages à l'Est de Rochelois. Si jamais la municipalité veut développer ce secteur, il faudra tenir compte de l'érosion probable de ces plages (liée ou non à la mise en place de la recharge de plage de Rochelois).

La deuxième particularité est la présence d'un émissaire à l'extrémité ouest de la plage (figure 4.1). La municipalité prévoit déplacer cet émissaire vers l'ouest, en dehors de l'emprise du projet de recharge de plage. Un coût forfaitaire a été introduit dans les évaluations de coûts en attendant la suite des études concernant cet émissaire.

4.2 Modélisations hydro-sédimentaires

Lasalle|NHC a procédé à l'analyse de stabilité de la recharge de plage⁷. Suite à ces études, des ajustements ont été faits à la géométrie de la recharge pour tenir compte des résultats de modélisation hydro-sédimentaire.

⁷ Lasalle|NHC, «Projet de recharge de la plage de Rochelois à Port-Cartier – Modélisation numérique des conditions hydro-sédimentaires », Rapport fait pour le compte du MSP, Décembre 2019



Figure 4.1 Fuite potentielle des matériaux de recharge de plage et émissaire

4.3 Dimensionnement d'un épi

4.3.1 Concept d'épi

Le concept d'épi retenu dans le cadre de l'évaluation des coûts du projet est un épi hybride semi-émergé (voir figure 4.3), en mesure de résister aux vagues et aux glaces. Cet épi ne devrait pas constituer un obstacle visuel majeur pour les résidents.

La partie de l'épi la plus proche du rivage suit le concept d'épi « **standard** » avec une crête horizontale et des pentes latérales de 2H/1V. Le profil en long de cette partie de l'épi suit le profil de construction de la recharge de plage.

La partie de l'épi la plus au large est un épi submersible dont le profil suit celui de la plage à l'équilibre avec une différence d'élévation de l'ordre de 0,6 m (crête de l'épi plus haute que la plage). Les matériaux de construction de cet épi sont des pierres de carapace plus petites que celles de l'épi standard, mais en mesure de résister à la glace (500 kg à 1 tonne). Lorsqu'elles sont submergées, ces petites pierres sont susceptibles d'être dérangées par les vagues ou une combinaison de vagues et de glaces. Il faudra donc prévoir que non seulement la plage mais aussi l'épi submersible devront faire l'objet d'entretiens réguliers (recharges de matériaux). Le coût de construction d'un l'épi « standard » sur toute la longueur requise serait significativement supérieur à celui de l'épi hybride et provoquerait un empiètement nettement supérieur.

4.3.2 Élévation de la crête de l'épi standard

Le dimensionnement d'un épi en enrochement dans le secteur Rochelois a été fait à partir des résultats de l'étude de vagues. Le premier calcul consiste à déterminer l'élévation recommandée pour la crête de l'épi en fonction de la remontée des vagues sur cette structure.

Les calculs de la remontée des vagues sont faits selon les équations du Coastal Engineering Manual du US Army Corps of Engineers 2003 (Partie II, chapitre II-4-4). Quatre valeurs de remontée de l'eau sur la pente ont été calculées selon la fréquence (2, 5, 10 ou 33 %) à laquelle la crête se fait franchir par les vagues les plus grandes d'un train de vagues donné.

Étant donné l'absence d'infrastructures derrière les enrochements du musoir de l'épi, il est raisonnable de retenir l'élévation de crête correspondant au franchissement du tiers supérieur des vagues de tempête (runup à 33 %). Avec ce critère, les enrochements se feront parfois franchir lors des tempêtes importantes, mais ces franchissements ne devraient pas affecter de façon importante leur stabilité, d'autant que la présence de la plage protégera partiellement cet épi.

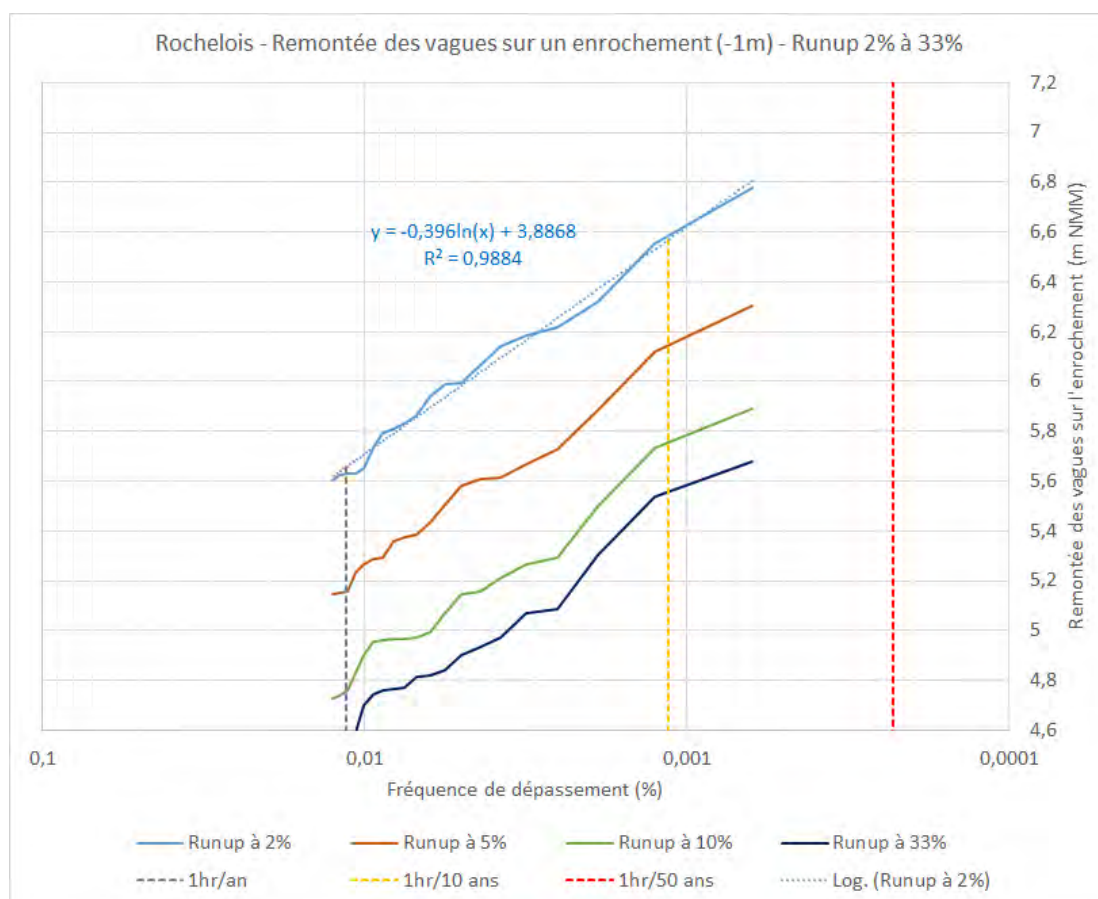


Figure 4.2 Remontée des vagues sur un enrochement (épi de Rochelois)

Selon les résultats illustrés sur la figure 4.2 pour le secteur Rochelois, la recommandation serait donc de placer l'élévation de la crête de l'enrochement de l'épi à +5,7 m NMM et de prévoir comme carapace des enrochements en mesure de résister à des événements conjuguant très hauts niveaux d'eau et forte tempête au cours desquels le brise-lames peut être franchi par les vagues.

4.3.3 Dimensionnement des pierres de carapace

Le dimensionnement des pierres de carapace des enrochements à mettre en place au niveau du musoir de l'épi a été fait en fonction des résultats de l'étude de vagues. Une période de retour de l'ordre de 50 ans a été considérée étant donné les risques d'augmentation des hauteurs de vagues frappant ces infrastructures avec la hausse du niveau moyen des océans attendue avec les changements climatiques en cours. Les valeurs qui ont été retenues dans ce cas (équation de Hudson – Shore Protection Manual du US Army Corps of Engineers 1984) sont :

- Hauteur significative des vagues H_s de 2,35 m (réurrence de 50 ans en tenant compte des niveaux d'eau qui peuvent provoquer le déferlement des vagues avant d'atteindre l'épi)
- Pente extérieure de 2 / 1
- Densité de la pierre de 2,64 t/m³
- Densité de l'eau de 1,02 t/m³
- Coefficient K_D de stabilité de 1,9 (vagues déferlantes sur le musoir)

L'utilisation des paramètres K_D du SPM 1984 contiennent un facteur de sécurité compte tenu de la restriction de profondeur près des enrochements et du laminage des plus fortes vagues qui résulte de cette restriction de profondeur dans le cas de l'épi de Port-Cartier.

Ces valeurs aboutissent à la recommandation de placer de la pierre de carapace de 1,75 à 3,0 tonnes (1,0 à 1,2 m de diamètre équivalent) sur deux couches au musoir de l'épi. L'épaisseur de cette protection serait de 2,0 m et la largeur minimale de la crête serait de 3,0 m. La pierre-filtre à placer sous cette pierre de carapace serait de la pierre de 150 à 300 kg (0,45 à 0,56 m) sur une épaisseur de 0,9 m. Cette pierre-filtre serait installée sur un tout-venant de 0 à 200 kg (0 à 500 mm) dans laquelle la granulométrie serait contrôlée.

Au large du musoir de l'épi standard, le tronc de l'épi submersible sera construit avec des pierres de 0,5 à 1,0 tonnes (0,65 à 0,85 m de diamètre équivalent) sur deux couches. L'épaisseur de cette protection serait de 1,35 m et la largeur minimale recommandée de la crête serait de 3,0 m à cause de la submersion. La pierre-filtre à placer sous cette pierre de carapace serait de la pierre de 50 à 100 kg (0,3 à 0,4 m) sur une épaisseur de 0,65 m. Cette pierre-filtre serait installée sur un tout-venant de 0 à 100 kg (0 à 400 mm) à granulométrie contrôlée.

Les figures 4.3 à 4.5 illustrent les coupes longitudinale et transversales de l'épi.

La position retenue pour l'épi tient compte de la présence d'un cran rocheux à l'extrémité orientale de la plage Rochelois. L'épi a été positionné pour que son flanc Est s'appuie sur le cran rocheux. La figure 4.4 illustre ce cran rocheux du côté Est de l'épi.

L'hypothèse a été faite que le cran rocheux était relativement circonscrit dans l'espace et que la plage s'étendait autour de ce cran rocheux. À moins de faire les relevés requis, il sera nécessaire de valider sur place lors de la construction la position la plus appropriée pour l'épi, tenant compte des risques que fait courir le cran rocheux en termes de stabilité des pierres de carapace de l'épi. Il est possible qu'à la lumière de ces vérifications, un léger déplacement de l'épi soit requis.

4.4 Recharge de plage

La figure 4.6 présente la vue en plan de la recharge de plage proposée.

Les figures 4.7 à 4.9 présentent la coupe-type de recharge de plage à différents transects.

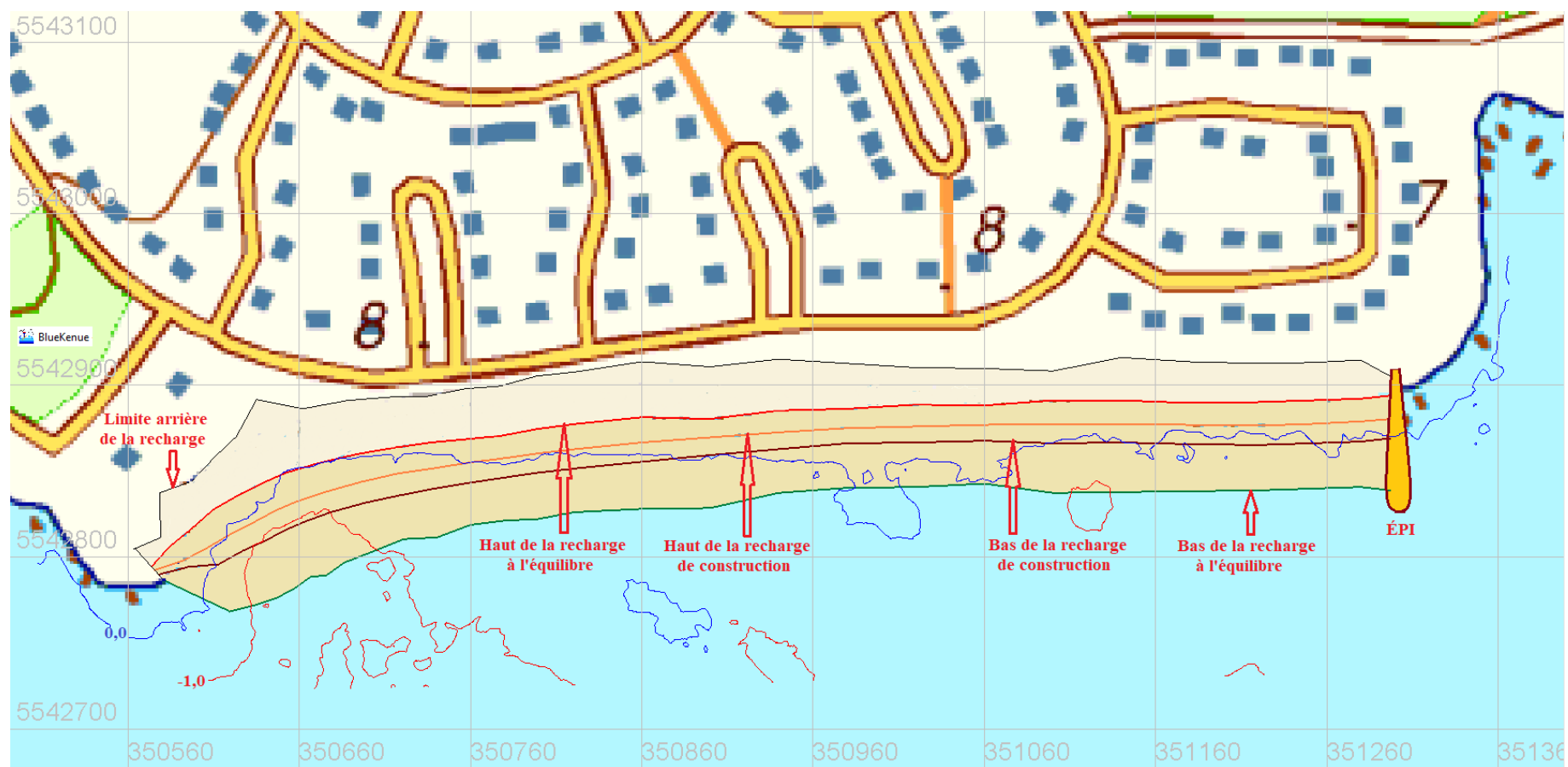


Figure 4.6 Vue en plan de la recharge de plage proposée pour Rochelois

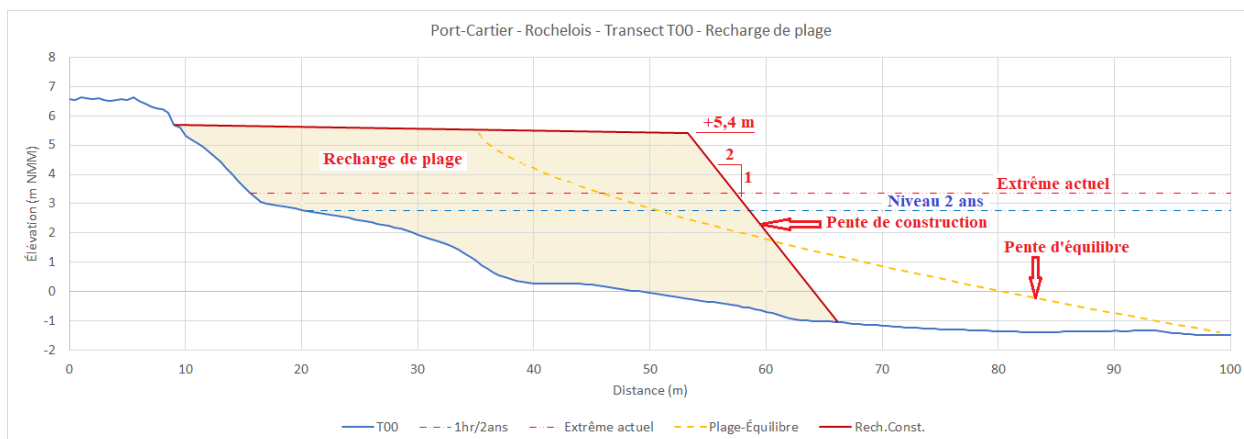


Figure 4.7 Coupe-type d'une recharge de plage (Transect T00)

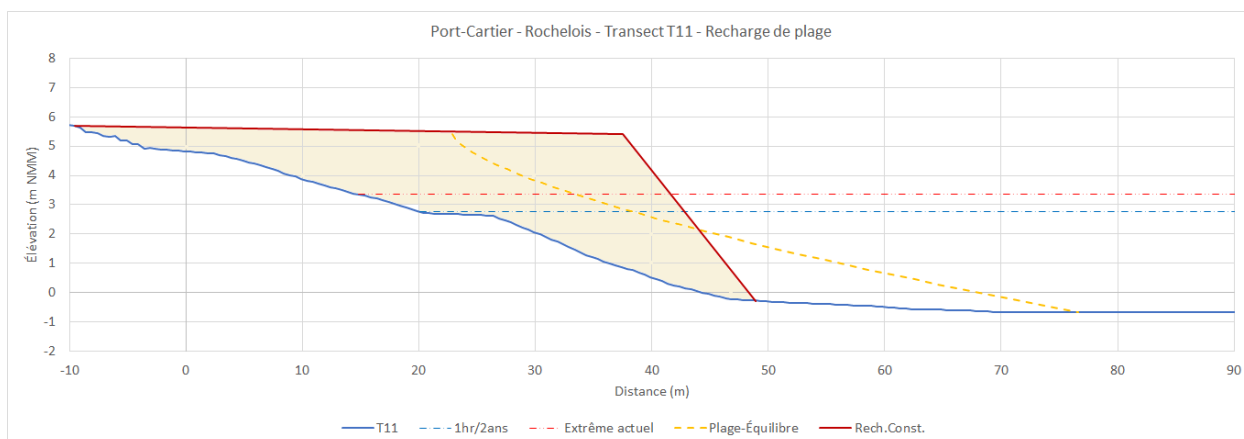


Figure 4.8 Coupe-type d'une recharge de plage (Transect T11)

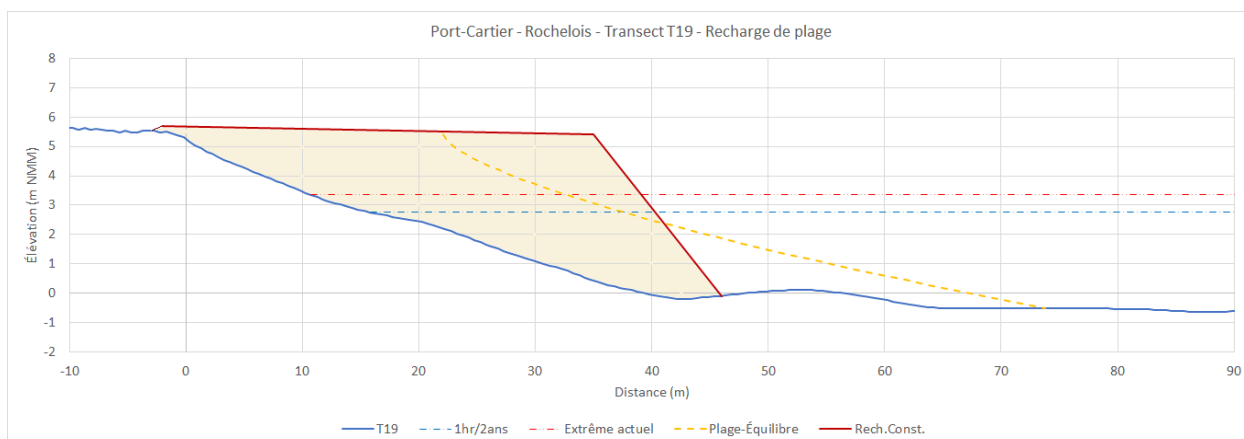


Figure 4.9 Coupe-type d'une recharge de plage (Transect T19)

4.5 Calcul des quantités de recharge de plage

Les calculs de quantités de recharge de plage ont été faits sur la base des données du SHOALS 2017. Cette source d'information a été retenue à cause de la plus grande superficie couverte par ces relevés dans la zone intertidale. Par contre, des comparaisons entre ces données de SHOALS et les données LiDAR de 2017 ont montré certains biais.

Les figures 4.10 à 4.13 illustrent cette comparaison pour quatre transects (T08, T12, T17 et T21). La ligne bleue correspond au SHOALS-2017 et la ligne jaune au LiDAR-2017.

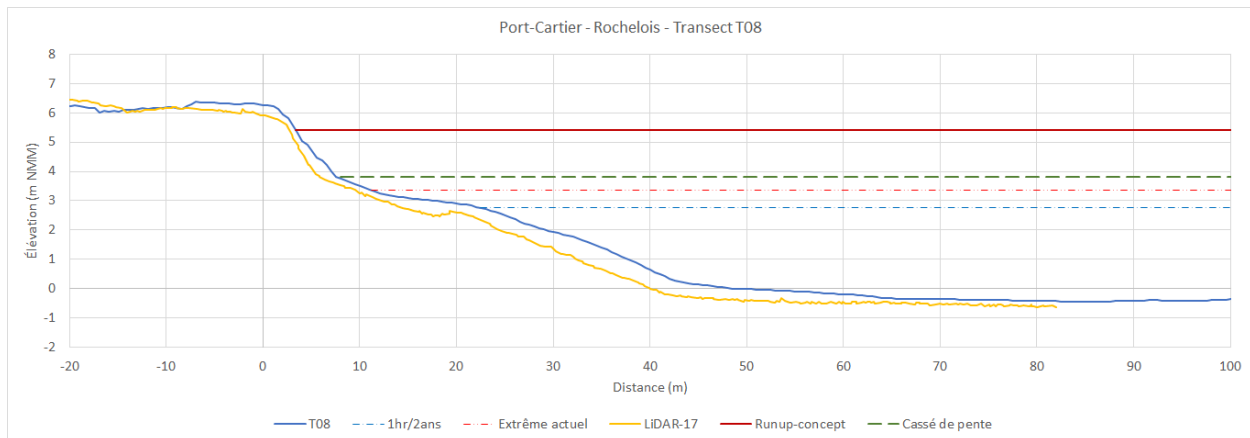


Figure 4.10 Comparaison des élévations de plage - SHOALS-2017 versus LiDAR-2017 (T08)

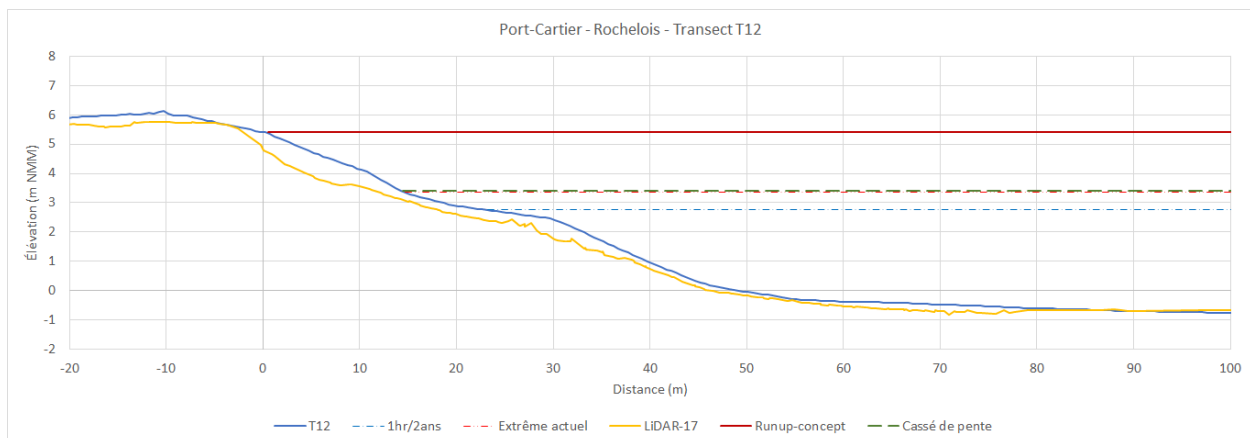


Figure 4.11 Comparaison des élévations de plage - SHOALS-2017 versus LiDAR-2017 (T12)

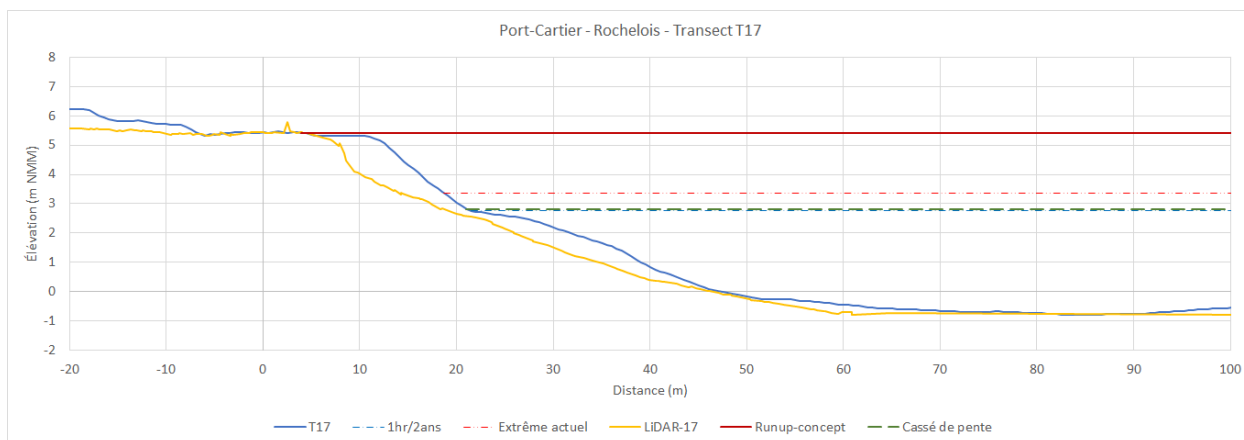


Figure 4.12 Comparaison des élévations de plage - SHOALS-2017 versus LIDAR-2017 (T17)

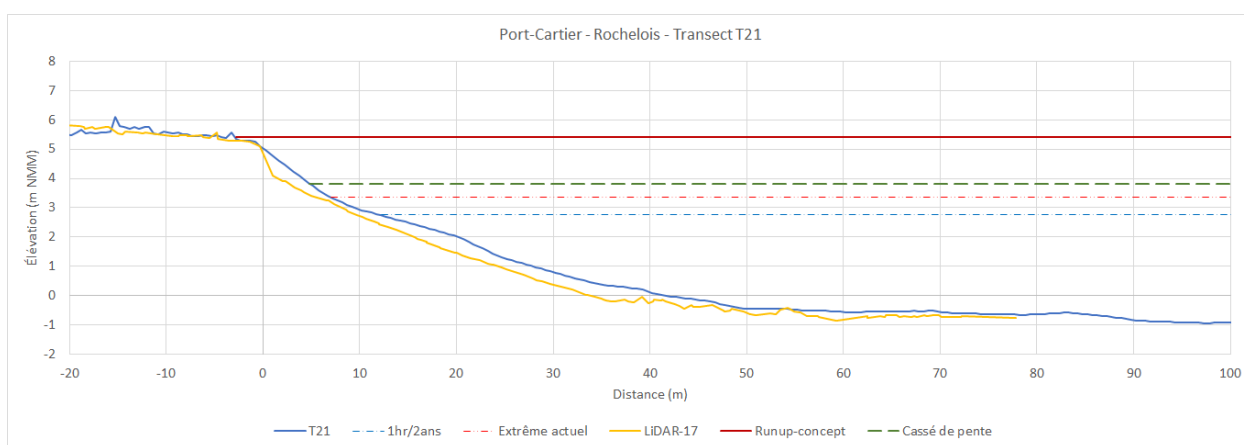


Figure 4.13 Comparaison des élévations de plage - SHOALS-2017 versus LiDAR-2017 (T21)

N'ayant pas les dates exactes des relevés, il est possible que la plage ait bougé entre les deux relevés. Il est également possible qu'un biais entache les données de l'une ou l'autre des séries de données. Le calcul des quantités de recharge de plage varie donc selon qu'on utilise l'une ou l'autre des séries de données.

Il serait important que des relevés récents et de préférence validés soient utilisés dans les calculs de quantités lorsque la décision d'aller de l'avant avec le projet de recharge de plage sera prise.

5 Quantités et coûts

5.1 Quantités

Des évaluations de quantités de matériaux ont été faites afin de permettre l'évaluation des coûts estimatifs du projet de recharge de plage.

Recharge de plage : le projet de recharge de plage s'étendrait sur environ 770 m de rivage et empièterait sur environ :

- 23 200 m² de rivage à partir du niveau d'eau de récurrence 2 ans et
- 16 500 m² de rivage à partir de la PMSGM.

En utilisant les données du SHOALS-2017, les quantités de matériaux granulaires requis pour la recharge seraient de **104 000 m³**. Lasalle|NHC indique dans son rapport de décembre 2019 que la quantité qu'ils calculent à partir d'une combinaison des données du SHOALS et du LiDAR serait plutôt de 113 000 m³. Un relevé de terrain plus récent sera requis pour finaliser le projet.

Épi servant à la rétention des sédiments de recharge de plage du côté Est de la plage Rochelois : Les quantités de pierre requises pour la construction d'un épi hybride à l'est de la recharge ont été évaluées. Il faudrait prévoir :

- 1 100 m³ ou 2 100 tonnes de pierres de 1,75 à 3 tonnes,
- 500 m³ ou 1 000 tonnes de pierres de 0,5 à 1 tonnes,
- 750 tonnes de pierre-filtre et de tout-venant.

Ces quantités pourraient légèrement varier en fonction des relevés de terrain qui devront être faits pour finaliser le projet.

Émissaire : la modification de l'émissaire situé à l'ouest de la plage devra faire l'objet de discussions avec la municipalité, la solution retenue étant son déménagement à l'ouest de la recharge. Un montant forfaitaire arbitraire a été retenu pour les besoins d'évaluation préliminaires des coûts. Ce montant doit être validé par la municipalité, une fois le concept de déplacement de l'épi établi.

5.2 Coûts

Le tableau 5.1 présente les coûts estimatifs de la construction du projet de recharge de la plage de Rochelois, soit **6,6 M\$** si on utilise le chiffre de 104 000 m³ de recharge de plage.

À ces coûts s'ajoutent les relevés, les études (ingénierie finale, modélisations hydro-sédimentaires), les évaluations environnementales, la surveillance des travaux incluant les laboratoires. Les coûts d'éventuels projets de compensation environnementales ne sont pas non plus inclus.

Des recharges de plage récurrentes doivent être prévues. Les modélisations hydro-sédimentaires indiquent que ces interventions seraient principalement concentrées du côté ouest de la recharge.

Tableau 5.1 Coûts estimatifs du projet de recharge de la plage de Rochelois

Poste	Quantités	Prix unitaire	Coût (\$)
Organisation de chantier	1	12%	703 000
Matériel granulaire	104 000 m ³	46	4 784 000
Pierre 1,75 à 3 t.	2 100 t	80	168 000
Pierre 0,5 à 1 t.	1 500 t	70	70 000
Tout-venant et filtre	750 t	35	26 000
Émissaire	1	300 000	300 000
Contingences	1	10%	505 000
Total			6 560 000

6 Conclusion et recommandations

6.1 Conclusion

Un projet de recharge de la plage de Rochelois à Port-Cartier a été conçu à partir des données de vagues et de niveaux d'eau modélisées pour ce secteur de la Côte Nord. Plusieurs méthodologies de calcul de la remontée des vagues sur une plage ont été utilisées pour définir l'élévation optimale de la crête de cette recharge de plage. Ces calculs ont confirmé la vulnérabilité de ce rivage sablonneux face aux épisodes de surcotes accompagnés de vagues.

Le projet de recharge recommandé consisterait à protéger environ 770 m de rivage et empièterait sur environ 23 200 m² de rivage (par rapport au niveau d'eau de récurrence 2 ans).

Les quantités estimées de matériaux granulaires seraient de 104 000 m³.

Des modélisations hydro-sédimentaires réalisées par Lasalle|NHC ont permis d'optimiser la géométrie de la recharge de plage.

Un épi est requis à l'extrémité orientale de la recharge de plage pour stabiliser les matériaux granulaires de cette recharge.

Le coût estimé des travaux est de 6,6 M\$, excluant les études et autres frais annexes (plans et devis, surveillance, suivis, projet de compensation environnementale, etc.).

6.2 Recommandations

Un émissaire sort sur la plage près de son extrémité ouest. Si cet émissaire est fonctionnel, il devra être dévié et devra être protégé contre les vagues et les glaces. La municipalité a la charge du projet de déviation de cet émissaire. Le montant forfaitaire de 300 000 \$ apparaissant dans les estimations de coût n'a pas été validé.

L'intervention de recharge de la plage de Rochelois devrait idéalement être faite dès que possible. La passerelle qui longeait la plage a été détruite et l'infrastructure routière sera probablement endommagée lors des prochaines tempêtes. Retarder l'intervention de protection de berge va mettre en péril l'accès routier à ce secteur de Port-Cartier (services d'urgence, incendies, ambulances, etc.). Il serait donc important que les évaluations environnementales soient complétées dès que possible pour ne pas retarder la mise en œuvre du projet.

La topographie de la plage Rochelois évolue avec le temps. Il serait recommandé de valider les quantités apparaissant dans ce rapport avec des relevés plus récents avant d'aller en soumissions.

La présence de l'épi à l'extrémité orientale de la recharge va priver les plages à l'est de Rochelois d'une quantité minime de sédiments. Si la municipalité veut développer ce secteur de Port-Cartier, elle devra tenir compte de l'accélération potentielle du phénomène d'érosion de ces plages.



Yann Ropars, ing., M. Sc.
Consultants Ropars Inc.
yann_ropars@videotron.ca
Téléphone : (418) 998-6224

Annexe C Rapport d'étude – Caractérisation écologique

Ville de Port-Cartier

CARACTÉRISATION ÉCOLOGIQUE

Projet de stabilisation de la plage Rochelois

046-P-0017164-0-01-001-EN-R-0100-00

NOVEMBRE 2018

VERSION FINALE



Préparé par :

A blue ink signature of Laurianne Garraud.

Laurianne Garraud, M. Sc., M. Env.
Chargée de projet
Études environnementales et sociales

Vérifié par :

A purple ink signature of Michel Belles-Isles.

Michel Belles-Isles, Ph. D.
Directeur de projet
Études environnementales et sociales

Équipe de réalisation

Ville de Port-Cartier

Directeur	Yves Lévesque
Responsable – Environnement	Zakariae Anjab
Ingénieur	Pierre-Charles April

Englobe Corp.

Directeur de projet	Michel Belles-Isles, Ph. D.
Professionnel en environnement	Laurianne Garraud, M. Sc., M. Env.
Cartographie	Bérangère Andrieux, géomaticienne, M. Sc.
Traitement de texte et édition	Joanie Proulx, réviseure, B.A.

Registre des émissions		
N° de révision	Date	Description
0A	14 novembre 2018	Émission de la version préliminaire
00	19 novembre 2018	Émission de la version finale

Propriété et confidentialité

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

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

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

Pour toute information complémentaire ou de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec votre chargé de projet. »

Table des matières

1	INTRODUCTION	1
1.1	Contexte	1
1.2	Mandat et objectifs.....	2
2	IDENTIFICATION DU SITE À L'ÉTUDE	5
3	MÉTHODOLOGIE	7
3.1	Définition de la zone d'étude.....	7
3.2	Recherche documentaire.....	7
3.3	Caractérisation des milieux naturels	8
3.3.1	Inventaire floristique	8
3.3.2	Évaluation de la valeur écologique	9
3.3.3	Faune	9
3.3.4	Espèce menacée, vulnérable ou susceptible d'être ainsi désignée	9
3.3.5	Espèce exotique envahissante	10
3.3.6	Aires protégées par désignation	10
4	RÉSULTATS	11
4.1	Description du milieu physique	11
4.1.1	Géologie, dépôts de surface et topographie	11
4.1.2	Hydrologie	11
4.2	Description du milieu biologique	12
4.2.1	Milieux terrestres	12
4.2.2	Milieux humides, hydriques et riverains	14
4.2.2.1	Milieux humides	14
4.2.2.2	Milieux hydriques	14
4.2.2.3	Milieux riverains	15
4.2.3	Faune	18
4.2.4	Espèces à statut précaire.....	21
4.2.5	Espèces exotiques envahissantes	22
4.2.6	Aires protégées	22
4.3	Description de l'utilisation actuelle du territoire	22
5	VALEURS ET FONCTIONS ÉCOLOGIQUES DES MILIEUX INVENTORIÉS ..	23
5.1	Valeur écologique	23
5.2	Fonctions écologiques	24
6	CONCLUSION	25
7	RÉFÉRENCES	27

Figures

Figure 1	Localisation de la zone d'étude dans son contexte régional.....	5
Figure 2	Estimation de la profondeur bathymétrique locale (source : Navionics, 2018)	12

Tableaux

Tableau 1	Liste des espèces floristiques inventoriées - station A.....	14
Tableau 2	Liste des espèces floristiques inventoriées le long du transect depuis la ligne d'eau vers le haut de talus.....	15
Tableau 3	Enregistrement d'oiseaux nicheurs pour la parcelle 19FR54.....	19

Annexes

Annexe A	Carte d'inventaire
Annexe B	Méthodologie utilisée pour déterminer la valeur écologique
Annexe C	Correspondances du CDPNQ
Annexe D	Tableau d'évaluation de la valeur écologique des milieux humides

1 Introduction

1.1 Contexte

En 2010, les grandes marées d'automne ont causé l'érosion des berges de plusieurs secteurs littoraux de la Côte-Nord, dont les secteurs McCormick et Rochelois à Port-Cartier. Plusieurs résidences avaient alors été menacées, particulièrement dans le secteur McCormick, au point de nécessiter une intervention du ministère de la Sécurité publique (MSP). À la demande de ce dernier, la Ville de Port-Cartier a entrepris des démarches afin de stabiliser plusieurs secteurs sujets à l'érosion.

La Ville de Port-Cartier a ainsi mandaté la firme Dessau et les Consultants Ropars en octobre 2012 pour la réalisation d'une étude préliminaire visant la prévention et l'atténuation du risque de l'érosion des berges dans quatre de ces secteurs ciblés, dont celui de la plage Rochelois. Ce rapport, produit en juillet 2013, présente une analyse complète de la situation et propose différentes solutions de protection de la berge, des infrastructures et des bâtiments du secteur Rochelois. En effet, deux types d'interventions ont été étudiés, soit l'enrochement et le rechargement de la plage. Étant donné que l'enrochement ferait disparaître la plage, la Ville a retenu l'option du rechargement pour permettre une utilisation normale de la plage.

En effet, la plage Rochelois est un lieu récréotouristique très apprécié par les citoyens et les touristes. Lieu familial prisé, le parc de la plage Rochelois s'ouvre sur le Saint-Laurent. Il est bordé du circuit cyclable municipal, d'une aire de jeux pour enfants ainsi que d'un belvédère, et, avant les tempêtes, une passerelle s'y trouvait. La plage (non surveillée) devient une vaste batture à marée basse. L'épave du minéralier *Lady Era*, visible depuis la rive, attire de nombreux touristes.

Or, le 30 décembre 2016, avant même que des travaux de protection soient entrepris, une importante tempête hivernale s'est abattue sur la Côte-Nord et la Gaspésie. Cette tempête a causé d'importants dommages aux berges de la Ville de Port-Cartier, notamment dans le secteur de la Plage Rochelois. Le déferlement des vagues du fleuve Saint-Laurent le 30 décembre 2016 a atteint les berges sur une longueur d'environ 650 m, dont la structure de la route sur environ 100 m.

Consécutivement à cette tempête, le MSP a demandé à Consultants Ropars un rapport technique spécifique relativement à l'érosion de la plage Rochelois.

Ce rapport, produit en juillet 2017, souligne l'importance des dégâts occasionnés, notamment sur une zone de 100 m de longueur jugée problématique du point de vue de l'érosion de la berge et des risques pour les infrastructures municipales. Un lampadaire de la promenade Rochelois a été emporté et le recul de la berge végétalisée a rendu dangereuse l'utilisation de la promenade, qui s'est effondrée après le redoux printanier. De plus, les fondations de la rue des Rochelois ont été atteintes par l'érosion et plusieurs fils électriques ont été endommagés. Les observations faites en février 2017 indiquaient un abaissement probable de la plage près de la passerelle de plus d'un mètre par rapport aux observations faites en 2011 et en 2012.

Dans son rapport, Consultants Ropars concluait qu'en cas d'absence d'intervention à court terme (idéalement avant le dégel) visant à protéger au moins temporairement le secteur le plus endommagé de la berge du secteur Rochelois (environ 100 m de long), toute tempête printanière accompagnée de niveaux d'eau relativement hauts accentuerait l'érosion de la berge dans ce secteur. Même sans tempête, la pente de la partie supérieure de la berge sous la passerelle s'adoucirait et il était prévu que la passerelle s'effondre au moment du dégel. Un effondrement partiel de cette passerelle s'est d'ailleurs produit vers le 23 février 2017. Une intervention d'urgence a donc été décidée. L'intervention d'urgence préconisée consiste en la mise en place d'une quantité minimale de sédiments (sable et gravier) permettant à la berge de résister aux prochaines tempêtes, en attendant qu'une décision soit prise en ce qui concerne l'intervention à long terme qui devra être réalisée pour stabiliser la berge dans ce secteur de Port-Cartier.

Aujourd'hui encore, la municipalité de Port-Cartier est continuellement menacée par des tempêtes, et ces dernières risquent de s'amplifier et d'être plus fréquentes en raison des changements climatiques.

Dans ce contexte, la Ville de Port-Cartier a déposé en août 2016, auprès du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, un avis de projet pour la réalisation de travaux de stabilisation (recharge de la plage). Au terme du dépôt de cet avis de projet, la Direction générale de l'évaluation environnementale et stratégique a émis en janvier 2018 la directive pour la réalisation de l'étude d'impact sur l'environnement du projet de stabilisation du secteur de la plage Rochelois à Port-Cartier (dossier 3211-02-313). Le mandat de réalisation de cette étude d'impact a été confié à Englobe Corp. (Englobe) en septembre 2018.

Cependant, la Ville de Port-Cartier souhaite faire approuver les travaux d'installation en urgence d'une cinquantaine de sacs remplis de sable et de gravier afin de protéger les secteurs les plus sensibles à l'érosion. Ces travaux devaient être temporaires et devaient servir à éviter la dégradation de l'infrastructure de la rue des Rochelois. Compte tenu des vents de tempête ayant été enregistrés au cours du mois d'octobre 2018, la Ville souhaite également renforcer ces protections temporaires.

Toutefois, ces travaux sont assujettis à l'obtention d'une autorisation en vertu de l'article 22 de la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE) (L.R.Q. c-Q.2). Dans ce contexte, et afin de répondre aux critères énoncés par l'article 46.0.3 de la Loi concernant la conservation des milieux naturels et hydriques, la Ville de Port-Cartier souhaite effectuer une caractérisation écologique du secteur visé par les travaux.

1.2 Mandat et objectifs

Dans le cadre de la réalisation de l'étude d'impact sur l'environnement du projet de stabilisation de la plage Rochelois, Englobe a été mandatée par la Ville de Port-Cartier afin de produire un rapport de caractérisation écologique du secteur visé par les travaux afin de répondre aux exigences des sections 3.15 à 3.25 du formulaire de demande d'autorisation en vertu du paragraphe 3° du premier alinéa de l'article 22 de la LQE.

Comme spécifié à l'article 46.0.3 de la Loi concernant la conservation des milieux naturels et hydriques, toute demande d'autorisation visée au paragraphe 4° du premier alinéa de l'article 22 relativement à un projet dans des milieux humides et hydriques doit être accompagnée des renseignements et documents suivants :

- ▶ 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. Cette étude doit notamment contenir les éléments suivants :
 - Une délimitation de l'ensemble des milieux humides et hydriques affectés ainsi que la localisation des milieux dans le réseau hydrographique du bassin versant;
 - 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;
 - Une description des caractéristiques écologiques de ces milieux, notamment des sols et des espèces vivantes, ainsi que de leur localisation, y compris des espèces menacées, vulnérables ou susceptibles d'être ainsi désignées (EMVS) en vertu de la Loi sur les espèces menacées et vulnérables (chapitre E-12.01);
 - 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;
 - 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;
 - Tout autre élément prévu par règlement du gouvernement.
- ▶ Une démonstration qu'il n'y a pas, pour les fins du projet, d'espace disponible ailleurs sur le territoire compris dans la municipalité régionale de comté (MRC) concernée ou que la nature du projet nécessite qu'il soit réalisé dans ces milieux;
- ▶ Les impacts du projet sur les milieux visés ainsi que les mesures proposées en vue de les minimiser.

Par conséquent et conformément à ce qui précède, ce rapport présente une description du milieu naturel des secteurs du projet en fonction des éléments suivants :

- ▶ La localisation et la description du secteur à l'étude;
- ▶ La description de la méthodologie de travail;
- ▶ La description des conditions abiotiques (relief, dépôt de surface, type de sol, etc.);
- ▶ L'inventaire des communautés végétales présentes ou potentiellement présentes dans le secteur à l'étude;
- ▶ La cartographie des communautés végétales, de la ligne naturelle des hautes eaux, des rives et des plaines inondables, incluant la localisation, si requis, des EMVS;
- ▶ Le cas échéant, l'état des cours d'eau (stabilisation, érosion, etc.) et le sens d'écoulement du réseau hydrographique;
- ▶ La présence d'espèces fauniques et d'habitats fauniques;
- ▶ Les résultats des consultations au Centre de données du patrimoine naturel du Québec (CDPNQ) pour les EMVS fauniques et floristiques.

Les pages qui suivent présentent donc l'information pertinente observée sur le site à l'étude et son interprétation.

2 Identification du site à l'étude

Le projet est localisé à l'intérieur du territoire municipal de Port-Cartier, qui est situé dans la MRC de Sept-Rivières, sur la Côte-Nord, à environ 60 km à l'ouest de Sept-Îles et à 165 km à l'est de Baie-Comeau.

La plage Rochelois, d'une longueur de 675 m, est localisée dans la partie est de la municipalité, au sud du boulevard du Portage-des-Mousses, au sud de la rue Rochelois. La plage est située à une centaine de mètres à l'est de l'embouchure de la rivière aux Rochers (figure 1).

Les coordonnées géographiques du centroïde du projet sont les suivantes :

- ▶ Latitude : 50°1'17.00"N;
- ▶ Longitude : 66°51'29.02"O.

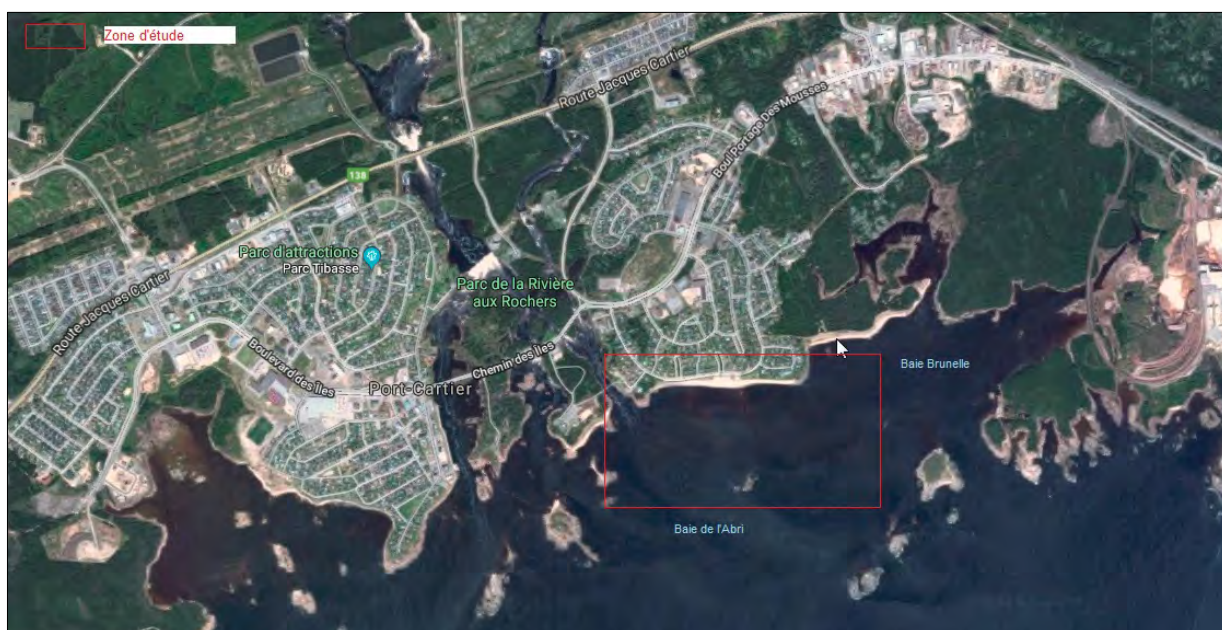


Figure 1 Localisation de la zone d'étude dans son contexte régional

3 Méthodologie

La méthodologie utilisée dans le cadre de la présente étude écologique comporte trois parties :

- ▶ Dans un premier temps, il était important de définir une zone d'étude de façon à circonscrire adéquatement la cueillette de données;
- ▶ Ensuite, une recherche documentaire des informations disponibles devait permettre de documenter le site préalablement à la visite de terrain afin de bien préparer cette visite;
- ▶ Enfin, la visite de terrain au cours de laquelle était appliqué un protocole standardisé a été réalisée.

3.1 Définition de la zone d'étude

Située sur la rive nord du golfe du Saint-Laurent, la Ville de Port-Cartier se trouve sur le territoire de la MRC de Sept-Rivières. Plus spécifiquement, les travaux de stabilisation réalisés et qui seront réalisés par la Ville sont situés sur la plage Rochelois, le long de la rue des Rochelois, dans la portion est de la municipalité, au sud de la ville.

La zone d'étude spécifique, définie aux fins de la caractérisation environnementale, concerne l'environnement immédiat du projet. Une description des composantes physiques, biologiques et humaines a été effectuée. Cette zone de 1 km le long de la bande côtière, est délimitée à l'ouest par l'embouchure de la rivière aux Rochers, et à l'est par la pointe rocheuse située vis-à-vis la 5^e Rue (figure 1). Latéralement, la zone d'étude s'étend au sud de la rue des Rochelois et de la 5^e Rue. Elle couvre l'estran marin (à marée basse) sur une largeur d'environ 300 m.

3.2 Recherche documentaire

La caractérisation des milieux naturels, humides et hydriques réalisée par Englobe est fortement inspirée du *Guide d'élaboration d'un plan de conservation des milieux humides* de Joly et coll. (2008) et du *Guide d'identification et de délimitation des milieux humides du Québec méridional* (Bazoge et coll., 2015). Elle est basée également sur les éléments suivants :

- ▶ L'*Atlas des amphibiens et des reptiles du Québec* (Desroches et Rodrigue, 2004) : renseignements concernant les espèces herpétologiques présentes dans la zone d'étude;
- ▶ L'inventaire canadien des milieux humides de CIC (CIC, 2018);
- ▶ La cartographie des aires protégées par désignation du MDDELCC : http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/biodiversite/aires_protegees/carte-interactive.htm (MDDELCC, 2018a);
- ▶ Les informations quant à la présence d'écosystèmes forestiers exceptionnels (EFE) (MFFP, 2018a);
- ▶ La base de données topographiques du Québec (BDTQ), 1/20 000 (Esri, 2013);
- ▶ Les connaissances photographiques et l'imagerie satellitaire (photo-interprétation des données disponibles);
- ▶ Les occurrences d'espèces floristiques et fauniques à statut particulier dans un rayon d'incidence de la zone d'étude selon le CDPNQ;
- ▶ Toute autre information bibliographique pertinente trouvée en cours de mandat, y compris les études environnementales réalisées dans le même secteur géographique.

L'analyse de la documentation publique disponible est essentielle à une bonne planification du terrain puisque plusieurs contraintes environnementales potentielles (milieu humide, cours d'eau, EMVS, habitat sensible, etc.) ou toute autre information pertinente peuvent y être préalablement identifiées. Les informations pertinentes ont été colligées sous la forme d'une cartographie préliminaire géoréférencée utilisée par la suite au terrain.

3.3 Caractérisation des milieux naturels

Comme défini par l'article 46.0.2 de la Loi sur la conservation des milieux humides et hydriques, « l'expression "milieux humides et hydriques" fait référence à des lieux d'origine naturelle ou anthropique qui se distinguent par la présence d'eau de façon permanente ou temporaire, laquelle peut être diffuse, occuper un lit ou encore saturer le sol et dont l'état est stagnant ou en mouvement. Lorsque l'eau est en mouvement, elle peut s'écouler avec un débit régulier ou intermittent. Un milieu humide est également caractérisé par des sols hydromorphes ou une végétation dominée par des espèces hygrophiles. Sont notamment des milieux humides et hydriques :

- 1° un lac, un cours d'eau, y compris l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent et les mers qui entourent le Québec;
- 2° les rives, le littoral et les plaines inondables des milieux visés au paragraphe 1°, tels que définis par règlement du gouvernement;
- 3° un étang, un marais, un marécage et une tourbière. »

La caractérisation des milieux naturels au terrain a été effectuée le 10 septembre 2018 par madame Laurianne Garraud, biologiste à l'emploi d'Englobe.

Tous les éléments biophysiques ayant fait l'objet d'observations ou de mesures lors de la visite de terrain ont été délimités et géoréférencés à l'aide d'un système de localisation GPS de type Garmin (modèle GPSMAP 64S) dont le niveau de précision maximal est de 3 m (délimitation des différents peuplements végétaux, délimitation, le cas échéant, des milieux humides, des cours d'eau et de la ligne des hautes eaux, observations ponctuelles de plantes ou d'animaux, etc.).

Le protocole de caractérisation du milieu naturel a été préparé en prenant en compte les informations recueillies lors de la recherche documentaire, afin d'assurer que les efforts nécessaires soient déployés pour les secteurs plus susceptibles de présenter des éléments sensibles. La caractérisation couvre l'ensemble de la zone d'étude afin de décrire toutes ses composantes naturelles et de valider la présence de contraintes environnementales.

De plus, toute autre information essentielle liée à une demande d'autorisation en vertu de l'article 22 de la LQE a été colligée.

3.3.1 Inventaire floristique

L'inventaire floristique, effectué le 10 septembre, a été planifié de façon à ce que les placettes d'inventaire puissent établir une description représentative de la composition floristique de chaque station.

L'inventaire de terrain consistait à décrire les strates arborescente, arbustive et herbacée dans des placettes d'inventaire circulaires de 5 m de rayon.

Pour déterminer si la végétation est typique des milieux humides, hydriques ou riverains, le statut hydrique des espèces dominantes (annexe 1 de Bazoge et coll., 2015) a été noté et la ligne naturelle des hautes eaux a été tracée au GPS. Il convient de rappeler que, selon la section 5 de la note explicative sur la ligne des hautes eaux (MDDELCC, 2015a), celle-ci est définie comme « l'endroit où l'on passe d'une prédominance de plantes aquatiques à une prédominance de plantes terrestres ou, s'il n'y a pas de plantes aquatiques, à la limite inférieure des plantes terrestres ».

Compte tenu de la localisation des inventaires en milieu côtier (golfe du Saint-Laurent), les particularités relatives à ce milieu, énoncées dans les notes explicatives sur la ligne des hautes eaux (méthode botanique experte) de la Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables (MDDELCC, 2015b), ont été prises en considération. Il convient donc de noter que les espèces floristiques suivantes, bien que présentes sur les sites étudiés, n'ont pas été prises en compte dans la détermination de la position de la ligne des hautes eaux :

- ▶ Gesse maritime (*Lathyrus japonicus*);
- ▶ Élyme des sables (*Leymus mollis*).

Compte tenu de la localisation de l'inventaire en milieu côtier, aucun relevé de drainage ou de hauteur de nappe n'a été planifié ou réalisé sur le terrain.

3.3.2 Évaluation de la valeur écologique

À la suite de l'identification et de la délimitation des milieux naturels du site à l'étude, les milieux humides doivent faire, selon la loi, l'objet d'une évaluation de leur valeur et de leurs fonctions écologiques.

Lorsque applicable, la valeur écologique des milieux humides présents sur le site à l'étude a été déterminée conformément à la méthodologie élaborée par Englobe, qui s'appuie principalement sur les critères biologiques, hydrologiques, spatiaux et sociaux de Joly et coll., 2008. La méthodologie utilisée est présentée à l'annexe B.

Une validation des fonctions écologiques des milieux, de même que celles tirées de l'annexe B de Hanson et coll. (2008), a également été effectuée à l'aide des fonctions énumérées au 2^e 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).

3.3.3 Faune

Aucun inventaire faunique exhaustif n'a été réalisé dans le cadre du présent mandat. Cependant, lors de la caractérisation du site, les indices de présence faunique (observation directe, chant, trace, etc.) ont été notés afin de dresser le portrait sommaire de l'utilisation du site à l'étude par la faune.

3.3.4 Espèce menacée, vulnérable ou susceptible d'être ainsi désignée

Aucun inventaire exhaustif visant à identifier les EMVS n'a été réalisé dans le cadre du présent mandat. Toutefois, une requête d'information a été effectuée auprès du CDPNQ afin de connaître les occurrences d'espèces fauniques et floristiques à statut particulier localisées dans la zone d'étude ou à proximité de celle-ci.

La banque de données du CDPNQ ne fait pas de distinction entre les portions du territoire dépourvues de mentions et celles qui n'ont jamais été inventoriées. Aussi, une attention particulière est portée à cet élément lors de la caractérisation afin d'effectuer une reconnaissance des habitats présents dans la zone d'étude. L'existence d'habitats propices à la présence d'espèces pour lesquelles des occurrences sont connues dans un périmètre d'influence de la zone d'étude est également vérifiée.

3.3.5 Espèce exotique envahissante

Même si aucun inventaire exhaustif visant à identifier les espèces floristiques exotiques envahissantes (EEE) n'a été réalisé dans le cadre du présent mandat, l'évaluation de leur présence a été effectuée selon les listes des plantes vasculaires exotiques envahissantes prioritaires aux fins de localisation du MDDELCC (2016).

Lorsqu'elles sont observées sur le site à l'étude, ces espèces sont identifiées, puis géoréférencées à l'aide du système de localisation GPS.

3.3.6 Aires protégées par désignation

Une validation des aires protégées par désignation inscrites au registre des aires protégées du Québec (MDDELCC, 2018a) a également été effectuée. À cet effet, la cartographie des aires protégées par désignation de la région de la Côte-Nord a été consultée.

4 Résultats

4.1 Description du milieu physique

4.1.1 Géologie, dépôts de surface et topographie

Sur le plan géologique, la région 5g fait partie du massif des Laurentides. Ce massif cristallin est composé de roches intrusives (granitoïde et grabo) ainsi que de roches métamorphiques (gneiss, quartzite et schiste) ou d'un complexe des deux, appelé migmatite.

Le socle rocheux du piémont est recouvert d'un placage de till mince et discontinu incluant de vastes zones d'affleurement rocheux. La plaine côtière est, quant à elle, caractérisée par la régression et la transgression de la mer de Goldthwait, ayant laissé une grande quantité de sédiments argileux et limoneux marins recouverts par des sédiments sableux estuariens et deltaïques (Organisme de bassins versants Duplessis, 2011).

De façon globale, au niveau de la topographie, la plaine côtière, en bordure du golfe du Saint-Laurent, forme une bande atteignant jusqu'à 15 km de large. Le terrain plat s'y élève graduellement vers l'amont jusqu'à 100 m d'altitude. Selon les données topographiques disponibles sur la cartographie interactive du MFFP (2018b), le secteur dans lequel est situé le site à l'étude (feuille 22J02SO) présente une topographie plane (3 à 8 %) jusqu'au littoral, où on observe une pente plus forte de près de 30 à 40 % par endroits. Localement, la topographie est peu accentuée. Cependant, plus au large, des îlots sont visibles à l'entrée de la baie.

4.1.2 Hydrologie

Selon la cartographie des bassins versants fournie par l'Organisme de bassins versants Duplessis (2018), le site à l'étude est localisé au sein de la zone de ruisseaux côtiers (ZRC) de la rivière Brochu. Cette ZRC est bordée au nord-ouest par le bassin versant de la rivière Dominique, à l'ouest par le bassin versant de la rivière aux Rochers et au sud par le golfe du Saint-Laurent.

Aucun ruisseau ou cours d'eau n'a été observé dans la zone d'étude lors de l'inventaire de terrain. Les seules entités hydrologiques identifiées dans la zone d'étude sont la rivière aux Rochers et le golfe Saint-Laurent, qui pénètre localement à l'intérieur des terres au niveau de la Grande Baie.

En ce qui concerne la bathymétrie dans le secteur de la plage Rochelois, les informations ont été extraites du site Navionics (2018). La présence d'une large zone peu profonde (entre 1,5 m et moins d'un mètre) sur près de 400 m vers le large (figure 2) est constatée.



Figure 2 Estimation de la profondeur bathymétrique locale (source : Navionics, 2018)

4.2 Description du milieu biologique

4.2.1 Milieux terrestres

La zone d'étude est située au sein du domaine bioclimatique de la sapinière à bouleaux blancs, dans la région écologique 5g des Hautes collines de Baie-Comeau–Sept-Îles et dans le district écologique 107D005 (Berger et Blouin, 2007). Comme cette région écologique fait partie de la forêt boréale continue, elle est souvent colonisée par des peuplements résineux. Ces peuplements sont entre autres composés d'espèces telles que le sapin baumier, l'épinette noire, l'épinette blanche, le pin gris et le mélèze laricin. Dans les peuplements mélangés, les tremblais ou bétulaies résineuses sont généralement associées au sapin baumier. Les forêts feuillues sont peu importantes et elles sont composées de feuillus intolérants (peuplier faux-tremble, bouleau à papier). Cependant, la zone d'étude est située au sein d'un milieu caractérisé par la présence marquée d'infrastructures et de bâtiments urbains. De plus, le site est localisé en zone littorale. Par conséquent, il est peu probable d'y rencontrer les peuplements mentionnés ci-dessus. La carte écoforestière du Québec méridional ne mentionne d'ailleurs aucun peuplement productif pour ce secteur. La bande de territoire bordant le golfe et correspondant à Port-Cartier est ainsi exclue de l'unité d'aménagement forestier n° 094-51.

Compte tenu de la nature très anthropique et artificialisée (rues, résidences) du haut de talus situé au-delà de la rive, une seule station d'inventaire (station A) a été effectuée. De façon générale, la composition floristique, lorsque présente, est dominée par une majorité de plantes non indicatrices des milieux humides et caractéristiques des aménagements paysagers (pelouse, rosiers sauvages, plantes communes), et qui poussent sur des sols à drainage modéré à imparfait.

La **station A**, d'un rayon de 5 m, est située en haut de talus, près de l'accès à la plage sur la rue Rochelois (photos 1 et 2). Le sol est constitué de sable et de terre végétale pour la partie aménagée en bordure de la rue Rochelois. Le site est colonisé par plusieurs plantes rustiques telles que le liondent (photo 4) et le trèfle. Parmi les plantes sauvages retrouvées en haut de talus, le pissenlit, le trèfle blanc, le chiendent commun, le plantain commun, l'arroche, la verge d'or et la potentille ansérine ont été observés. On y retrouve également de rares arbustes comme l'aulne crispé (photo 3).



PHOTO 1: Vue de la station A – haut de plage



PHOTO 2: Vue de la station – direction nord-ouest



PHOTO 3: Présence d'aulne crispé



PHOTO 4 : Leontodon sp.

Le tableau 1 suivant présente la liste des espèces rencontrées. La nomenclature botanique du cortège floristique a été vérifiée dans la base de données Canadensis (Centre sur la biodiversité de l'Université de Montréal, 2018).

Tableau 1 Liste des espèces floristiques inventoriées – station A

Station	Type	Nom français	Nom latin
A	Herbacées	Chiendent commun	<i>Elymus repens</i>
		Pissenlit officinal	<i>Taraxacum officinale</i>
		Épervière des prés	<i>Pilosella caespitosa</i>
		Fraisier sauvage	<i>Fragaria vesca</i>
		Trèfle blanc	<i>Trifolium repens</i>
		Liondent sp.	<i>Leontodon</i> sp.
		Gesse maritime	<i>Lathyrus japonicus</i>
		Immortelle blanche	<i>Anaphalis margaritacea</i>
		Elyme des sables	<i>Leymus arenarius</i>
	Arbustes	Aulne crispé	<i>Alnus crispus</i>
	Arbres	-	-

4.2.2 Milieux humides, hydriques et riverains

4.2.2.1 Milieux humides

La consultation de la carte interactive des milieux humides de CIC (2018) ne permet pas d'obtenir pour Port-Cartier une information fiable quant à la présence de tels milieux sur le site ou à proximité. Cependant, la visite de terrain a permis de confirmer l'absence de milieux humides (étang, marais, marécage, tourbière) dans la zone d'étude, elle-même correspondant à un rayon de 500 m autour de la plage Rochelois.

4.2.2.2 Milieux hydriques

Dans la zone d'étude, le golfe Saint-Laurent (représenté par la Grande Baie) et la rivière aux Rochers constituent les deux grandes entités hydriques présentes.

Du point de vue écologique, aucun inventaire exhaustif n'a été effectué en milieu aquatique marin. Toutefois, lors de la visite de terrain, diverses algues vertes et rouges ont été observées (photos 5 à 8), de même que l'agar criblé dans l'eau et des résidus d'algue *Chordaria flagelliformis* dans la laisse de plage.



PHOTO 5: *Desmarestia* sp.

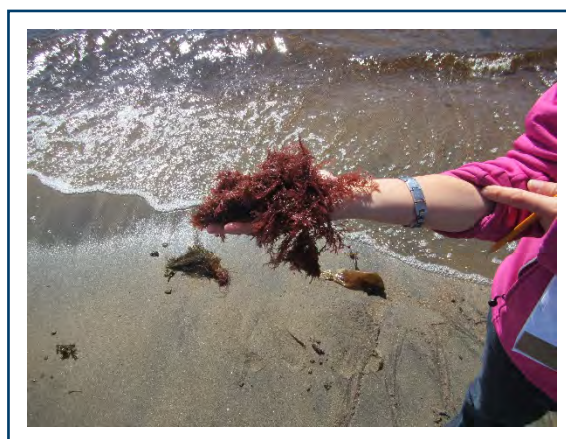


PHOTO 6 *Ptilota* sp.



PHOTO 7 : *Ulva lactuca*

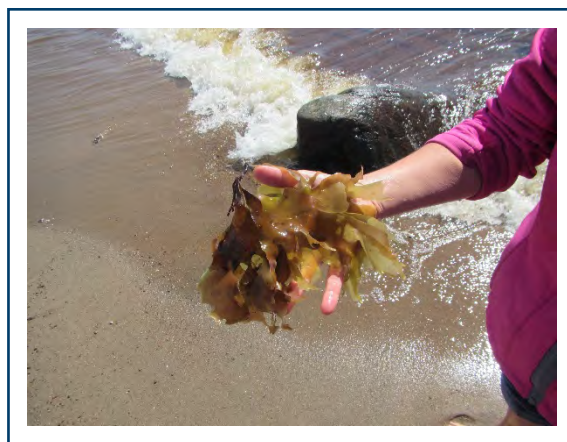


PHOTO 8 : *Palmaria palmata*

4.2.2.3 Milieux riverains

Au moment de l'inventaire, la marée était basse. Deux stations et un transect d'inventaire ont été réalisés dans le littoral. La localisation de ces stations et du transect est fournie sur la carte 1, à l'annexe A.

Le transect (transect B-B') a été réalisé depuis la ligne d'eau vers le haut de talus. Les espèces rencontrées sont présentées dans le tableau 2 suivant :

Tableau 2 Liste des espèces floristiques inventoriées le long du transect depuis la ligne d'eau vers le haut de talus

	Nom français	Nom latin
Transect B-B'	Caquillier édentulé	<i>Cakile edentulata</i>
	Élyme des sables	<i>Leymus arenarius</i>
	Gesse maritime	<i>Lathyrus japonicus</i>
	Linair sp.	<i>Linaria sp.</i>
	Immortelle blanche	<i>Anaphalis margaritacea</i>
	Vesce jargeau	<i>Vicia cracca</i>
	Chiendent commun	<i>Elymus repens</i>
	Pissenlit officinal	<i>Taraxacum officinale</i>
	Épervière des prés	<i>Pilosella caespitosa</i>
	Plantain commun	<i>Plantago major</i>
	Trèfle blanc	<i>Trifolium repens</i>

La **station C** a été réalisée plus à l'est, à l'extrémité de la plage (photos 9 à 12), sur le littoral. Le substrat est composé uniquement de sable. Le rayon d'inventaire de 5 m couvre le bas de talus, la laisse de mer et permet d'établir une station représentative de ce secteur de plage. Les espèces floristiques présentes sont peu nombreuses. On y observe le caquillier édentulé, l'élyme des sables, la gesse maritime et l'arroche sp. Quelques plants de tomates ont été retrouvés ponctuellement dans la laisse de mer. La proximité de résidences et la fréquentation régulière de la plage pourraient expliquer la présence de cette plante atypique des milieux naturels.



PHOTO 9 : Vue générale de la partie est de la plage



PHOTO 10: Vue vers le nord, depuis la station C



PHOTO 11 : Arroche *sp.*



PHOTO 12 : Vue générale de la strate herbacée

La **station D**, quant à elle, a été réalisée à l'extrémité ouest de la plage (photos 13 et 14), sur le littoral, à proximité de l'émissaire pluvial existant (photo 16). Le rayon d'inventaire de 5 m couvre le bas de talus, la laisse de mer et permet d'établir une station représentative de ce secteur de plage. Les espèces floristiques présentes sont peu nombreuses. On y observe le caquillier édentulé, l'élyme des sables et la gesse maritime (photos 17 et 18). Le sol est essentiellement constitué de sable fin à grossier (photo 15). Du gravier et quelques blocs sont retrouvés à proximité de l'émissaire et proviennent initialement des travaux d'enrochement de cette structure.



PHOTO 13 : Vue vers l'ouest depuis la station D



PHOTO 14: Vue de l'extrémité ouest de la plage



PHOTO 15 : Granulométrie



PHOTO 16 : Exutoire de l'émissaire pluvial



PHOTO 17 : Gesse maritime et élyme des sables



PHOTO 18 : Caquillier édentulé

Enfin, de part et d'autre de la plage, des sacs de toile sont présents le long du talus d'érosion formé à la suite de la tempête de 2016. Comme mentionné à la section 1.1, la Ville de Port-Cartier les a installés afin de protéger les résidences menacées de la section est de la plage (photos 19 et 20) ainsi que les infrastructures municipales de la rue Rochelois (rues, lampadaires, etc.; photos 21 et 22).



PHOTO 19 : Géotextile installé devant les résidences (section est de la plage Rochelois)



PHOTO 20 : Vue des géotextiles (section est de la plage Rochelois)



PHOTO 21 : Sacs et géotextiles – section ouest de la plage.



PHOTO 22 : Talus d'érosion – section ouest de la plage

4.2.3 Faune

En milieu terrestre, la zone d'étude est occupée par des espèces communes des milieux urbains. Peu de mammifères, micromammifères ou chiroptères sont susceptibles de s'y trouver compte tenu de l'absence de zones boisées aux alentours.

Le littoral et la batture peuvent par contre régulièrement être fréquentés par de nombreux oiseaux. L'inventaire de terrain a été réalisé en septembre, en période de migration automnale. Des goélands juvéniles et des canards non identifiés ont été aperçus plus loin sur la batture. Aucun autre oiseau n'a été identifié. Toutefois, selon l'*Atlas des oiseaux nicheurs du Québec* (2018), le site à l'étude est compris à l'intérieur de la parcelle 19FR54, où environ le tiers de la superficie de la parcelle est occupé par le golfe Saint-Laurent. Aucun point d'écoute n'est disponible pour cette parcelle. Cependant, plusieurs observations ont été enregistrées (tableau 3).

Tableau 3 Enregistrement d’oiseaux nicheurs pour la parcelle 19FR54

Région	Parcelle	Espèce	Indice de nidification		
			Catégorie	Nombre de parcelles avec une espèce	Nom du participant
29	19FR54	Canard noir	CONF	1	Francis Gallant
29	19FR54	Canard colvert	POSS	1	Inventaire SSE-SRIV SCF
29	19FR54	Sarcelle d'hiver	PROB	1	Inventaire SSE-SRIV SCF
29	19FR54	Eider à duvet	CONF	1	Nancy Jolin
29	19FR54	Plongeon huard	POSS	1	Olivier Barden
29	19FR54	Cormoran à aigrettes	CONF	1	Inventaire SSE-SRIV SCF
29	19FR54	Grand Héron	CONF	1	Philippe Beaupré
29	19FR54	Balbuzard pêcheur	CONF	1	Francis Gallant
29	19FR54	Faucon émerillon	PROB	1	Olivier Barden
29	19FR54	Goéland à bec cerclé	CONF	1	Olivier Barden
29	19FR54	Goéland argenté	CONF	1	2 participants
29	19FR54	Goéland marin	CONF	1	Francis Gallant
29	19FR54	Sterne pierregarin	POSS	1	Olivier Barden
29	19FR54	Pigeon biset	POSS	1	Nancy Jolin
29	19FR54	Tourterelle triste	POSS	1	Olivier Barden
29	19FR54	Engoulevent d'Amérique	POSS	1	Jean Piuze
29	19FR54	Colibri à gorge rubis	POSS	1	Nancy Jolin
29	19FR54	Grand Pic	PROB	1	Francis Gallant
29	19FR54	Moucherolle des aulnes	POSS	1	Francis Gallant
29	19FR54	Viréo aux yeux rouges	POSS	1	Jean Piuze
29	19FR54	Geai bleu	POSS	1	Nancy Jolin
29	19FR54	Corneille d'Amérique	CONF	1	2 participants
29	19FR54	Hirondelle bicolore	CONF	1	Nancy Jolin
29	19FR54	Hirondelle rustique	CONF	1	Francis Gallant
29	19FR54	Mésange à tête noire	POSS	1	Olivier Barden
29	19FR54	Mésange à tête brune	POSS	1	Nancy Jolin
29	19FR54	Roitelet à couronne rubis	POSS	1	Olivier Barden
29	19FR54	Grive à dos olive	POSS	1	2 participants
29	19FR54	Merle d'Amérique	CONF	1	Nancy Jolin
29	19FR54	Étourneau sansonnet	CONF	1	Olivier Barden
29	19FR54	Paruline obscure	POSS	1	Francis Gallant
29	19FR54	Paruline jaune	POSS	1	Francis Gallant
29	19FR54	Paruline à croupion jaune	POSS	1	Francis Gallant
29	19FR54	Paruline flamboyante	POSS	1	Olivier Barden
29	19FR54	Paruline des ruisseaux	POSS	1	Francis Gallant
29	19FR54	Paruline masquée	POSS	1	Francis Gallant
29	19FR54	Bruant familial	PROB	1	Olivier Barden
29	19FR54	Bruant des prés	POSS	1	Nancy Jolin
29	19FR54	Bruant chanteur	POSS	1	Olivier Barden
29	19FR54	Bruant de Lincoln	POSS	1	Olivier Barden
29	19FR54	Bruant à gorge blanche	PROB	1	Olivier Barden
29	19FR54	Quiscale bronzé	POSS	1	3 participants
29	19FR54	Roselin pourpré	POSS	1	Olivier Barden
29	19FR54	Tarin des pins	POSS	1	Olivier Barden
29	19FR54	Chardonneret jaune	POSS	1	Francis Gallant
29	19FR54	Gros-bec errant	POSS	1	Olivier Barden
29	19FR54	Moineau domestique	CONF	1	Francis Gallant

Catégorie : Catégorie maximale signalée (OBS = observée, POSS = possible, PROB = probable, CONF = confirmée)

Source : Atlas des oiseaux nicheurs du Québec, 2018

En ce qui concerne les espèces aquatiques, la visite de terrain a permis de noter la présence, sur l'estran, d'espèces communes à l'étage intertidal nord-côtier : myes, balanes et buccins (photos 23 et 24). Des gammares ont été observés à marée basse.

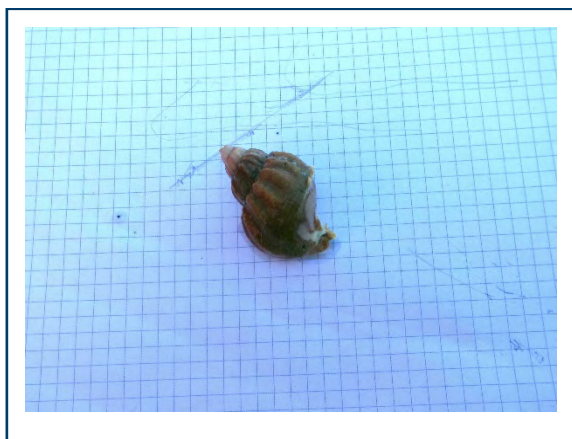


PHOTO 23 Buccin



PHOTO 24 : Balanes

Aucun poisson n'a été observé, mais la plage Rochelois constitue un site propice pour la fréquentation de diverses espèces telles que le lançon d'Amérique. Selon monsieur Yves Lévesque (directeur – Services techniques, Ville de Port-Cartier, comm. pers. 2018), le capelan a roulé sur la plage au printemps 2018. À noter également que la rivière aux Rochers est une rivière à saumon.

4.2.4 Espèces à statut précaire

Aucun inventaire exhaustif de la faune ou de la flore à statut particulier n'a été réalisé. Cependant, lors de la visite de site, une attention particulière a été portée à la détection d'éventuelles espèces floristiques ou fauniques menacées, vulnérables ou susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables. Aucune de ces espèces n'a été identifiée sur le site.

Selon le CDPNQ – Flore (annexe C), aucune mention de plantes menacées, vulnérables ou susceptibles d'être ainsi désignées n'est enregistrée pour le site à l'étude. Il est important de mentionner que les données du CDPNQ proviennent de différentes sources et qu'elles sont intégrées graduellement depuis 1988. Toutefois, une partie des données existantes n'est toujours pas incorporée, si bien que l'information fournie peut s'avérer incomplète. De surcroît, la banque de données ne fait pas de distinction entre les portions de territoire reconnues comme étant dépourvues de telles espèces et celles non inventoriées. Pour ces raisons, l'avis du CDPNQ concernant la présence, l'absence ou l'état des EMVS d'un site particulier n'est jamais définitif et ne doit pas être considéré comme un substitut aux inventaires de terrain requis dans le cadre d'une évaluation environnementale.

Le CDPNQ – Faune (annexe C) souligne également l'absence de mention d'EMVS fauniques. Ainsi, bien que le tableau 3 présente une liste d'espèces d'oiseaux observées pour la parcelle 19FR54 et que cette liste comporte un oiseau à statut, soit l'engoulevent d'Amérique (susceptible d'être désigné menacé ou vulnérable au Québec, désigné espèce préoccupante par le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada [COSEPAC] et menacée selon la Loi sur les espèces en péril), cet oiseau n'est pas susceptible de se trouver en milieu côtier littoral.

4.2.5 Espèces exotiques envahissantes

Aucune EEE répertoriée dans la *Liste des plantes vasculaires exotiques envahissantes prioritaires* du MDDELCC et sur le site Internet Sentinelle (MDDELCC, 2018b) n'a été observée sur le site à l'étude lors de l'inventaire de terrain.

4.2.6 Aires protégées

Selon la carte interactive des aires protégées (MDDELCC, 2018a), le littoral de la plage Rochelois est entièrement inclus dans les limites de l'aire de concentration des oiseaux aquatiques (ACOA) de la Batture Port-Cartier Ouest (ACOA n° 5531). Cette ACOA a une superficie d'environ 403 ha. Selon l'Union internationale pour la conservation de la nature (en référence à la Loi sur la conservation du patrimoine naturel), l'ACOA de la Batture Port-Cartier Ouest est de catégorie IV, ce qui signifie qu'il s'agit d'une aire dont la gestion fait l'objet d'une intervention active, de façon à garantir le maintien des habitats ou à répondre aux besoins d'espèces particulières (MDDELCC, 2018a). Il convient de noter qu'une partie de la portion marine en face de la plage est, quant à elle, incluse dans l'ACOA de la Batture Port-Cartier n° 5552.

4.3 Description de l'utilisation actuelle du territoire

L'émissaire pluvial du secteur Rochelois de la ville de Port-Cartier est situé à l'extrémité ouest de la plage Rochelois (voir photo section 4.2.2).

L'imagerie satellitaire montre que ce secteur urbain est bien développé et que le secteur à l'ouest a été construit entre 2011 et 2016.

Comme mentionné à la section 1.1, la plage Rochelois est un lieu récréotouristique très apprécié par les citoyens et les touristes. Lieu familial prisé, le parc de la plage Rochelois s'ouvre sur le Saint-Laurent. Il est bordé du circuit cyclable municipal, d'une aire de jeux pour enfants ainsi que d'un belvédère, et une passerelle s'y trouvait avant les tempêtes. La plage (non surveillée) devient une vaste batture à marée basse. L'épave du minéralier *Lady Era*, visible depuis la rive, attire de nombreux touristes.

Depuis quelques années, des adeptes de *kitesurf*, de kayak, de *paddle board* viennent également y pratiquer ces activités.

5 Valeurs et fonctions écologiques des milieux inventoriés

Conformément à la Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques, la valeur et les fonctions écologiques de la plage Rochelois ont été évaluées.

5.1 Valeur écologique

En théorie, la valeur écologique des milieux humides est analysée selon la méthode élaborée par Englobe, qui se base sur plusieurs critères, soit la superficie, la présence d'eau, le drainage, l'hydroconnectivité, la connectivité à d'autres milieux naturels, l'intégrité, la présence d'espèces à statut précaire, la biodiversité qualitative et quantitative, la pression sur le milieu humide et les fonctions écologiques. Il est important de mentionner que la détermination de la valeur écologique demeure un exercice subjectif et qu'elle se limite uniquement aux milieux humides identifiés sur le site.

Bien qu'aucun milieu humide (étang, marais, marécage, tourbière) n'ait été observé au sein du secteur visé par l'inventaire, il a été convenu d'appliquer la méthode d'évaluation de la valeur écologique à l'entité écologique représentée par le milieu littoral, et ce, afin d'avoir une analyse la plus subjective possible du point de vue écologique.

L'annexe B présente le détail de la méthodologie d'évaluation de la valeur écologique et l'annexe D présente le tableau de pointage détaillé.

Les occurrences connues d'EMVS et le potentiel d'habitat des milieux pour de telles espèces font partie des paramètres d'analyse. Or, la plage n'obtient pas de points pour ces critères.

En ce qui concerne les pressions anthropiques exercées, la visite de site ainsi que les photos aériennes confirment une forte anthropisation de la zone d'étude, en raison de sa localisation limitrophe à un vaste secteur résidentiel. De plus, un émissaire pluvial municipal se jette en amont hydrologique. La pression anthropique est donc jugée forte.

Dans le contexte de l'évaluation de la valeur écologique d'un milieu, il importe de considérer la présence actuelle des EEE, mais aussi de prévoir leur éventuelle dominance pour une zone d'étude donnée. En effet, les plantes dites « envahissantes » ont la capacité d'entrer en compétition avec les plantes indigènes et peuvent contribuer à faire disparaître certaines espèces. Dans le cadre de l'inventaire, aucune EEE n'a été observée.

Enfin, les critères de biodiversité utilisés pour évaluer la valeur écologique (annexes B et D) permettent à la fois de mesurer le nombre d'espèces identifiées dans le milieu et donnent un indice de sa richesse spécifique. La caractérisation écologique n'a permis de recenser que quelques espèces de plantes vasculaires dans presque une seule strate. Toutefois, en raison du caractère côtier du site et de son classement comme ACOA, les critères de biodiversité quantitative ont été jugés plus élevés.

Globalement, la plage Rochelois a une valeur écologique moyenne (annexe D).

5.2 Fonctions écologiques

Les fonctions écologiques énumérées à 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 ont été considérées dans l'analyse des fonctions écologiques des milieux humides présents sur le site à l'étude. Toutefois, dans le cas présent, aucun milieu humide n'est situé dans la zone d'étude, mais il s'agit d'un milieu côtier riverain. L'évaluation des fonctions écologiques a ainsi été appliquée au milieu côtier pour ce projet. Les fonctions écologiques telles que décrites par la loi et leur insertion dans le contexte du projet sont présentées ci-dessous.

- Fonction de régulation du niveau d'eau. En permettant la rétention et l'évaporation d'une partie des eaux de pluie et des eaux de fonte, les milieux humides réduisent les risques d'inondation et d'érosion et favorisent la recharge de la nappe phréatique;

Dans le cas présent, cette fonction ne peut être réalisée par le milieu côtier en raison de l'absence de milieux humides associés (marais salés, étangs, lagunes, etc.). Le milieu est directement ouvert sur le golfe du Saint-Laurent.

- Fonction de filtre contre la pollution. Les milieux humides servent de rempart contre l'érosion et de rétention des sédiments, en permettant, entre autres, de prévenir et de réduire la pollution en provenance des eaux de surface et souterraines et l'apport des sédiments provenant des sols;

Dans le cas présent, cette fonction ne peut être réalisée par le milieu côtier.

- Fonction de conservation de la diversité biologique. Les milieux humides offrent des habitats pour l'alimentation, l'abri et la reproduction des espèces vivantes;

Dans le cas présent, la plage est directement limitrophe de quartiers résidentiels, ce qui limite de manière importante la circulation de la faune terrestre. Toutefois, le milieu côtier est situé au sein d'une ACOA et l'habitat côtier naturel présente une certaine biodiversité floristique (algues et végétation littorale). De nombreux organismes aquatiques y sont théoriquement présents. À une plus grande échelle, ce milieu est directement connecté au golfe du Saint-Laurent. Le critère d'intégrité démontre également que le site est entouré d'un vaste milieu naturel, soit le golfe du Saint-Laurent ou l'embouchure de la rivière aux Rochers. La présence d'infrastructures urbaines limitrophes et de zones déboisées diminue cependant leur valeur écologique pour ce critère.

- Fonction d'écran solaire et de brise-vent naturel. Les milieux humides permettent, par le maintien de la végétation, de préserver l'eau d'un réchauffement excessif et de protéger les sols et les cultures des dommages causés par le vent;

Ce rôle d'écran solaire et de brise-vent naturel est surtout associé aux milieux boisés (milieux terrestres, marécages et tourbières boisées). **Cette fonction ne peut être remplie par les secteurs littoraux étudiés, ouverts et peu végétalisés.**

- Fonction de séquestration du carbone et d'atténuation des impacts des changements climatiques;

Dans le cas présent, cette fonction ne peut être réalisée par le milieu côtier en raison de l'absence de tourbière et de milieux humides et du peu de végétalisation de la côte dans les secteurs étudiés.

- Fonctions liées à la qualité du paysage. Les milieux humides, en permettant la conservation du caractère naturel d'un milieu et des attributs des paysages associés, contribuent à la valeur des terrains voisins.

Pour les résidents de Port-Cartier et pour les visiteurs en période touristique, la présence de ce milieu naturel augmente de manière significative la qualité du paysage.

6 Conclusion

Englobe a été mandatée par la Ville de Port-Cartier afin de réaliser une caractérisation écologique de la plage Rochelois, à Port-Cartier, dans le but d'appuyer la demande d'autorisation de projets de stabilisation des berges.

La zone d'étude spécifique, définie aux fins de la caractérisation environnementale, concernait une zone de 1 km le long de la bande côtière, délimitée à l'ouest par la pointe rocheuse située à l'embouchure de la rivière aux Rochers et à l'est par la pointe constituant l'extrémité de la plage. Latéralement, la zone d'étude s'étend au sud de la rue Rochelois et couvre l'estran marin (à marée basse) sur une largeur d'environ 200 m.

La portion nord de la zone d'inventaire est donc située en milieu urbain et est, de ce fait, essentiellement constituée d'une bordure urbanisée aménagée (pelouse, jardins et accotements végétalisés). On y trouve des rues et des résidences, une piste cyclable longeant le bord de la baie, des poteaux et des lignes de service public, ainsi qu'une bande végétalisée herbacée. La portion sud-est typique d'un milieu côtier littoral et est couvert par la plage Rochelois dont le substrat est sableux. Des talus d'érosion avec de fortes pentes marquent la transition entre la rive et le haut de talus plus urbain. Le cortège floristique retrouvé sur la plage est dominé par l'élyme des sables, le caquillier édentulé et la gesse maritime. Quelques algues ont été observées, de même que des coquilles de mollusques marins et de crustacés. Aucun milieu humide n'a été observé dans la zone d'étude. Lors de l'inventaire de terrain réalisé le 27 septembre 2018, aucune espèce à statut n'a été identifiée.

Une analyse des fonctions écologiques énumérées à 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 montre que la plage Rochelois, qui fait partie du milieu côtier, ne correspond pas à la définition de milieu humide et répond peu aux fonctions écologiques citées. Cependant, en tant que milieu côtier littoral, la plage possède une fonction de valorisation de la qualité du paysage, de protection contre l'érosion littorale et assure les fonctions de production secondaire et d'habitat pour la biodiversité (oiseaux et organismes aquatiques).

7 Références

- ATLAS DES OISEAUX NICHEURS DU QUÉBEC. 2018. [En ligne] <https://www.atlas-oiseaux.qc.ca>
- BAZOGÉ, A., D. LACHANCE ET C. VILLENEUVE. 2015. *Identification et délimitation des milieux humides du Québec méridional*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction de l'écologie et de la conservation et Direction des politiques de l'eau, 64 p. + annexes.
- BERGER, J.-P. ET J. BLOUIN. 2007. *Guide de reconnaissance des types écologiques de la région écologique 5g – Hautes collines de Baie-Comeau–Sept-Îles*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Forêt Québec, Direction des inventaires forestiers, Division de l'analyse et de la diffusion des informations forestières et écologiques.
- CANARDS ILLIMITÉS CANADA (CIC). 2018. *Carte interactive des milieux humides pour les secteurs habités du sud du Québec*. Site Internet consulté en septembre 2018. [En ligne] : <http://ducksunlimited.maps.arcgis.com/apps/MapTools/index.html?appid=77c2d088f93d44a1b2ef3edaf030ec30>
- CENTRE SUR LA BIODIVERSITÉ DE L'UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL. 2018. *Canadensys*. [En ligne] : <http://community.canadensys.net/?lang=fr>
- DESROCHES, J.-F. ET D. RODRIGUE. 2004. *Amphibiens et reptiles du Québec et des Maritimes*. Éditions Michel Quintin. Waterloo. 288 p.
- DESSAU. 2013. *Analyse des solutions – Atténuation du risque d'érosion de berges, Port-Cartier, Québec*. Rapport préparé par Consultants Ropars Inc. 104 pages.
- ESRI. 2013. *Base de données topographiques du Québec (BDTQ), 1/20 000*. Site Internet consulté en septembre et octobre 2017. [En ligne] : <http://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=2acfa0c58d3f4f84a84f8bdf5f41d6555>
- GRENIER, A., DUBOIS, J.-M.M. 1992. *Évolution littorale récente par télédétection : synthèse méthodologique*. Photo-interprétation. n. 1990-6. p. 3-16.
- HANSON, A., L. SWANSON, D. EWING, G. GRABAS, S. MEYER, L. ROSS, M. WATMOUGH ET J. KIRKBY. 2008. *Aperçu des méthodes d'évaluation des fonctions écologiques des terres humides*, Service canadien de la faune, Série de Rapports techniques n°497, région de l'Atlantique, 70 p.
- JOLICOEUR, S. ET O'CARROLL, S. 2007. Sandy barriers, climate change and long-term planning of strategic coastal infrastructures, Îles-de-la-Madeleine, Gulf of St. Lawrence (Québec, Canada). *Landscape and urban planning*, vol. 81, p. 287-298
- JOLY, MARTIN, S. PRIMEAU, M. SAGER ET A. BAZOGÉ. 2008. *Guide d'élaboration d'un plan de conservation des milieux humides*. Première édition, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de Parcs, Direction du patrimoine écologique et de parcs, 68 p.

- MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MFFP). 2018a. *Données Québec – Écosystème forestier exceptionnel (EFE)*. Site Internet consulté en octobre 2018. [En ligne] : <https://www.donneesquebec.ca/recherche/fr/dataset/ecosysteme-forestier-exceptionnel-efe>
- MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MFFP). 2018b. *IGO. Données écoforestières*. Site Internet consulté en octobre 2018. [En ligne] : <https://geoegl.msp.gouv.qc.ca/igo/mffpecofor/>
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2018a. *Registre des aires protégées*. Site Internet consulté en octobre 2018. [En ligne] : http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/biodiversite/aires_protegees/registre/carte-aires-protegees.htm
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2018b. *Listes des plantes vasculaires exotiques envahissantes prioritaires*. [En ligne] : <https://www.pub.mddefp.gouv.qc.ca/scc/Catalogue/ConsulterCatalogue.aspx>
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2016. *Listes des plantes vasculaires exotiques envahissantes prioritaires*. Direction du patrimoine écologique et des parcs. Septembre 2016, 2 p.
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2015a. *Guide d'interprétation, Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables*. Direction des politiques de l'eau, 131 p.
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2015b. *Identification et délimitation des milieux hydriques et riverains*. 6 p. et annexes.
- NAVIONICS. 2018. Site Internet consulté en novembre 2018. [En ligne] : <https://webapp.navionics.com/>
- ORGANISME DE BASSINS VERSANTS DUPLESSIS. 2018. *Carte des bassins versants*. Site Internet consulté en octobre 2018. [En ligne] : <http://obvd.qc.ca/carte/bassins-versants/>
- ORGANISME DE BASSINS VERSANTS DUPLESSIS. 2011. *Géologie et géomorphologie quaternaire de la zone de GIEBV Duplessis*. 30 pages.

Annexe A Carte d’inventaire



Composantes de projet

- Station d'inventaire
- Station A** Émissaire pluvial
- Transect B-B'
- Ligne des hautes eaux
- Aire de concentration d'oiseaux aquatiques de la Batture Port-Cartier Ouest



Ville de Port-Cartier

Caractérisation écologique de la plage Rochelois

Carte 1

Résultats d'inventaires

Sources :

Base : Orthophoto, © 2014 DigitalGlobe Image courtesy of USGS
Inventaires : Englobe, 2018
Cartographie : Englobe

Novembre 2018



Chargé de projet : L. Garraud						Date : 2018-11-15		
Préparé : L. Garraud			Dessiné : B. Andrieux			Vérifié : P. Lemieux		
Serv. Maître	Projet	Otp			Disc.	Type	N° dessin	Rév.
46	P-0017164	0	01	001	EN	D	0101	00

Annexe B Méthodologie utilisée pour déterminer la valeur écologique

Évaluation de la valeur écologique des milieux humides

Milieu physique

Superficie

Afin d'évaluer ce critère, cinq classes de taille sont retenues pour classer un milieu humide en tenant compte de sa capacité à remplir les fonctions écologiques suivantes : capacité de filtration, potentiel de rétention d'eau, capacité de réalimenter la nappe phréatique, capacité d'abriter une faune et une flore diversifiées. Plus le pointage est élevé, plus le milieu humide est apte à remplir ces fonctions.

Superficie : maximum 10 points

- | | |
|----------------|-----------|
| • > 5 ha | 10 points |
| • 2,5 à 5 ha | 8 points |
| • 0,5 à 2,5 ha | 6 points |
| • 0,1 à 0,5 ha | 4 points |
| • < 0,1 ha | 2 points |

Eau

La présence d'eau libre sans végétation, d'eau non libre dans la végétation et d'eau – près de la surface du sol seulement – est un indicateur de la capacité d'un milieu humide à répondre aux différents besoins de la faune, surtout au printemps, en période de reproduction (ex. couvées de la sauvagine). Ce critère contribue également à classer un milieu humide selon trois catégories distinctes.

Eau : maximum 10 points

- | | |
|---|-----------|
| • Présence d'eau libre sans végétation | 10 points |
| • Présence d'eau non libre dans la végétation | 6 points |
| • Présence d'eau dans le sol près de la surface | 3 points |

Texture du sol

La texture du sol fait référence à la granulométrie des particules minérales inférieures à deux millimètres. Ce critère est un indicateur qui permet de définir la résistance physique, la capacité de rétention et la richesse des éléments nutritifs (chimiques) du milieu (Joly et coll., 2008). L'argile, le limon et le sable représentent les particules du plus fin au plus gros. Plus les particules sont fines, plus le sol est fragile et favorable à l'érosion et à la compaction. Les sols argileux et les sols limono-argileux sont plus susceptibles d'imperméabiliser un site et de favoriser l'accumulation de matière organique (Joly et coll., 2008). L'évaluation de la valeur écologique des sols est classée selon la dominance de la composition du sol dans les premiers 50 cm.

Texture du sol : maximum 10 points

- Matière organique 10 points
- Argile 6 points
- Limon 4 points
- Sable 0 point

Drainage

La classification du drainage au Canada s'exprime en sept classes : 0 – Drainage excessif; 1 – Drainage rapide; 2 – Bon drainage; 3 – Drainage modéré; 4 – Drainage imparfait; 5 – Mauvais drainage; 6 – Très mauvais drainage (Groupe de travail sur la classification des sols, 1998). La qualité d'un milieu humide est établie en fonction de son mauvais drainage puisqu'il garantit sa présence, donc plus le drainage est mauvais, plus le pointage du milieu humide est grand. Lorsque la classe de drainage n'a pu être évaluée sur le terrain, les données de la carte écoforestière sont utilisées.

Drainage : maximum 10 points

- Classe de drainage 6 10 points
- Classe de drainage 5 8 points
- Classe de drainage 4 6 points
- Classe de drainage 3 2 points
- Classes de drainage entre 0 et 2 0 point

Hydroconnectivité

L'hydroconnectivité mesure la contribution d'un milieu humide au sein du système hydrique auquel il appartient. Ce critère est évalué selon qu'il existe ou non une connexion hydraulique de surface entre un milieu humide et un ou plusieurs cours d'eau ou plan d'eau. Dans le cas d'un fossé, celui-ci ne doit pas favoriser l'assèchement du milieu humide, sinon le milieu humide est considéré comme non hydroconnecté.

Hydroconnectivité : maximum 10 points

- Hydroconnectivité avec un cours d'eau permanent ou un lac 10 points
- Hydroconnectivité avec un cours d'eau intermittent 6 points
- Hydroconnectivité avec un fossé 3 points
- Aucune hydroconnectivité avec un cours d'eau 0 point
- Fossé qui draine (assèche) le milieu humide -2 points

Connectivité avec le milieu naturel

La connectivité mesure les liens qui existent entre le milieu humide et les autres milieux naturels. Les milieux « interconnectés » ont une valeur écologique plus grande du fait qu'ils permettent la circulation de la faune et la dispersion de la flore entre eux et contribuent à une plus grande diversité génétique. Un milieu humide relié à d'autres milieux humides, via, par exemple, la présence d'une bande de protection riveraine ininterrompue, aura ainsi une valeur plus grande qu'un milieu humide isolé.

Un milieu humide est évalué selon qu'il existe une connectivité entre un milieu naturel terrestre, humide ou aquatique ou un certain nombre d'entre eux.

Connectivité : maximum 10 points

- | | |
|--|-----------|
| • Connexion avec plus d'un autre milieu humide de type différent | 10 points |
| • Connexion avec un milieu humide de type différent | 5 points |
| • Aucune connexion avec d'autres milieux naturels | 0 point |

Milieu biologique

Intégrité

L'intégrité du milieu adjacent a été pondérée selon qu'il s'agissait d'un milieu naturel, agricole/forestier (en exploitation) ou anthropique (résidentiel, commercial, industriel, infrastructures de transport et autres), ainsi que selon une combinaison de ces trois types de milieux. Le milieu humide a ainsi été classé dans une des sept catégories décrites ci-après. Pour qu'un milieu soit considéré comme adjacent à un milieu humide, il doit inclure une bande tampon d'au plus 30 m entre le milieu humide et tout autre type de milieu.

Intégrité du milieu adjacent : maximum 10 points

- | | |
|---|-----------|
| • Naturel | 10 points |
| • Naturel – agricole/foresterie | 8 points |
| • Naturel – agricole/foresterie – anthropique | 7 points |
| • Naturel – anthropique | 6 points |
| • Agricole/foresterie | 4 points |
| • Agricole/foresterie – anthropique | 2 points |
| • Anthropique | 0 point |

Hétérogénéité verticale

L'hétérogénéité verticale du milieu indique une diversité plus ou moins grande de la structure de la végétation et, par conséquent, cette structure affecte sa capacité à abriter une flore et une faune diversifiées. Ce critère a été évalué en fonction de la toposéquence¹ de la structure physique de la végétation présente. Cette dernière permet d'évaluer un milieu humide en lui accordant une valeur selon le nombre de strates végétales présentes en les classant dans quatre catégories distinctes. **Pour qu'une strate végétale soit considérée dans cette évaluation, son abondance relative doit être de 10 % ou plus par rapport à l'ensemble de la végétation présente.**

- ▶ Présence d'herbacées aquatiques de bas marais² (quenouille, jonc et autres).
- ▶ Présence d'herbacées palustres de haut marais³ (onoclée, phalaris et autres).
- ▶ Présence d'une strate arbustive (saule, aulne et autres).
- Présence d'une strate arborescente (saule, érable et autres).

¹ Succession de sols apparentés, attribuable à la variation du relief.

³ Communautés végétales inondées quotidiennement.

⁴ Communautés végétales se trouvant inondées occasionnellement.

Hétérogénéité (strates végétales) :

- | | |
|-------------|-----------|
| • 4 strates | 10 points |
| • 3 strates | 6 points |
| • 2 strates | 4 points |
| • 1 strate | 2 points |

Faune et flore menacées, vulnérables ou susceptibles d'être ainsi désignées

Les occurrences des espèces menacées, vulnérables ou susceptibles d'être ainsi désignées ont été intégrées à l'évaluation d'un milieu humide. Ainsi, un milieu humide est classifié selon la présence d'espèces précaires, mais aussi selon le nombre d'espèces précaires et selon le rang de priorité subnational (Québec) de ces dernières. Le rang S (subnational) exprime la priorité de conservation pour l'espèce (cotes S1 à S5 en priorité décroissante), une priorité déterminée en fonction de l'importance relative d'une espèce présente dans la province de Québec d'après sa fréquence et son abondance (Labrecque et Lavoie, 2002; CDPNQ, 2008). Les éléments cotés S1, S2 et S3 sont considérés précaires. Il est à noter que pour qu'une espèce faunique ou floristique menacée, vulnérable ou susceptible d'être ainsi désignée soit associée à un milieu humide, elle doit être observée à l'intérieur d'un rayon du milieu humide ou dans les 30 m en périphérie de ce dernier.

Présence d'espèces floristiques ou fauniques menacées, vulnérables ou susceptibles d'être ainsi désignées : maximum 20 points

- Nombre d'occurrences d'espèces désignées menacées = __ x 10 +
- Nombre d'occurrences d'espèces désignées vulnérables = __ x 5 +
- Nombre d'occurrences d'espèces désignées vulnérables à la récolte = __ x 2 +
- Nombre d'occurrences d'espèces désignées susceptibles = __ x 2 = __/20

Potentiel d'habitat pour les espèces menacées, vulnérables ou susceptibles

L'analyse du potentiel de présence d'habitat pour les espèces menacées, vulnérables ou susceptibles d'être ainsi désignées s'appuie sur la comparaison des habitats présents sur le site à l'étude avec les types d'habitats définis par The Nature Conservancy (1996) et utilisés par le CDPNQ (Labrecque et Lavoie, 2002; CDPNQ, 2008). La caractérisation des habitats présents sur le site à l'étude avec l'habitat ou les habitats préférentiels des espèces menacées, vulnérables ou susceptibles d'être ainsi désignées permet de statuer sur la possibilité, voire la probabilité de retrouver les espèces considérées. Cette probabilité se retrouve d'ailleurs rehaussée lorsque des espèces à statut particulier ont été repérées à proximité.

Présence d'habitats potentiels pour la flore ou la faune menacée, vulnérable ou susceptible d'être ainsi désignée : maximum 10 points

- | | |
|--|-----------|
| • Présence d'habitat potentiel et d'occurrence à moins de 1 km | 10 points |
| • Présence d'habitat potentiel et d'occurrence à moins de 8 km | 6 points |
| • Absence d'habitat potentiel, mais occurrence à moins de 1 km | 3 points |
| • Absence d'habitat potentiel et d'occurrence à moins de 1 km | 0 point |

Biodiversité (richesse spécifique ou relative)

La biodiversité (richesse spécifique ou relative) comprend deux volets, l'un quantitatif, l'autre qualitatif. L'aspect qualitatif permet de discriminer entre deux milieux humides d'une même diversité (au sens strict du nombre d'espèces distinctes), mais où l'un est composé d'espèces indigènes et l'autre d'espèces exotiques, notamment si ces dernières sont des espèces exotiques envahissantes. Ainsi, le volet quantitatif de la diversité spécifique permet d'attribuer des points, alors que le volet qualitatif de cette biodiversité permet de soustraire les points.

Volet quantitatif de la biodiversité

Selon Joly et coll. (2008), la diversité d'un milieu humide fait référence à la richesse « spécifique ou relative », en espèce ou en habitat. Plus le nombre d'habitats est élevé, plus il y a de niches écologiques et plus le milieu est apte à supporter plusieurs espèces. L'évaluation de la diversité d'un milieu humide particulier s'appuie sur une comparaison avec les milieux humides typiques. La diversité spécifique est mesurée généralement à la composition floristique et à la structure des communautés retrouvées. Plus il y a d'espèces ou plus il y a de communautés végétales, plus la diversité spécifique est élevée.

Diversité : maximum 10 points

- | | |
|--|-----------|
| • Milieu diversifié en habitats (>3) et en espèces (>30) | 10 points |
| • Milieu diversifié en habitats (3) ou en espèces (25-29) | 8 points |
| • Milieu modérément diversifié en habitats (2) ou en espèces (15-24) | 6 points |
| • Milieu peu diversifié en habitats (1) ou en espèces (<14) | 4 points |
| • Prédominance d'une seule espèce de plante vasculaire | 2 points |

Volet qualitatif de la biodiversité

Une espèce exotique est une espèce non indigène pour le territoire considéré. Par exemple, parmi les quelque 3 000 espèces de plantes vasculaires recensées à ce jour dans la province de Québec, près du tiers sont des espèces introduites ne faisant pas partie de la flore indigène du Québec. Parmi les plantes exotiques du Québec, 395 espèces sont considérées envahissantes selon l'Agence canadienne d'inspection des aliments (2008). Les plantes dites « envahissantes » ont la capacité d'entrer en compétition avec les plantes indigènes et peuvent contribuer à faire disparaître certaines espèces.

Dans le contexte de l'évaluation de la valeur écologique d'un milieu humide, ou terrestre, il importe de considérer la présence des espèces exotiques envahissantes, mais aussi de prévoir leur éventuelle dominance pour une zone d'étude donnée.

Espèces exotiques envahissantes : maximum 0 point

- | | |
|--|------------|
| • Absence d'espèces exotiques envahissantes | 0 point |
| • Présence d'espèces exotiques peu envahissantes | -3 points |
| • Présence d'espèces exotiques moyennement envahissantes | -6 points |
| • Présence d'espèces exotiques fortement envahissantes | -8 points |
| • Prédominance d'espèces exotiques fortement envahissantes | -10 points |

Rôle écologique

Les milieux humides constituent des écosystèmes riches qui jouent plusieurs rôles écologiques dans leur environnement. Parmi ces rôles, on retrouve la régulation des phénomènes naturels, la filtration des eaux, le maintien de la biodiversité, la production des ressources naturelles et fauniques, les activités récréatives et touristiques, les activités éducatives et scientifiques et la qualité des paysages et le patrimoine culturel. La valeur écologique des rôles écologiques s'évalue en fonction du nombre de rôles écologiques et de l'ampleur que constitue chacun d'eux pour le milieu humide.

Rôle écologique : maximum 10 points

- Milieu présentant plusieurs rôles écologiques 10 points
- Milieu présentant moyennement de rôles écologiques 6 points
- Milieu présentant peu de rôles écologiques 3 points

Pression sur le milieu

Les pressions anthropiques exercées sur un milieu humide peuvent provenir de diverses activités. Selon l'intensité de la perturbation, la pression est jugée faible, moyenne ou forte, avec un nombre de points correspondants. Des exemples sont indiqués pour chaque pointage, mais cette liste n'est pas exhaustive. Pour être considérées valides, les pressions doivent être réalisées sur le milieu lui-même et non sur les terres adjacentes (conféré au critère d'intégrité).

- Pression faible (ligne de transport d'électricité, sentiers pédestres) 3 points
- Pression moyenne (sentiers de véhicules hors route, chemins forestiers) 2 points
- Pression forte (activités agricoles, déboisement) 3 points

Classement des milieux humides

Le pointage accordé à chacun des critères d'évaluation décrits dans la section précédente est additionné et normalisé sur un pointage maximal de 129 points afin de déterminer un indice de qualité d'habitat pour le milieu humide évalué (tableau 1).

Tableau 1 Classement du milieu humide en fonction de l'indice de qualité d'habitat

Pointage cumulatif	Indice de qualité d'habitat	Valeur écologique
103 à 129	5	Très élevée
76 à 102	4	Élevée
50 à 75	3	Moyenne
23 à 49	2	Faible
-5 à 22	1	Très faible

Annexe C Correspondances du CDPNQ

PAR COURRIEL

Sept-Îles, le 25 septembre 2018

Madame Laurianne Garraud
Englobe
31, avenue Marquette
Baie-Comeau (Québec) G4Z 1K4

N/Réf. : 301344572

Objet : Demande CDPNQ Volet Flore - Plage Rochelois à Port-Cartier

Madame,

En réponse à votre demande d'information du 25 septembre 2018 concernant les espèces floristiques menacées ou vulnérables de la région de la plage Rochelois, à Port-Cartier, veuillez prendre connaissance de ce qui suit.

Le Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ) est un outil servant à colliger, analyser et diffuser l'information sur les espèces menacées. Les données provenant de différentes sources (spécimens d'herbiers et de musées, littérature scientifique, inventaires récents, etc.) sont intégrées graduellement et ce, depuis 1988. Une partie des données existantes n'est toujours pas incorporée au centre si bien que l'information fournie peut s'avérer incomplète. Une revue des données à être incorporées au centre et des recherches sur le terrain s'avèrent essentielles pour obtenir un portrait général des espèces menacées du territoire à l'étude. De plus, la banque de données ne fait pas de distinction entre les portions de territoires reconnues comme étant dépourvues de telles espèces et celles non inventoriées. **Pour ces raisons, l'avis du CDPNQ concernant la présence, l'absence ou l'état des espèces menacées d'un territoire particulier n'est jamais définitif et ne doit pas être considéré comme un substitut aux inventaires de terrain requis dans le cadre des évaluations environnementales.**

Suite à la consultation des informations du CDPNQ, nous vous avisons de l'absence, pour votre zone d'étude, de mentions de plantes menacées, vulnérables ou susceptibles d'être ainsi désignées.

En vous remerciant de l'intérêt que vous portez au Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec, nous demeurons disponibles pour répondre à vos questions.

ML/



Michel Levasseur
biologiste

De: Nicolas.Gagne@mffp.gouv.qc.ca
Envoyé: 12 octobre 2018 08:53
À: Laurianne Garraud
Objet: RE: Demande CDPNQ - Secteur McCormick Port-Cartier

Madame Garraud,

La présente fait suite à votre demande d'information du 9 octobre, adressée au Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ), concernant l'objet en titre.

Le CDPNQ collige, analyse et diffuse l'information disponible sur les éléments prioritaires de la biodiversité. Pour les espèces fauniques, le traitement est assuré par le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, alors que pour les espèces floristiques, la responsabilité incombe au ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques.

Depuis 1988, les données provenant de différentes sources (spécimens d'herbiers et de musées, littérature scientifique, inventaires récents, etc.) sont intégrées graduellement au **système de gestion** de données. **Les informations consignées reflètent l'état des connaissances. Ainsi, certaines portions du territoire sont méconnues et une partie des données existantes peut ne pas encore être intégrée au système, présenter des lacunes quant à la précision géographique ou encore, avoir besoin d'être actualisée ou davantage documentée. Par conséquent, l'avis émis par le CDPNQ concernant un territoire particulier ne doit pas être considéré comme étant définitif et un substitut aux inventaires requis. Dans cette éventualité, nous apprécierions obtenir les données brutes recueillies afin de bonifier notre système d'information.**

Après vérification, aucune espèce faunique en situation précaire (menacée, vulnérable ou susceptible d'être ainsi désignée) n'est répertoriée au CDPNQ pour le territoire visé par votre requête ou à proximité de celui-ci.

En espérant ces renseignements satisfaisants et utiles à vos besoins, nous vous remercions de l'intérêt porté à l'égard du CDPNQ et demeurons disponibles pour répondre à vos questions. Pour un complément d'information, nous vous invitons à visiter le site Web du CDPNQ : www.cdpnq.gouv.qc.ca.

Pour obtenir la **cartographie légale** des habitats fauniques présents sur le site de votre projet, vous pouvez référer au lien suivant : <http://geoboutique.mern.gouv.qc.ca>. Dans les *Couches thématiques*, sélectionner : « Couche des habitats fauniques à l'échelle de 1/20 000 ». Veuillez noter que des frais de produits et de services sont applicables.

Veuillez agréer, Madame, l'expression de nos meilleurs sentiments.

Nicolas Gagné
Technicien de la faune
Direction de la gestion de la faune de la Côte-Nord
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
456, avenue Arnaud, bureau 1.03
Sept-Iles (Qc) G4R 3B1
Tél. (418) 964-8300, poste 266
Fax: (418) 964-8680
nicolas.gagne@mffp.gouv.qc.ca
mffp.gouv.qc.ca

De : Laurianne Garraud [<mailto:Laurianne.Garraud@englobecorp.com>]

Envoyé : 9 octobre 2018 14:19

À : michel.levasseur@mddelcc.gouv.qc.ca

Cc : Demande Faune DGR09 <demande_faune_09@mffp.gouv.qc.ca>

Objet : Demande CDPNQ - Secteur McCormick Port-Cartier

Bonjour,

Englobe Corp. a été mandaté par la Ville de Port-Cartier pour la réalisation d'une étude de caractérisation écologique en vertu de l'article 46.0.3 de la Loi concernant la conservation des milieux naturels et hydriques, dans le cadre de deux projets de stabilisation dans le secteur McCormick à Port-Cartier. Un lien kml du point central de la zone d'étude (est joint à cette communication. Dans le cadre de la préparation de cette demande, nous aimerions connaître quelles sont les espèces floristiques et fauniques menacées, vulnérables ou susceptibles d'être ainsi désignées présentes dans cette zone ou dans un périmètre d'influence, sachant que les travaux prévus seront réalisés à marée basse et dans le littoral.

Vous remerciant pour votre collaboration à ce dossier, je vous prie d'accepter mes sincères salutations.

LAURIANNE GARRAUD, M.Sc., M. Env.

Professionnelle en environnement
Études environnementales et sociales

Englobe

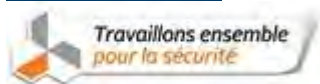
31, avenue Marquette
Baie-Comeau (Québec) G4Z 1K4
T 418.296.2626, poste 204
laurianne.garraud@englobecorp.com
www.englobecorp.com



LAURIANNE GARRAUD, M.Sc., M. Env.
Professionnelle en environnement
Études environnementales et sociales

Englobe

31, avenue Marquette
Baie-Comeau (Québec) G4Z 1K4
T 418.296.2626, poste 204
laurianne.garraud@englobecorp.com
www.englobecorp.com



AVERTISSEMENT : Le présent courriel et tous les documents qui y sont annexés sont confidentiels et peuvent être assujettis au secret professionnel. Si vous recevez ce courriel par erreur, veuillez nous en informer immédiatement et le détruire intégralement. **NOTICE:** This email and any files transmitted with it are confidential and can be subject to professional secrecy. If you have received this email in error or are not the intended recipient, please notify us immediately and delete it in its entirety.

Annexe D Tableau d'évaluation de la valeur écologique des milieux humides

Tableau d'évaluation de la valeur écologique des milieux humides de la zone d'étude

	Critères	Pondération	Plage
Milieu physique	Superficie	> 5 ha = 10 pts 2,5 à 5 ha = 8 pts 0,5 à 2,5 = 6 pts 0,1 à 0,5 ha = 4 pts ou < 0,1 ha = 2 pts	10
	Eau	Sans végétation = 10 pts Dans la végétation = 6 pts ou Dans le sol = 3 pts	10
	Texture	Matière organique = 10 pts Argile = 6 pts Limon = 4 pts ou Sable = 0 pt	0
	Drainage	Classe 6 = 10 pts Classe 5 = 8 pts Classe 4 = 6 pts Classe 3 = 2 pts ou Classes 0 à 2 = 0 pt	0
	Hydroconnectivité	Hydroconnecté par un cours d'eau permanent ou un lac sur toute sa longueur = 6 pts Hydroconnecté par un cours d'eau permanent ou un lac sur près de la moitié de sa longueur = 4 pts Hydroconnecté par un cours d'eau permanent ou un lac sur une faible longueur = 2 pts Aucune = 0 pt Peu drainé = -2 pts Fortement drainé = -4 pts	6
	Connectivité	Plus d'un milieu humide = 10 pts Un milieu humide = 5 pts ou Aucun milieu humide = 0 pt	0
Milieu biologique	Intégrité	Naturel = 10 pts Naturel-agr/for = 8 pts Naturel-agr/for-ant = 7 pts Naturel-ant = 6 pts Agr/for = 4 pts Agr/for-ant = 2 pts ou Ant = 0 pt	6
	Hétérogénéité	4 strates = 10 pts , 3 strates = 6 pts , 2 strates = 4 pts ou 1 strate = 2 pts	2
	EMVS	Nombre esp. menacées = _x10+ , nombre esp. vulnérables = _x 5 + , nombre esp. vulnérables récolte = _x 2+ , nombre esp. susceptibles = _x 2 = _/20 max.	0
	Potentiel EMVS (autre que pour la matteuccie fougère-à-l'autruche)	Hab. potentiel + occ. – 1 km = 10 pts Hab. potentiel + occ. – 8 km = 8 pts Hab. potentiel, mais abs. occ. = 5 pts Abs. hab., mais occ. – 1 km = 3 pts ou Abs. hab. et occ.- 1 km = 0 pt	0
	Bio. Quantitative	Divers hab + esp. = 10 pts , Divers hab. ou esp. = 8 pts , Modérément divers hab. ou esp. = 6 pts , Peu divers hab. ou esp. = 4 pts ou Prédominance d'une esp. = 2 pts	4
	Bio. qualitative	Abs. esp. env = 0 pt Esp. peu env. = -3 pts Esp. moyen env. = -6 pts Esp. fortement env. = -8 pts ou Prédominance esp. fortement env. = -10 pts	0
Rôle	Rôle écologique	Plusieurs rôles = 10 pts Moyennement de rôles = 6 pts ou Peu de rôles = 3 pts	10
	Pression sur le milieu	Faible = 3 pts Moyenne = 2 pts Forte = 1 pts	2
Pointage cumulatif			50
Valeur écologique			M

Valeur écologique : Très faible : 21 et moins; Faible : 22 à 48; Moyenne : 49 à 74; Élevée : 75 à 101; Très élevée : 102 à 129.



Annexe D Rapport d'étude – Caractérisation de la faune benthique

Municipalité de Port-Cartier

CARACTÉRISATION DE LA FAUNE BENTHIQUE

Projet de recharge de la plage des Rochelois

FÉVRIER 2020

046-P-0017164-0-01-004-EN-R-0100-00

VERSION FINALE



Sébastien BDeschênes

Préparé par :

Sébastien Bélanger-Deschênes, M. Sc. Biol.
Professionnel en environnement
Études environnementales et relations avec
les communautés

Michel Belles-Isles

Vérifié par :

Michel Belles-Isles, Ph. D. Ichtyo.
Directeur de projet
Études environnementales et relations avec
les communautés

Équipe de réalisation

Municipalité de Port-Cartier

Chargé de projet	Pierre-Charles April, ing., Service des travaux publics
------------------	---

Englobe Corp.

Chargé de projet	Michel Belles-Isles, Ph. D. Ichtyo.
Spécialiste en faune aquatique	Michel Belles-Isles, Ph. D. Ichtyo.
Biologiste	Sébastien Bélanger-Deschênes, M. Sc. Biol.
Cartographie	Kathy Girard, technicienne
Révision et édition	Julie Korell, spécialiste en révision et en édition, B. A.

Registre des émissions		
N° de révision	Date	Description
0A	23 janvier 2020	Émission du rapport préliminaire
00	17 février 2020	Émission du rapport final

Propriété et confidentialité

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

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

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

Pour toute information complémentaire ou de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec votre chargé de projet. »

Table des matières

1	INTRODUCTION	1
2	IDENTIFICATION DU SITE À L'ÉTUDE	3
3	RECHERCHE DOCUMENTAIRE	7
4	MÉTHODOLOGIE.....	9
5	RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	13
5.1	Granulométrie.....	14
5.2	Faune benthique	14
5.3	Autres observations.....	16
6	CONCLUSION	17
7	RÉFÉRENCES.....	19

Carte

Carte 1	Localisation de la zone d'étude dans son contexte régional	5
Carte 2	Stations d'échantillonnage.....	11

Tableau

Tableau 1	Résultats de l'inventaire	13
Tableau 2	Densité d'organismes benthiques en fonction de la position sur l'étage intertidal.....	15

Annexes

Annexe A	Fiches de terrain
Annexe B	Répertoire photographique

1 Introduction

La municipalité de Port-Cartier désire réaliser un projet de rechargement de la plage des Rochelois, située face à la rue portant le même nom, à l'est de l'embouchure de la rivière aux Rochers. Ce projet consistera à recharger la plage à l'aide des matériaux granulaires grossiers (D50 de 10 à 15 mm).

La berge, à cet endroit, est constituée par une plage sablonneuse traditionnellement utilisée de façon récréative par la population des environs. Cette plage était bordée, en haut de son talus meuble, par une promenade en bois, mais cette infrastructure a été lourdement endommagée par des tempêtes survenues au cours des dernières années. Certains équipements municipaux, tels que certains poteaux d'éclairage, ont également été affectés par l'érosion du talus. Tout juste derrière cette lisière se trouve la rue des Rochelois, un secteur résidentiel. Par conséquent, la rue et les résidences sont menacées par une aggravation de l'érosion si des mesures protectrices ne sont pas entreprises dans des délais raisonnables. En effet, en raison des changements climatiques, il faut également s'attendre à ce que la fréquence et l'intensité des tempêtes pouvant causer une érosion côtière augmentent avec le temps.

Dans ce contexte, avec un désir de conservation de la vocation récréative de la plage des Rochelois, la solution d'une recharge de plage pour lutter contre l'érosion est privilégiée par la municipalité de Port-Cartier. Toutefois, ces travaux sont assujettis à l'obtention, entre autres, d'une autorisation fédérale en vertu de la Loi sur les pêches. À cette fin, le ministère des Pêches et des Océans du Canada demande des informations qui décrivent le milieu existant et sa faune, afin de lui permettre de traiter le dossier. Comme il existe peu d'informations concernant les communautés benthiques locales, la municipalité de Port-Cartier désire obtenir des informations additionnelles concernant la faune benthique à l'endroit des travaux.

Le concept projeté de recharge de plage sera réalisé dans la partie de l'estran correspondant à l'étage médiolittoral qui est régulièrement découvert lors des cycles de marées. Actuellement, aucun relevé détaillé n'existe sur la faune benthique pour ce secteur de rivage. Afin de permettre de répondre aux demandes et aux questions anticipées de la part des autorités fédérales, mais également de la part des autorités provinciales dans le cadre de l'étude d'impact du projet, la municipalité a mandaté Englobe pour qu'elle procède à une caractérisation détaillée de la faune benthique et une description du substrat dans le secteur visé par les travaux de recharge lors d'une campagne de terrain.

Les objectifs de la campagne étaient de :

- ▶ caractériser, en termes de richesse (espèces présentes) et de densité, la faune benthique présente à l'emplacement prévu des travaux et dans les zones périphériques où les sédiments pourront ultérieurement et graduellement se déplacer au gré des tempêtes;
- ▶ décrire visuellement la granulométrie du substrat de la plage et le contexte environnemental du site des travaux.

Ce rapport présente les résultats de cette campagne de terrain. On y retrouve une description sommaire de la zone d'étude, un résumé du contenu de la documentation consultée, une description de la méthode utilisée pour les relevés de terrain, des informations pertinentes observées sur le site à l'étude et leur interprétation ainsi qu'une conclusion.

2 Identification du site à l'étude

Le projet est localisé sur la Côte-Nord à l'intérieur du territoire municipal de Port-Cartier, une ville située dans la municipalité régionale de comté (MRC) de Sept-Rivières, à environ 60 km de route du centre de la ville de Sept-Îles. Il s'agit d'une localité située en bordure de l'estuaire maritime du fleuve Saint-Laurent.

La plage des Rochelois se situe dans la partie sud-est de la municipalité et est parallèle à la rue du même nom. La zone d'étude s'étend sur environ 650 m. La superficie de la recharge de plage de construction recouvrera la plage sableuse actuelle et un peu plus au large, jusqu'à une profondeur d'environ 0 m (NMM) (carte 1). La recharge est délimitée de part et d'autre par une petite pointe rocheuse. D'ailleurs, un épi rocheux submergé sera ajouté à l'extrémité est, afin de prolonger la pointe rocheuse qui aidera à garder le sédiment en place.

Les photographies 1 et 2 de l'annexe B présentent un aperçu du contexte au moment de réaliser les travaux de terrain.

Y:\P-0017164_EIE_PLAGE ROCHELOIS PORT-CARTIER\25_CAD\P0017164_CARTE1_LOCALISATION.DWG



Sources:
Base: Photo aérienne Google Earth 2018
Inventaires: Englobe 2020
Cartographie: Englobe 2020



0 50 100 m
MTM NAD 83, fuseau 6

Ce document est l'œuvre d'Englobe Corp. Toute reproduction, diffusion ou adaptation, partielle ou totale, est strictement prohibée sans avoir préalablement obtenu l'autorisation écrite d'Englobe et de son Client. Aucune information contenue dans ce document ne peut être utilisée par un tiers sans l'autorisation écrite d'Englobe et de son Client. Englobe Corp. se dégage de toute responsabilité pour toute reproduction, diffusion, adaptation ou utilisation non autorisée du document.

Client

Municipalité de Port-Cartier

Projet

Caractérisation de la faune benthique - Projet de recharge de la plage des Rochelois

Port-Cartier, Québec

Titre

Carte 1
Localisation de la zone d'étude

Discipline : Environnement	Préparé par : S.BÉLANGER-DESCHÊNES	Vérifié par : M.BELLES-ISLES
Échelle : 1:5000	Dessiné par : K.GIRARD	Approuvé par : M.BELLES-ISLES
Date : 2019-02-14	No. de la figure : 01	
Mise en page : 0001	Format papier : 11x17	
No. d'enregistrement :		

Resp.	Projet	OTP	Projet/ Disc	Phase/ Type	Réf. élec. / No.Dessin	Rév.
046	P-0017164	0-01-100			0001	01

3 Recherche documentaire

L'analyse de la documentation publique disponible est essentielle à une bonne planification du terrain. Ainsi, une recherche dans les bases de données disponibles telles que celle de l'Observatoire global du Saint-Laurent (OGSL) a été effectuée afin d'établir une liste des espèces benthiques potentiellement présentes dans le secteur de la plage des Rochelois et, plus généralement, dans le secteur de Port-Cartier de manière à faciliter leur identification.

Le domaine benthique marin est subdivisé en deux zones : la zone littorale, qui correspond aux plates-formes littorales, et la zone profonde (bathyale), qui correspond au fond du chenal laurentien. On retrouve quatre étages dans la zone littorale qui sont fonction de la tolérance des végétaux et des animaux benthiques aux facteurs physiques (substrat, glaces, vagues, intensité lumineuse, dessiccation) et biologiques (compétition interspécifique, prédation). L'étage supralittoral se situe au-dessus du niveau des plus hautes mers et n'est atteint que par les embruns. L'étage médiolittoral ou intertidal correspond à la zone qui est soumise à des alternances d'émersion et d'immersion par les marées. L'étage infralittoral se situe sous le niveau des plus basses marées et s'étend jusqu'à la thermocline¹. Enfin, l'étage circalittoral correspond au reste des plates-formes littorales et atteint jusqu'à 200-300 m de profondeur où débute la zone bathyale.

Dans le cadre de la caractérisation de la faune benthique requise pour les fins de la recharge, seul l'étage médiolittoral a été ciblé. Les étages infralittoral et circalittoral ont été négligés, car peu susceptibles d'être atteints de manière significative par les matériaux de la recharge de plage. L'étage supralittoral n'a pas été échantillonné parce qu'il est occupé par un talus dans lequel la faune benthique marine est assurément absente.

Selon une étude déposée au BAPE (CMQC, 2006), un inventaire ayant trouvé 44 taxons d'invertébrés benthiques a déjà été réalisé à proximité de notre zone d'étude, soit au niveau du site de la Minière Québec Cartier, vers 1997. Cette étude avait déterminé qu'un peu plus de la moitié des annélides retrouvés sur place étaient de l'espèce *Capitella capitella*², un ver polychète détritivore normalement abondant lorsque la matière organique l'est également dans les sédiments. À cet endroit, un autre ver détritivore nommé *Scoloplos acutus* est également abondant. À noter que cette communauté particulière d'annélides pourrait toutefois être caractéristique du secteur influencé par l'effluent de la minière et être différente de celle de la plage Rochelois. La même étude relate également les résultats d'une étude de la faune épibenthique compilée entre 1975 et 1984 (secteur Port-Cartier/Sept-Îles). Parmi les macroinvertébrés retrouvés sur des bouées faisant office de station d'échantillonnage, les espèces suivantes ont été retrouvées : *Hiatella arctica*, la moule bleue (*Mytilus edulis*), la balane commune (*Semibalanus balanoides*) et la balane crénelée (*Balanus crenatus*). Les biomasses d'organismes épibenthiques retrouvées dans ce secteur étaient plus importantes que dans tous les autres secteurs de la Côte-Nord. Toujours selon la même source, le secteur de Port-Cartier présente certaines populations de mollusques présentant un intérêt commercial, incluant la moule bleue, la mye commune (*Mya arenaria*) et le buccin commun (*Buccinum undatum*). Sont également mentionnées des observations faites en plongée au niveau du brise-lame qui est face aux installations de la Minière Québec Cartier. Ces études donnent également une idée générale des communautés benthiques qui peuplent l'infralittoral des environs de Port-Cartier. Les organismes invertébrés benthiques dominants sont l'astérie

¹ Couche d'eau où la température change rapidement avec la profondeur

² Après vérification, cette espèce ne semble pas exister. Il s'agit probablement d'une erreur de transcription de *Capitella capitata*

boréale commune (*Asterias rubens*), l'oursin vert (*Strongylocentrotus droebachiensis*), la grande astérie polaire (*Leptasterias polaris*), le soleil de mer épineux (*Crossaster papporus*) et le concombre de mer (*Cucumaria frondosa*). De plus, des anémones (*Metridiidae sp.*), des balanes (*Semibalanus sp.*), des crabes tourteaux (*Cancer irroratus*) et des bernard-l'ermite (*Pagurus sp.*) ont été observés. Ensuite, diverses éponges (*Porifera spp.*) peuplent les eaux peu profondes, incluant les éponges pourpres *Haliclona permollis* et *Halochondria panicea*. En général, la totalité des surfaces dures des eaux côtières de ce secteur est colonisée par des hydrozoaires (*Hydrozoa spp.*) et des bryozoaires (*Bryozoa spp.*) tandis que les fonds vaseux présentent un grand nombre de monceaux de déjections attribuables aux vers arénicoles (*Arenicola marina*). Par endroits, il est aussi possible d'apercevoir des colonies de la pêche de mer (*Halocynthia pyriformis*), un tunicier sessile.

Un rapport technique de Pêches et Océans Canada (Bourdages et coll., 2012), quoiqu'il ne soit pas uniquement spécifique à la région de Port-Cartier, fait état de la distribution des bivalves et gastéropodes benthiques au niveau des côtes de différents secteurs du Saint-Laurent maritime. Le découpage par secteurs inclut la région allant de Pointe-des-Monts à Pointe-Noire. Les résultats pour ce secteur fournissent une bonne idée d'une partie des macroinvertébrés benthiques qui devraient normalement se retrouver dans l'infralittoral et le circalittoral au large de la plage des Rochelois. En plus des bivalves qui ont été mentionnés précédemment, le pitot (*Cyrtodaria siliqua*), le couteau Atlantique (*Ensis directus*), la siliqua costulée (*Siliqua costata*), la mye tronquée (*Mya truncata*), la coque d'Islande (*Ciliatocardium ciliatum ciliatum*), la coque du Groenland (*Serripes groenlandicus*), la mactre de Stimpson (*Mactromeris polynyma*) et la clovisse arctique (*Mesodesma arctarum*) sont probablement présents. Au niveau des mollusques, en plus de ceux mentionnés dans le paragraphe précédent, la lunatie (*Euspira heros*), *buccinum polare*, les littorines (*Littorina spp.*) et les nudibranches (*Nudibranchia spp.*) ont de fortes chances d'être présents.

Plus spécifiquement au niveau du médiolittoral, selon Mousseau et coll. (1997), la moule bleue (*Mytilus edulis*) et le cirripède *Semibalanus balanoides* (la balane) sont les invertébrés sessiles les plus abondants sur les rochers de cet étage. Les autres invertébrés présents sur substrats rocheux sont soit des épiphytes (algues) associés aux fucacées, soit des organismes fouisseurs (vers polychètes, oligochètes et nématodes) qui se développent dans les sédiments accumulés sous ou entre les rochers. Les estrans sableux abritent une faune plus diversifiée; une vingtaine d'espèces macrobenthiques appartenant aux classes des gastéropodes, des bivalves, des polychètes et des crustacés s'y développent. Les gastéropodes *Hydrobia minuta* ainsi que les bivalves *Gemma gemma* et la mye commune sont les plus abondants. Les autres organismes associés à ce type d'habitat sont les bivalves *Macoma balthica*, la moule bleue, les polychètes néréides (*Nereis spp.*) ainsi que les amphipodes *Corophium insidiosum* et *Gammarus spp.*

Parmi ces espèces, plusieurs pourraient se retrouver dans la zone d'étude, soit dans la laisse de mer, soit enfouies dans le sable.

4 Méthodologie

Au total, 20 stations couvrant l'ensemble de l'étage médiolittoral ont été échantillonnées jusqu'à une distance d'environ 75 m de la rive. Les stations ont été réparties de manière à échantillonner l'emplacement prévu des travaux ainsi que la partie inférieure de l'étage médiolittoral, afin de documenter les zones limitrophes où les sédiments pourront ultérieurement et graduellement se déplacer au gré des tempêtes. Quelques stations ont aussi été positionnées aux extrémités, à l'extérieur de l'emplacement prévu de l'ouvrage, de manière à couvrir également les zones les plus susceptibles de recevoir des matériaux par la dérive de plage ou lors des tempêtes. La localisation des stations d'échantillonnage est illustrée sur la carte 2. Les coordonnées géographiques de chacune des stations ont été enregistrées à l'aide d'un GPS de type Garmin (modèle GPSMAP 64st) dont le niveau de précision maximal est de 3 m.

Les stations ont été échantillonnées le 29 novembre 2019. Par rapport au plan d'échantillonnage initial, certaines stations ont été légèrement déplacées pour des raisons de faisabilité (p. ex., station sur un rocher ou prépositionnée trop bas sur l'étage intertidal).

La coordination et la réalisation des travaux de terrain ont été assurées par Sébastien Bélanger-Deschênes (M. Sc., biologiste) sous la supervision et la direction de Michel Belles-Isles (Ph. D., ichtyologiste).

Lors de l'inventaire, la composition granulométrique de chaque quadrat a été évaluée en se référant à un abaque *Sand Gauge*. Ce type de charte permet de déterminer la granulométrie du substrat par comparaison à des échantillons de grains de différentes tailles allant du silt au sable très grossier. Les fractions granulométriques correspondant au gravier et aux cailloux ont été simplement évaluées visuellement. Le pourcentage de chaque classe correspond à une évaluation visuelle de la superficie occupée par chacune. Une photographie du substrat échantillonné à chaque station a été prise.

L'échantillonnage a principalement été effectué lors de la période de marée basse bien que les stations les plus hautes sur l'estran aient été visitées au début de la marée baissante.

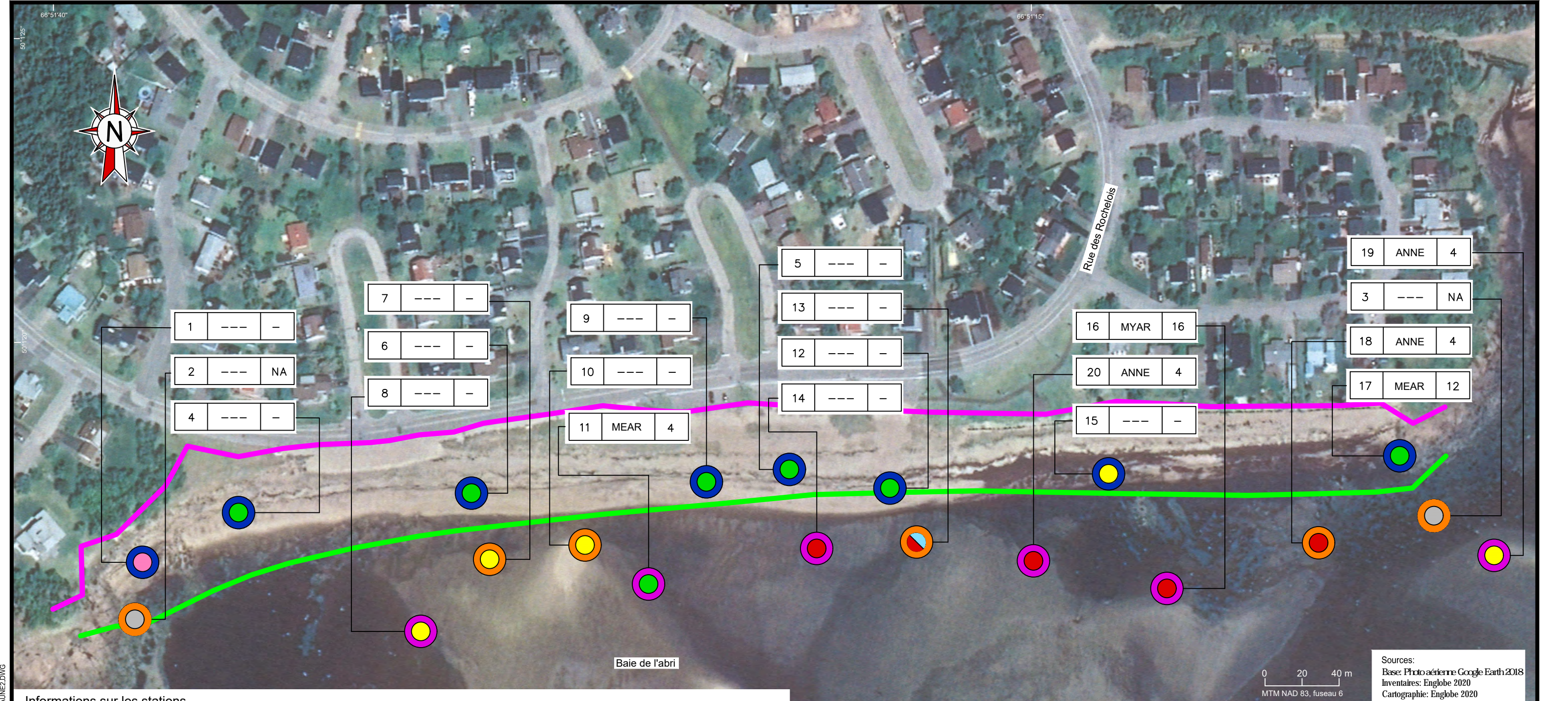
À chaque station, un quadrat circulaire métallique (annexe B, photo 3) d'une superficie de 0,25 m² a été enfoncé dans le substrat. Toute la surface définie par le quadrat a été excavée à l'aide d'une pelle ronde jusqu'à une profondeur de 30 cm. Le substrat, d'un volume de 0,075 m³, a été tamisé sur un grillage métallique dont les mailles sont espacées de 6 mm (annexe B, photo 4). Ce format de tamis permet un prélèvement relativement complet de la macrofaune benthique tout en requérant un effort de tamisage acceptable, surtout lorsque le substrat est particulièrement aggloméré (p. ex., argile marine).

Deux stations (nos 2 et 3) présentaient un substrat de roche. À ces stations, les organismes présents ont été identifiés sur place et photographiés sans être prélevés.

Tous les organismes récoltés dans les stations de substrat meuble ont été mis dans des sacs de type *Ziploc* identifiés avec le numéro de la station et transportés au laboratoire d'Englobe à Baie-Comeau. À cet endroit, les organismes ont été lavés, dénombrés, identifiés et photographiés.

L'ensemble de l'information relative à chaque station a été noté sur des fiches appropriées et est présenté à l'annexe A.

Différentes observations d'intérêts concernant la flore, la faune et les débris retrouvés sur la plage ou dans la laisse de plage en dehors des stations ont aussi été notées et photographiées.



Informations sur les stations

Numéro de la station

19	ANNE	4
----	------	---

Densité (individus/m2)

Organisme

Organismes

ANNE Vers annélide (Annelida sp.)

MEAR Clovisse arctique (Mesodesma arctatum)

MYAR Mye commune (Mya arenaria)

Haut de recharge

Bas de recharge de construction

Étages intertidaux

- Médiolittoral supérieur
- Médiolittoral moyen
- Médiolittoral inférieur

Granulométrie

- Sable très grossier
- Sable grossier
- Sable moyen
- Sable fin
- Sable très fin
- Roche mère

Ce document est l'œuvre d'Englobe Corp. Toute reproduction, diffusion ou adaptation, partielle ou totale, est strictement prohibée sans avoir préalablement obtenu l'autorisation écrite d'Englobe et de son Client. Aucune information contenue dans ce document ne peut être utilisée par un tiers sans l'autorisation écrite d'Englobe et de son Client. Englobe Corp. se dégage de toute responsabilité pour toute reproduction, diffusion, adaptation ou utilisation non autorisée du document.

Client

Municipalité de Port-Cartier

Projet

Caractérisation de la faune benthique - Projet de recharge de la plage des Rochelois

Port-Cartier, Québec

Titre

Carte 2 Stations d'échantillonnage



Discipline : Environnement	Préparé par : S.BÉLANGER-DESCHÈNES	Vérifié par : M.BELLES-ISLES
Échelle : 1:2000	Dessiné par : K.GIRARD	Approuvé par : M.BELLES-ISLES
Date : 2019-02-14	No. de la figure : 01	
Mise en page : 0001	Format papier : 11x17	No. d'enregistrement :
Resp. 046	Projet P-0017164	OTP 0-01-100
Projet/ Disc	Phase/ Type	Réf. élec. / No.Dessin
		Rév. 0001 01

5 Résultats et discussion

Le tableau 1 présente les résultats obtenus dans les 18 stations de substrat meuble lors de l'inventaire de terrain. Les deux stations sur substrat dur n'y sont pas présentées, mais les espèces observées à ces endroits sont mentionnées plus loin dans le texte. La granulométrie est présentée en termes de pourcentage estimé par les différentes classes granulométriques ainsi que le nombre d'organismes capturés de chacune des espèces ou groupes taxonomiques. Les résultats détaillés pour chacune des stations incluant les coquilles vides des mollusques sont présentés à l'annexe A. La carte 2 présente également les résultats. La granulométrie du substrat y est présentée sous forme de la classe de particules dominante (la plus abondante) alors que les résultats des macroinvertébrés benthiques sont présentés en termes de nombre de captures pour chacune des stations.

Tableau 1 Résultats de l'inventaire

Station	Granulométrie ¹ (%)								Faune benthique (nombre de captures vivantes) ²			Étage ³		
	C	G	S _{lg}	S _g	S _m	S _f	S _{tr}	Li/Ar	MYAR	MEAR	ANNE	S	M	I
1	10	15	50	20	2	2	1	0	0	0	0	X		
4	5	5	10	70	5	5	0	0	0	0	0	X		
5	0	0	5	80	10	5	0	0	0	0	0	X		
6	0	2	18	70	10	0	0	0	0	0	0	X		
7	0	0	1	4	80	10	4	1	0	0	0		X	
8	0	2	3	30	50	10	5	0	0	0	0			X
9	0	1	19	50	25	4	1	0	0	0	0	X		
10	0	1	2	17	70	5	4	1	0	0	0		X	
11	0	2	13	75	5	5	0	0	0	1	0			X
12	0	5	15	70	5	5	0	0	0	0	0	X		
13	0	2	0	0	16	40	40	2	0	0	0		X	
14	0	1	1	1	5	40	50	2	0	0	0		X	
15	0	2	3	35	40	15	4	1	0	0	0	X		
16	0	0	0	0	0	30	60	10	4	0	0			X
17	0	2	28	60	5	3	2	0	0	3	0		X	
18	0	0	0	0	0	30	60	10	0	0	1			X
19	0	0	0	5	70	15	10	0	0	0	1			X
20	0	0	0	0	5	40	50	5	0	0	1			X
Total									4	4	3			
Moyenne	0,8	2,2	9,3	33	22,4	14,7	16	1,78						

¹ Granulométrie, C : caillou (40-80 mm); G : gravier (2-40 mm); S_{lg} : sable très grossier (1-2 mm); S_g : sable grossier (0,5-1,0 mm); S_m : sable moyen (0,25-0,50 mm); S_f : sable fin (0,125-0,250 mm); S_{tr} : sable très fin (0,0625-0,125 mm), Li/Ar : limon et argile (<0,0625 mm).

² Code des espèces : MYAR : Mye commune; MEAR : Mésodesme arctique; ANNE : Vers annélides.

³ Étage : S : médiolittoral supérieur; M : médiolittoral moyen; I : médiolittoral inférieur.

5.1 Granulométrie

La granulométrie de la zone d'étude est dominée par le sable grossier avec une sous-dominance de sable moyen. En général, la granulométrie du médiolittoral supérieur est plus grossière que celle des deux autres sous-étages inférieurs (médiolittoral moyen et inférieur). Dans ces derniers, on observe surtout des dominances de granulométrie plus fines, soit par des sables moyens, fins et très fins.

5.2 Faune benthique

Un total de six taxons d'invertébrés benthiques a été capturé vivant dans les sédiments ou sur les rochers de l'estran de la zone d'étude lors de la campagne de terrain. Il s'agit de la mye commune (*Mya arenaria*), la clovisse arctique (*Mesodesma arctarum*), et deux espèces de vers annélides, (dont le ver *Nereis virens*) dans les 18 stations de substrat meuble.

Dans les deux stations sur roche, la balane (*Balanus sp.*) et de la littorine commune d'Europe (*Littorina littorea*) ont été observées. Sur ce point, la photo 5 de l'annexe B présente une communauté typiquement observable sur les rochers de cet estran; dans la catégorie des macroinvertébrés benthiques, on observe principalement des balanes et des littorines.

Trois taxons supplémentaires d'invertébrés ont été retrouvés sur les stations, mais exclusivement sous la forme de coquilles vides ou de débris de carapace. Il s'agit de la moule bleue (*Mytilus edulis*), du couteau de mer (*Ensis directus*) et du crabe tourteau (*Cancer irroratus*). De plus, lors de la campagne de terrain, une attention spéciale était portée aux restes d'animaux morts se trouvant dans la laisse de mer, mais aucun taxon supplémentaire n'a été identifié grâce à cette méthode (exemple d'organismes sur la photo 6 de l'annexe B). Ainsi, la campagne terrain a permis d'identifier neuf taxons d'invertébrés benthiques dans la zone d'étude.

Le tableau 2 présente exclusivement la densité des trois taxons d'invertébrés retrouvés vivants aux stations d'échantillonnage, et ce, en fonction de trois positions sur l'étage médiolittoral : supérieur, moyen et inférieur.

Tableau 2 Densité d'organismes benthiques en fonction de la position sur l'étage intertidal

Densité de la faune benthique (individus/m ²)			
	MYAR	MEAR	ANNE
Moyenne globale			
Moyenne	0,9	0,9	0,7
Écart-type	3,8	2,9	1,5
NB ¹	18,0	18,0	18,0
I.C. ²	1,7	1,4	0,7
Médiolittoral supérieur			
Moyenne	0,0	0,0	0,0
Écart-type	0,0	0,0	0,0
NB	7,0	7,0	7,0
I.C.	-	-	-
Médiolittoral moyen			
Moyenne	0,0	2,4	0,0
Écart-type	0,0	5,4	0,0
NB	5,0	5,0	5,0
I.C.	-	4,7	-
Médiolittoral inférieur			
Moyenne	2,7	0,7	2,0
Écart-type	6,5	1,6	2,2
NB	6,0	6,0	6,0
I.C.	5,2	1,3	1,8

¹ Nombre (NB)

² Intervalle de confiance (I.C.)

Globalement, les données de densité indiquent une faible densité des organismes benthiques. La biodiversité et de la densité des organismes augmentent cependant au fur et à mesure que l'on descend du haut vers le bas de l'estran. En effet, dans le **médiolittoral supérieur** (correspondant à la zone recouverte par la recharge de plage de construction), aucun invertébré benthique n'a été retrouvé vivant alors que quelques organismes benthiques apparaissent au niveau du **médiolittoral moyen** (situé en périphérie de la recharge de plage). Seule la clovisse arctique a été échantillonnée sur ce sous-étage (2,4 individus/m²). Enfin, c'est au niveau du **médiolittoral inférieur** (situé à distance des effets de la recharge de plage), où la diversité et la densité des organismes sont les plus importantes. Trois taxons ont été identifiés, soit les myes communes (2,7 individus/m²), la clovisse arctique (0,7 individu/m²) et les annélides (2,0 individus/m²).

En somme, on peut affirmer que la diversité et la densité d'organismes benthiques de la zone d'étude sont faibles en comparaison à ce que l'on observe généralement sur la Côte-Nord ainsi que dans les étages plus bas (c.-à-d. dans l'infralittoral). À titre comparatif, les myes ont été retrouvées à une densité maximale de 2,7 individus/m² dans le médiolittoral inférieur de la plage des Rochelois tandis qu'elle se situe à plus de 40 individus/m² dans les secteurs les plus concentrés du banc de Pointe-aux-Outardes et plus de 100 individus/m² dans celui de Betsiamites (MDDELCC, 2013). De plus, les quelques myes qui ont été capturées étaient généralement de très petite taille.

Globalement, on peut affirmer que le médiolittoral supérieur et moyen de la plage des Rochelois représente un habitat de faible qualité pour les invertébrés benthiques. En général, ces sous-étages sont davantage utilisés, par une faune invertébrée de plus petite taille qui tire principalement son alimentation de la laisse de mer lors des périodes marée basse. Les puces de mer (*Talitrus sp.*) ainsi que diverses mouches (*Diptera*) sont parmi les principaux groupes d'invertébrés détritvovres ou phytophages qui s'alimentent sur place. La période d'échantillonnage de la présente étude n'était pas favorable à l'observation de ces organismes. De façon générale, le médiolittoral sablonneux du Québec maritime est connu comme étant un environnement largement désert, hormis dans sa partie la plus basse (Mousseau et coll., 1997). Tel que mentionné précédemment, c'est au niveau du sous-étage inférieur que l'on voit apparaître une qualité d'habitat permettant la vie d'organismes invertébrés endobenthiques vivant enfouis dans les sédiments. En somme, les animaux du médiolittoral inférieur sont généralement à la marge extérieure de leur domaine vital; c'est-à-dire que leurs populations s'étendent vers les zones constamment submergées.

5.3 Autres observations

Afin de fournir des données complémentaires, certaines informations concernant la végétation ont été colligées lors des travaux de terrain. Les rochers de la zone d'étude qui se situaient dans le médiolittoral inférieur présentaient quelques groupements algaux dominés par le fucus vésiculeux (*Fucus vesiculosus*; voir photo 7 de l'annexe B), mais comprenaient également une autre espèce d'algue brune plutôt filamenteuse (annexe B, photo 6), en plus de quelques laitues de mer (*Ulva sp.*). Dans le secteur le plus à l'est de la zone d'étude, soit aux environs de la station 18, plusieurs petits herbiers de zostère marine (*Zostera marina*) ont également été observés à l'intérieur de marelles (annexe B, photo 8). Les superficies impliquées sont cependant très réduites.

Concernant les débris organiques qui étaient observables dans la laisse de mer, ils étaient majoritairement composés d'algues diverses, mais également de coquilles de bivalves ainsi qu'une certaine quantité de matière ligneuse non identifiée. Sur ce plan, la quantité de matière ligneuse était maximale dans le médiolittoral supérieur (annexe B, photo 9).

À propos des déchets et matériaux de nature anthropique, ils étaient présents comme attendu à proximité d'un milieu urbain, mais relativement peu nombreux sur l'estran de la zone d'étude, surtout en comparaison à d'autres plages de la région également affectées par une érosion rapide. Cela est certainement dû au fait que les terrains résidentiels ne sont pas encore atteints par l'érosion auquel cas, la quantité de débris devient notable sur l'estran.

6 Conclusion

Englobe Corp. a été mandatée par la municipalité de Port-Cartier afin de réaliser une caractérisation de la faune benthique dans le secteur visé par les travaux de recharge de la plage des Rochelois, située face à la rue du même nom, tout juste à l'est de l'embouchure de la rivière aux Rochers.

L'inventaire de terrain a été réalisé le 29 novembre 2019 à marée basse par une équipe de deux personnes. Vingt stations ont été échantillonnées afin de caractériser le substrat ainsi que la faune benthique de l'ensemble de l'étage médiolittoral (supérieur, moyen et inférieur) sur une longueur d'environ 700 m.

L'analyse des résultats d'inventaire indique que la portion inventoriée de la plage est constituée en grande majorité de sable grossier avec une sous-dominance par le sable moyen. Toutefois, les stations qui sont dans les sous étages les plus bas présentent une granulométrie généralement plus fine. À certaines stations, on observe donc plutôt une dominance de sable moyen, fin ou même très fin.

Six taxons d'invertébrés benthiques vivants (quatre dans les stations de substrat sableux et deux aux stations de substrat rocheux) ont été inventoriés au total, en plus de trois taxons identifiés à partir de coquillages vides ou de débris de carapace, portant ainsi le total de l'inventaire à neuf taxons. Plusieurs petites plaques de zostère marine (*Zostera marina*) ont également été observées. Les deux espèces dominantes présentaient une densité moyenne globale relativement faible. Il s'agit de la mye commune (0,9 individu/m²) et de la clovisse arctique (0,9 individu/m²).

7 Références

- BOURDAGES, H., P. GOUDREAU, J. LAMBERT, L. LANDRY ET C. NOZÈRES. 2012. *Distribution des bivalves et gastéropodes benthiques dans les zones infralittorale et circalittorale des côtes de l'estuaire et du nord du golfe Saint-Laurent*. Rapp. Tech. can. sci. halieut. aquat. 3004 : iv + 103 p.
- COMPAGNIE MINIÈRE QUÉBEC CARTIER (CMQC). 2006. *Étude d'impact sur l'environnement – Réhabilitation du brise-lames à l'entrée du port de mer de la Compagnie minière Québec Cartier*. Rapport remis au Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. B105057. iiv + 102 p.
- Ministère du Développement durable de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). 2013. Réserve aquatique projetée de Manicouagan - Plan de conservation. Document consulté en ligne le 7 janvier 2020. <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/biodiversite/aquatique/manicouagan/plan-conservation.pdf>
- MOUSSEAU, P., M. GAGNON, P. BERGERON, J. LEBLANC ET R. SIRON. 1997. *Synthèse des connaissances sur les communautés biologiques du golfe du Saint-Laurent et de la baie des Chaleurs*. Ministère des Pêches et des Océans — Région Laurentienne, Division des sciences de l'environnement marin, Institut Maurice-Lamontagne et Environnement Canada — Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent. Rapport technique. Zones d'intervention prioritaires 19, 20 et 21, 437 p.

Annexe A Fiches de terrain

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0017164	Date :	2019/11/29
Lieu :	Plage Rochelois, Port-Cartier	Heure :	11:50
# Station :	Ro-1	Météo :	Nuageux, -6°C, vent N-NE de 22 km/h

# Pt GPS :	75	Lat. :	50,021045
# Photos :	605-606	Long. :	-66,860681

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre		# Photo	Note
	Vivant	Mort (C/M)		
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)		1	626	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)		2	626	
Crabe tourteau (<i>Cancer pagurus</i>)		1	626	

***Définitions et abréviations :** vivant = individu entier capturé vivant; C = coquilles vides d'individus morts; pour les bivalves, chaque valve compte pour une coquille; M = muraille vide de balane morte

Granulométrie

Taille

- ☒ Cailloux (20-200 mm) 10 %
- ☒ Gravier (2-20 mm) 15 %
- ☒ Sable très grossier (1-2 mm) 50 %
- ☒ Sable grossier (0,5-1 mm) 20 %
- ☒ Sable moyen (0,25-0,5 mm) 02 %
- ☒ Sable fin (0,125-0,25 mm) 02 %
- ☒ Sable très fin (0,063-0,125 mm) 01 %
- ☐ Silt (limon et argile <63µm) ___ %

Forme

- ☐ Bien arrondi (*well rounded*)
- ☒ Subarrondi (*sub-rounded*)
- ☐ Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0017164	Date :	2019/11/29
Lieu :	Plage Rochelois, Port-Cartier	Heure :	11:58
# Station :	Ro-2	Météo :	Nuageux, -6°C, vent N-NE de 22 km/h

# Pt GPS :	76	Lat. :	50,020768
# Photos :	607-608	Long. :	-66,860743

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre		# Photo	Note
	Vivant	Mort (C/M)		

***Définitions et abréviations :** vivant = individu entier capturé vivant; C = coquilles vides d'individus morts; pour les bivalves, chaque valve compte pour une coquille; M = muraille vide de balane morte

Granulométrie

Taille

- ☐ Cailloux (20-200 mm) ___ %
☐ Gravier (2-20 mm) ___ %
☐ Sable très grossier (1-2 mm) ___ %
☐ Sable grossier (0,5-1 mm) ___ %
☐ Sable moyen (0,25-0,5 mm) ___ %
☐ Sable fin (0,125-0,25 mm) ___ %
☐ Sable très fin (0,063-0,125 mm) ___ %
☐ Silt (limon et argile <63µm) ___ %

Forme

- ☐ Bien arrondi (*well rounded*)
☒ Subarrondi (*sub-rounded*)
☐ Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Granulométrie : 100% roche-mère. Aucun organisme dans le quadrat, mais plusieurs balanes sont présentes aux alentours, un peu plus bas sur l'étage intertidal

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0017164	Date :	2019/11/29
Lieu :	Plage Rochelois, Port-Cartier	Heure :	10:08
# Station :	Ro-3	Météo :	Nuageux, -6°C, vent N-NE de 22 km/h

# Pt GPS :	69	Lat. :	50,021217
# Photos :	589-590-591-592-593-594	Long. :	-66,850952

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre		# Photo	Note
	Vivant	Mort (C/M)		
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	11		627	
Balane sp. (<i>Balanus sp.</i>)	3		627	
Littorine commune d'Europe (<i>Littorina littorea</i>)	6		627	
Fucus vésiculeux (<i>Fucus vesiculosus</i>)	1		627	

***Définitions et abréviations :** vivant = individu entier capturé vivant; C = coquilles vides d'individus morts; pour les bivalves, chaque valve compte pour une coquille; M = muraille vide de balane morte

Granulométrie

Taille

- ☐ Cailloux (20-200 mm) ___ %
- ☐ Graviers (2-20 mm) ___ %
- ☐ Sable très grossier (1-2 mm) ___ %
- ☐ Sable grossier (0,5-1 mm) ___ %
- ☐ Sable moyen (0,25-0,5 mm) ___ %
- ☐ Sable fin (0,125-0,25 mm) ___ %
- ☐ Sable très fin (0,063-0,125 mm) ___ %
- ☐ Silt (limon et argile <63µm) ___ %

Forme

- ☐ Bien arrondi (*well rounded*)
- ☒ Subarrondi (*sub-rounded*)
- ☐ Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Granulométrie : 100% bloc. Les dénombrements sur cette fiche correspondent au nombre d'organismes prélevés et non pas à la totalité des individus présents sur le bloc. Présence d'une grande quantité de moules bleues juvéniles, de littorines et de balanes.

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0017164	Date :	2019/11/29
Lieu :	Plage Rochelois, Port-Cartier	Heure :	12:07
# Station :	Ro-4	Météo :	Nuageux, -6°C, vent N-NE de 22 km/h

# Pt GPS :	77	Lat. :	50,021282
# Photos :	611-612	Long. :	-66,859955

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre		# Photo	Note
	Vivant	Mort (C/M)		
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)		4	628	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)		1	628	

***Définitions et abréviations :** vivant = individu entier capturé vivant; C = coquilles vides d'individus morts; pour les bivalves, chaque valve compte pour une coquille; M = muraille vide de balane morte

Granulométrie

Taille

- ☒ Cailloux (20-200 mm) 05 %
- ☒ Gravier (2-20 mm) 05 %
- ☒ Sable très grossier (1-2 mm) 10 %
- ☒ Sable grossier (0,5-1 mm) 70 %
- ☒ Sable moyen (0,25-0,5 mm) 05 %
- ☒ Sable fin (0,125-0,25 mm) 05 %
- ☐ Sable très fin (0,063-0,125 mm) ___ %
- ☐ Silt (limon et argile <63µm) ___ %

Forme

- ☐ Bien arrondi (*well rounded*)
- ☒ Subarrondi (*sub-rounded*)
- ☐ Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0017164	Date :	2019/11/29
Lieu :	Plage Rochelois, Port-Cartier	Heure :	13:18
# Station :	Ro-5	Météo :	Nuageux, -6°C, vent N-NE de 22 km/h

# Pt GPS :	83	Lat. :	50,021469
# Photos :	623-624	Long. :	-66,855803

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre		# Photo	Note
	Vivant	Mort (C/M)		

***Définitions et abréviations :** vivant = individu entier capturé vivant; C = coquilles vides d'individus morts; pour les bivalves, chaque valve compte pour une coquille; M = muraille vide de balane morte

Granulométrie

Taille

- ☐ Cailloux (20-200 mm) ___ %
☐ Gravier (2-20 mm) ___ %
☒ Sable très grossier (1-2 mm) 05 %
☒ Sable grossier (0,5-1 mm) 80 %
☒ Sable moyen (0,25-0,5 mm) 10 %
☒ Sable fin (0,125-0,25 mm) 05 %
☐ Sable très fin (0,063-0,125 mm) ___ %
☐ Silt (limon et argile <63µm) ___ %

Forme

- ☐ Bien arrondi (*well rounded*)
☒ Subarrondi (*sub-rounded*)
☐ Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Aucun organisme dans le quadrat. Présence de beaucoup de débris ligneux.

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0017164	Date :	2019/11/29
Lieu :	Plage Rochelois, Port-Cartier	Heure :	12:19
# Station :	Ro-6	Météo :	Nuageux, -6°C, vent N-NE de 22 km/h

# Pt GPS :	78	Lat. :	50,021367
# Photos :	613-614	Long. :	-66,858199

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre		# Photo	Note
	Vivant	Mort (C/M)		
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)		6	629	

***Définitions et abréviations :** vivant = individu entier capturé vivant; C = coquilles vides d'individus morts; pour les bivalves, chaque valve compte pour une coquille; M = muraille vide de balane morte

Granulométrie

Taille

- ☐ Cailloux (20-200 mm) ___ %
☒ Gravier (2-20 mm) 02 %
☒ Sable très grossier (1-2 mm) 18 %
☒ Sable grossier (0,5-1 mm) 70 %
☒ Sable moyen (0,25-0,5 mm) 10 %
☐ Sable fin (0,125-0,25 mm) ___ %
☐ Sable très fin (0,063-0,125 mm) ___ %
☐ Silt (limon et argile <63µm) ___ %

Forme

- ☐ Bien arrondi (*well rounded*)
☒ Subarrondi (*sub-rounded*)
☐ Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0017164	Date :	2019/11/29
Lieu :	Plage Rochelois, Port-Cartier	Heure :	11:08
# Station :	Ro-7	Météo :	Nuageux, -6°C, vent N-NE de 22 km/h

# Pt GPS :	74	Lat. :	50,021045
# Photos :	603-604	Long. :	-66,858067

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre		# Photo	Note
	Vivant	Mort (C/M)		
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)		3	630	

***Définitions et abréviations :** vivant = individu entier capturé vivant; C = coquilles vides d'individus morts; pour les bivalves, chaque valve compte pour une coquille; M = muraille vide de balane morte

Granulométrie

Taille

- ☐ Cailloux (20-200 mm) ___ %
☐ Gravier (2-20 mm) ___ %
☒ Sable très grossier (1-2 mm) 01 %
☒ Sable grossier (0,5-1 mm) 04 %
☒ Sable moyen (0,25-0,5 mm) 80 %
☒ Sable fin (0,125-0,25 mm) 10 %
☒ Sable très fin (0,063-0,125 mm) 04 %
☒ Silt (limon et argile <63µm) 01 %

Forme

- ☐ Bien arrondi (*well rounded*)
☒ Subarrondi (*sub-rounded*)
☐ Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0017164	Date :	2019/11/29
Lieu :	Plage Rochelois, Port-Cartier	Heure :	9:02
# Station :	Ro-8	Météo :	Nuageux, -6°C, vent N-NE de 22 km/h

# Pt GPS :	64	Lat. :	50,020698
# Photos :	572-573	Long. :	-66,85859

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre		# Photo	Note
	Vivant	Mort (C/M)		
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctarum</i>)		25	631	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)		4	631	

***Définitions et abréviations :** vivant = individu entier capturé vivant; C = coquilles vides d'individus morts; pour les bivalves, chaque valve compte pour une coquille; M = muraille vide de balane morte

Granulométrie

Taille

- ☐ Cailloux (20-200 mm) ___ %
☒ Gravier (2-20 mm) 02 %
☒ Sable très grossier (1-2 mm) 03 %
☒ Sable grossier (0,5-1 mm) 30 %
☒ Sable moyen (0,25-0,5 mm) 50 %
☒ Sable fin (0,125-0,25 mm) 10 %
☒ Sable très fin (0,063-0,125 mm) 05 %
☐ Silt (limon et argile <63µm) ___ %

Forme

- ☐ Bien arrondi (*well rounded*)
☒ Subarrondi (*sub-rounded*)
☐ Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0017164	Date :	2019/11/29
Lieu :	Plage Rochelois, Port-Cartier	Heure :	12:29
# Station :	Ro-9	Météo :	Nuageux, -6°C, vent N-NE de 22 km/h

# Pt GPS :	79	Lat. :	50,021412
# Photos :	615-616	Long. :	-66,856429

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre		# Photo	Note
	Vivant	Mort (C/M)		
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)		3	632	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)		1	632	

***Définitions et abréviations :** vivant = individu entier capturé vivant; C = coquilles vides d'individus morts; pour les bivalves, chaque valve compte pour une coquille; M = muraille vide de balane morte

Granulométrie

Taille

- ☐ Cailloux (20-200 mm) ___ %
☒ Gravier (2-20 mm) 01 %
☒ Sable très grossier (1-2 mm) 19 %
☒ Sable grossier (0,5-1 mm) 50 %
☒ Sable moyen (0,25-0,5 mm) 25 %
☒ Sable fin (0,125-0,25 mm) 04 %
☒ Sable très fin (0,063-0,125 mm) 01 %
☐ Silt (limon et argile <63µm) ___ %

Forme

- ☐ Bien arrondi (*well rounded*)
☒ Subarrondi (*sub-rounded*)
☐ Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0017164	Date :	2019/11/29
Lieu :	Plage Rochelois, Port-Cartier	Heure :	10:59
# Station :	Ro-10	Météo :	Nuageux, -6°C, vent N-NE de 22 km/h

# Pt GPS :	73	Lat. :	50,02111
# Photos :	601-602	Long. :	-66,857347

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre		# Photo	Note
	Vivant	Mort (C/M)		
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)		8	633	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)		1	633	

***Définitions et abréviations :** vivant = individu entier capturé vivant; C = coquilles vides d'individus morts; pour les bivalves, chaque valve compte pour une coquille; M = muraille vide de balane morte

Granulométrie

Taille

- ☐ Cailloux (20-200 mm) ___ %
☒ Gravier (2-20 mm) 01 %
☒ Sable très grossier (1-2 mm) 02 %
☒ Sable grossier (0,5-1 mm) 17 %
☒ Sable moyen (0,25-0,5 mm) 70 %
☒ Sable fin (0,125-0,25 mm) 05 %
☒ Sable très fin (0,063-0,125 mm) 04 %
☒ Silt (limon et argile <63µm) 01 %

Forme

- ☐ Bien arrondi (*well rounded*)
☒ Subarrondi (*sub-rounded*)
☐ Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0017164	Date :	2019/11/29
Lieu :	Plage Rochelois, Port-Cartier	Heure :	9:17
# Station :	Ro-11	Météo :	Nuageux, -6°C, vent N-NE de 22 km/h

# Pt GPS :	65	Lat. :	50,020918
# Photos :	574-575	Long. :	-66,856871

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre		# Photo	Note
	Vivant	Mort (C/M)		
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)	1	22	634	

***Définitions et abréviations** : vivant = individu entier capturé vivant; C = coquilles vides d'individus morts; pour les bivalves, chaque valve compte pour une coquille; M = muraille vide de balane morte

Granulométrie

Taille

- ☐ Cailloux (20-200 mm) ___ %
☒ Gravier (2-20 mm) 02 %
☒ Sable très grossier (1-2 mm) 13 %
☒ Sable grossier (0,5-1 mm) 75 %
☒ Sable moyen (0,25-0,5 mm) 05 %
☒ Sable fin (0,125-0,25 mm) 05 %
☐ Sable très fin (0,063-0,125 mm) ___ %
☐ Silt (limon et argile <63µm) ___ %

Forme

- ☐ Bien arrondi (*well rounded*)
☒ Subarrondi (*sub-rounded*)
☐ Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0017164	Date :	2019/11/29
Lieu :	Plage Rochelois, Port-Cartier	Heure :	12:39
# Station :	Ro-12	Météo :	Nuageux, -6°C, vent N-NE de 22 km/h

# Pt GPS :	80	Lat. :	50,021374
# Photos :	617-618	Long. :	-66,855047

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre		# Photo	Note
	Vivant	Mort (C/M)		
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)		2	635	

***Définitions et abréviations :** vivant = individu entier capturé vivant; C = coquilles vides d'individus morts; pour les bivalves, chaque valve compte pour une coquille; M = muraille vide de balane morte

Granulométrie

Taille

- ☐ Cailloux (20-200 mm) ___ %
☒ Gravier (2-20 mm) 05 %
☒ Sable très grossier (1-2 mm) 15 %
☒ Sable grossier (0,5-1 mm) 70 %
☒ Sable moyen (0,25-0,5 mm) 05 %
☒ Sable fin (0,125-0,25 mm) 05 %
☐ Sable très fin (0,063-0,125 mm) ___ %
☐ Silt (limon et argile <63µm) ___ %

Forme

- ☐ Bien arrondi (*well rounded*)
☒ Subarrondi (*sub-rounded*)
☐ Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0017164	Date :	2019/11/29
Lieu :	Plage Rochelois, Port-Cartier	Heure :	10:48
# Station :	Ro-13	Météo :	Nuageux, -6°C, vent N-NE de 22 km/h

# Pt GPS :	72	Lat. :	50,021111
# Photos :	599-600	Long. :	-66,85485

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre		# Photo	Note
	Vivant	Mort (C/M)		
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)		11	636	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)		4	636	
Algue calcaire encroûtante		1	636	

***Définitions et abréviations :** vivant = individu entier capturé vivant; C = coquilles vides d'individus morts; pour les bivalves, chaque valve compte pour une coquille; M = muraille vide de balane morte

Granulométrie

Taille

- ☐ Cailloux (20-200 mm) ___ %
☒ Gravier (2-20 mm) 02 %
☐ Sable très grossier (1-2 mm) ___ %
☐ Sable grossier (0,5-1 mm) ___ %
☒ Sable moyen (0,25-0,5 mm) 16 %
☒ Sable fin (0,125-0,25 mm) 40 %
☒ Sable très fin (0,063-0,125 mm) 40 %
☒ Silt (limon et argile <63µm) 02 %

Forme

- ☐ Bien arrondi (*well rounded*)
☒ Subarrondi (*sub-rounded*)
☐ Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0017164	Date :	2019/11/29
Lieu :	Plage Rochelois, Port-Cartier	Heure :	9:29
# Station :	Ro-14	Météo :	Nuageux, -6°C, vent N-NE de 22 km/h

# Pt GPS :	66	Lat. :	50,021084
# Photos :	576-577	Long. :	-66,855602

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre		# Photo	Note
	Vivant	Mort (C/M)		
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)		14	637	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)		6	637	

***Définitions et abréviations :** vivant = individu entier capturé vivant; C = coquilles vides d'individus morts; pour les bivalves, chaque valve compte pour une coquille; M = muraille vide de balane morte

Granulométrie

Taille

- ☐ Cailloux (20-200 mm) ___ %
- ☒ Graviers (2-20 mm) 01 %
- ☒ Sable très grossier (1-2 mm) 01 %
- ☒ Sable grossier (0,5-1 mm) 01 %
- ☒ Sable moyen (0,25-0,5 mm) 05 %
- ☒ Sable fin (0,125-0,25 mm) 40 %
- ☒ Sable très fin (0,063-0,125 mm) 50 %
- ☒ Silt (limon et argile <63µm) 02 %

Forme

- ☐ Bien arrondi (*well rounded*)
- ☒ Subarrondi (*sub-rounded*)
- ☐ Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Station dégagant la plus forte odeur de décomposition lors de l'échantillonnage.

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0017164	Date :	2019/11/29
Lieu :	Plage Rochelois, Port-Cartier	Heure :	12:48
# Station :	Ro-15	Météo :	Nuageux, -6°C, vent N-NE de 22 km/h

# Pt GPS :	81	Lat. :	50,021435
# Photos :	619-620	Long. :	-66,853399

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre		# Photo	Note
	Vivant	Mort (C/M)		
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)		1	638	

***Définitions et abréviations :** vivant = individu entier capturé vivant; C = coquilles vides d'individus morts; pour les bivalves, chaque valve compte pour une coquille; M = muraille vide de balane morte

Granulométrie

Taille

- ☐ Cailloux (20-200 mm) ___ %
☒ Gravier (2-20 mm) 02 %
☒ Sable très grossier (1-2 mm) 03 %
☒ Sable grossier (0,5-1 mm) 35 %
☒ Sable moyen (0,25-0,5 mm) 40 %
☒ Sable fin (0,125-0,25 mm) 15 %
☒ Sable très fin (0,063-0,125 mm) 04 %
☒ Silt (limon et argile <63µm) 01 %

Forme

- ☐ Bien arrondi (*well rounded*)
☒ Subarrondi (*sub-rounded*)
☐ Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0017164	Date :	2019/11/29
Lieu :	Plage Rochelois, Port-Cartier	Heure :	10:36
# Station :	Ro-16	Météo :	Nuageux, -6°C, vent N-NE de 22 km/h

# Pt GPS :	71	Lat. :	50,020875
# Photos :	597-598	Long. :	-66,852967

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre		# Photo	Note
	Vivant	Mort (C/M)		
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)	4	1	639	
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)		2	639	

***Définitions et abréviations :** vivant = individu entier capturé vivant; C = coquilles vides d'individus morts; pour les bivalves, chaque valve compte pour une coquille; M = muraille vide de balane morte

Granulométrie

Taille

- ☐ Cailloux (20-200 mm) ___ %
☐ Gravier (2-20 mm) ___ %
☐ Sable très grossier (1-2 mm) ___ %
☐ Sable grossier (0,5-1 mm) ___ %
☐ Sable moyen (0,25-0,5 mm) ___ %
☒ Sable fin (0,125-0,25 mm) 30 %
☒ Sable très fin (0,063-0,125 mm) 60 %
☒ Silt (limon et argile <63µm) 10 %

Forme

- ☐ Bien arrondi (*well rounded*)
☒ Subarrondi (*sub-rounded*)
☐ Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0017164	Date :	2019/11/29
Lieu :	Plage Rochelois, Port-Cartier	Heure :	13:02
# Station :	Ro-17	Météo :	Nuageux, -6°C, vent N-NE de 22 km/h

# Pt GPS :	82	Lat. :	50,021509
# Photos :	621-622	Long. :	-66,851205

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre		# Photo	Note
	Vivant	Mort (C/M)		
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)		2	640	
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)	3	39	640-641	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)		13	640	
Algue calcaire encroûtante (<i>Corralines sp.</i>)		7	640	
Crabe tourteau (<i>Cancer pagurus</i>)		1	640	

***Définitions et abréviations :** vivant = individu entier capturé vivant; C = coquilles vides d'individus morts; pour les bivalves, chaque valve compte pour une coquille; M = muraille vide de balane morte

Granulométrie

Taille

- ☐ Cailloux (20-200 mm) ___ %
☒ Gravier (2-20 mm) 02 %
☒ Sable très grossier (1-2 mm) 28 %
☒ Sable grossier (0,5-1 mm) 60 %
☒ Sable moyen (0,25-0,5 mm) 05 %
☒ Sable fin (0,125-0,25 mm) 03 %
☒ Sable très fin (0,063-0,125 mm) 02 %
☐ Silt (limon et argile <63µm) ___ %

Forme

- ☐ Bien arrondi (*well rounded*)
☒ Subarrondi (*sub-rounded*)
☐ Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0017164	Date :	2019/11/29
Lieu :	Plage Rochelois, Port-Cartier	Heure :	10:23
# Station :	Ro-18	Météo :	Nuageux, -6°C, vent N-NE de 22 km/h

# Pt GPS :	70	Lat. :	50,02109
# Photos :	595-596	Long. :	-66,851822

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre		# Photo	Note
	Vivant	Mort (C/M)		
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)		5	642	
Néréis (<i>Alitta virens</i>) ♂	1		642-644	

***Définitions et abréviations :** vivant = individu entier capturé vivant; C = coquilles vides d'individus morts; pour les bivalves, chaque valve compte pour une coquille; M = muraille vide de balane morte

Granulométrie

Taille

- ☐ Cailloux (20-200 mm) ___ %
☐ Gravier (2-20 mm) ___ %
☐ Sable très grossier (1-2 mm) ___ %
☐ Sable grossier (0,5-1 mm) ___ %
☐ Sable moyen (0,25-0,5 mm) ___ %
☒ Sable fin (0,125-0,25 mm) 30 %
☒ Sable très fin (0,063-0,125 mm) 60 %
☒ Silt (limon et argile <63µm) 10 %

Forme

- ☐ Bien arrondi (*well rounded*)
☒ Subarrondi (*sub-rounded*)
☐ Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

La station présentait une épaisseur de 10 cm de sable sur fond rocheux; le néréis était dans une fissure du socle rocheux. Difficilement perceptible sur les photographies, mais le néréis présentait une couleur bleue métallique éclatante qui est caractéristique des spécimens mâles qui sont en période de reproduction.

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0017164	Date :	2019/11/29
Lieu :	Plage Rochelois, Port-Cartier	Heure :	9:58
# Station :	Ro-19	Météo :	Nuageux, -6°C, vent N-NE de 22 km/h

# Pt GPS :	68	Lat. :	50,021022
# Photos :	581-582	Long. :	-66,850501

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre		# Photo	Note
	Vivant	Mort (C/M)		
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)		1	646	
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)		21	646	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)		2	646	
Ver polychète sp. (<i>Polychatea sp.</i>)	1		646	
Algue calcaire encroûtante (<i>Corallinales sp.</i>)		1	646	
Couteau de mer (<i>Ensis directus</i>)		1	646	

***Définitions et abréviations :** vivant = individu entier capturé vivant; C = coquilles vides d'individus morts; pour les bivalves, chaque valve compte pour une coquille; M = muraille vide de balane morte

Granulométrie

Taille

- ☐ Cailloux (20-200 mm) ___ %
☐ Gravier (2-20 mm) ___ %
☐ Sable très grossier (1-2 mm) ___ %
☒ Sable grossier (0,5-1 mm) 05 %
☒ Sable moyen (0,25-0,5 mm) 70 %
☒ Sable fin (0,125-0,25 mm) 15 %
☒ Sable très fin (0,063-0,125 mm) 10 %
☐ Silt (limon et argile <63µm) ___ %

Forme

- ☐ Bien arrondi (*well rounded*)
☒ Subarrondi (*sub-rounded*)
☐ Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0017164	Date :	2019/11/29
Lieu :	Plage Rochelois, Port-Cartier	Heure :	9:42
# Station :	Ro-20	Météo :	Nuageux, -6°C, vent N-NE de 22 km/h

# Pt GPS :	67	Lat. :	50,021015
# Photos :	578-579	Long. :	-66,853971

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre		# Photo	Note
	Vivant	Mort (C/M)		
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)		5	647	
Polychète sp. (<i>Polychatea sp.</i>)	1		647	

***Définitions et abréviations :** vivant = individu entier capturé vivant; C = coquilles vides d'individus morts; pour les bivalves, chaque valve compte pour une coquille; M = muraille vide de balane morte

Granulométrie

Taille

- ☐ Cailloux (20-200 mm) ___ %
☐ Gravier (2-20 mm) ___ %
☐ Sable très grossier (1-2 mm) ___ %
☐ Sable grossier (0,5-1 mm) ___ %
☒ Sable moyen (0,25-0,5 mm) 05 %
☒ Sable fin (0,125-0,25 mm) 40 %
☒ Sable très fin (0,063-0,125 mm) 50 %
☒ Silt (limon et argile <63µm) 05 %

Forme

- ☐ Bien arrondi (*well rounded*)
☒ Subarrondi (*sub-rounded*)
☐ Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Annexe B

Répertoire photographique



PHOTO 1 — Estran de la plage des Rochelois, vue en direction est (29 novembre 2019)



PHOTO 2 — Estran de la plage des Rochelois, vue en direction ouest (29 novembre)



PHOTO 3 — Quadrat enfoncé dans le substrat



PHOTO 4 — Tamisage du substrat



PHOTO 5 — Communauté sur un rocher de l'estran

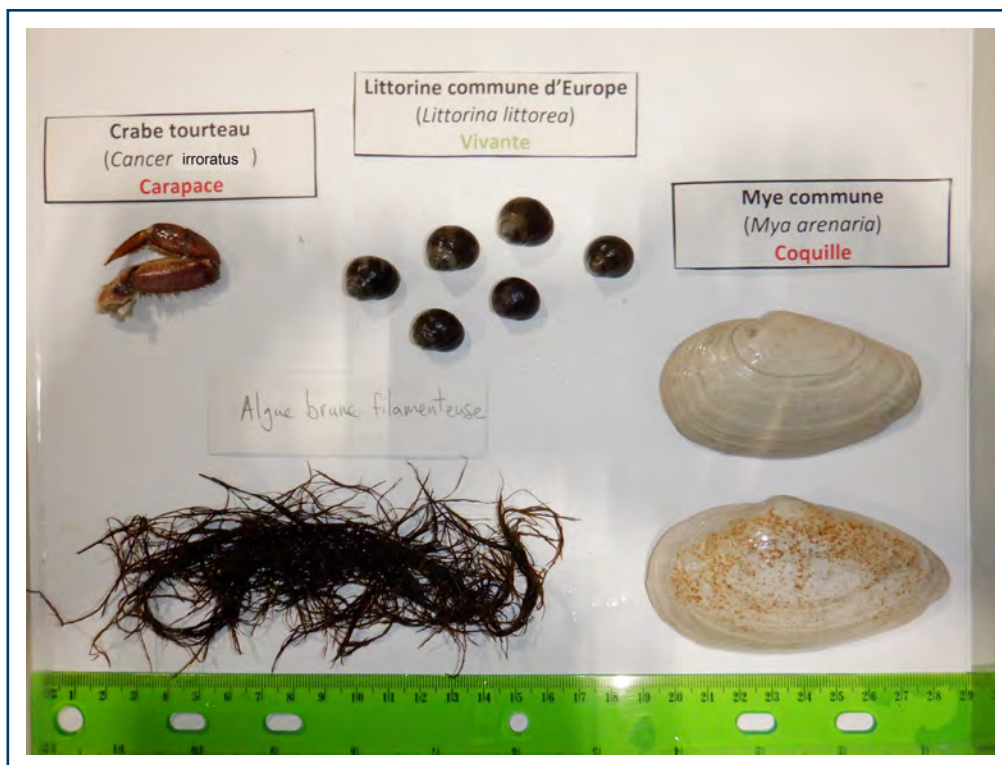


PHOTO 6 — Organismes trouvés hors des stations



PHOTO 7 — Fucus vésiculeux colonisant fortement un rocher du médiolittoral



PHOTO 8 — Zostère marine faiblement recouverte par l'eau à marée basse



PHOTO 9 — Abondance de matière ligneuse dans le refus du tamis (méditerranéen supérieur)



Annexe E Demande d'information adressée au CDPNQ

De: Nicolas.Gagne@mffp.gouv.qc.ca
Envoyé: 12 octobre 2018 08:53
À: Laurianne Garraud
Objet: RE: Demande CDPNQ - Secteur McCormick Port-Cartier

Madame Garraud,

La présente fait suite à votre demande d'information du 9 octobre, adressée au Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ), concernant l'objet en titre.

Le CDPNQ collige, analyse et diffuse l'information disponible sur les éléments prioritaires de la biodiversité. Pour les espèces fauniques, le traitement est assuré par le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, alors que pour les espèces floristiques, la responsabilité incombe au ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques.

Depuis 1988, les données provenant de différentes sources (spécimens d'herbiers et de musées, littérature scientifique, inventaires récents, etc.) sont intégrées graduellement au **système de gestion** de données. **Les informations consignées reflètent l'état des connaissances. Ainsi, certaines portions du territoire sont méconnues et une partie des données existantes peut ne pas encore être intégrée au système, présenter des lacunes quant à la précision géographique ou encore, avoir besoin d'être actualisée ou davantage documentée. Par conséquent, l'avis émis par le CDPNQ concernant un territoire particulier ne doit pas être considéré comme étant définitif et un substitut aux inventaires requis. Dans cette éventualité, nous apprécierions obtenir les données brutes recueillies afin de bonifier notre système d'information.**

Après vérification, aucune espèce faunique en situation précaire (menacée, vulnérable ou susceptible d'être ainsi désignée) n'est répertoriée au CDPNQ pour le territoire visé par votre requête ou à proximité de celui-ci.

En espérant ces renseignements satisfaisants et utiles à vos besoins, nous vous remercions de l'intérêt porté à l'égard du CDPNQ et demeurons disponibles pour répondre à vos questions. Pour un complément d'information, nous vous invitons à visiter le site Web du CDPNQ : www.cdpnq.gouv.qc.ca.

Pour obtenir la **cartographie légale** des habitats fauniques présents sur le site de votre projet, vous pouvez référer au lien suivant : <http://geoboutique.mern.gouv.qc.ca>. Dans les *Couches thématiques*, sélectionner : « Couche des habitats fauniques à l'échelle de 1/20 000 ». Veuillez noter que des frais de produits et de services sont applicables.

Veuillez agréer, Madame, l'expression de nos meilleurs sentiments.

Nicolas Gagné
Technicien de la faune
Direction de la gestion de la faune de la Côte-Nord
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
456, avenue Arnaud, bureau 1.03
Sept-Iles (Qc) G4R 3B1
Tél. (418) 964-8300, poste 266
Fax: (418) 964-8680
nicolas.gagne@mffp.gouv.qc.ca
mffp.gouv.qc.ca

De : Laurianne Garraud [<mailto:Laurianne.Garraud@englobecorp.com>]

Envoyé : 9 octobre 2018 14:19

À : michel.levasseur@mddelcc.gouv.qc.ca

Cc : Demande Faune DGR09 <demande_faune_09@mffp.gouv.qc.ca>

Objet : Demande CDPNQ - Secteur McCormick Port-Cartier

Bonjour,

Englobe Corp. a été mandaté par la Ville de Port-Cartier pour la réalisation d'une étude de caractérisation écologique en vertu de l'article 46.0.3 de la Loi concernant la conservation des milieux naturels et hydriques, dans le cadre de deux projets de stabilisation dans le secteur McCormick à Port-Cartier. Un lien kml du point central de la zone d'étude (est joint à cette communication. Dans le cadre de la préparation de cette demande, nous aimerions connaître quelles sont les espèces floristiques et fauniques menacées, vulnérables ou susceptibles d'être ainsi désignées présentes dans cette zone ou dans un périmètre d'influence, sachant que les travaux prévus seront réalisés à marée basse et dans le littoral.

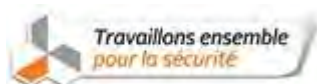
Vous remerciant pour votre collaboration à ce dossier, je vous prie d'accepter mes sincères salutations.

LAURIANNE GARRAUD, M.Sc., M. Env.

Professionnelle en environnement
Études environnementales et sociales

Englobe

31, avenue Marquette
Baie-Comeau (Québec) G4Z 1K4
T 418.296.2626, poste 204
laurianne.garraud@englobecorp.com
www.englobecorp.com



LAURIANNE GARRAUD, M.Sc., M. Env.
Professionnelle en environnement
Études environnementales et sociales

Englobe

31, avenue Marquette
Baie-Comeau (Québec) G4Z 1K4
T 418.296.2626, poste 204
laurianne.garraud@englobecorp.com
www.englobecorp.com



AVERTISSEMENT : Le présent courriel et tous les documents qui y sont annexés sont confidentiels et peuvent être assujettis au secret professionnel. Si vous recevez ce courriel par erreur, veuillez nous en informer immédiatement et le détruire intégralement. **NOTICE:** This email and any files transmitted with it are confidential and can be subject to professional secrecy. If you have received this email in error or are not the intended recipient, please notify us immediately and delete it in its entirety.

Annexe F Modélisation numérique des conditions hydro-sédimentaires

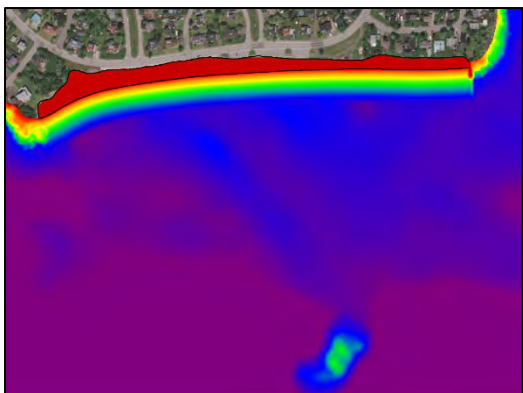


PROJET DE RECHARGE DE LA PLAGE DE ROCHELOIS À PORT-CARTIER

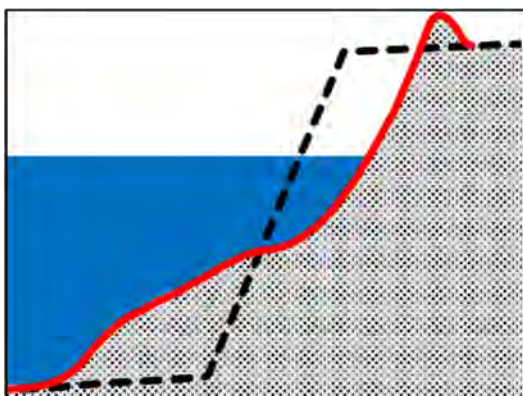
MODÉLISATION NUMÉRIQUE DES CONDITIONS HYDRO-SÉDIMENTAIRES

RAPPORT R.0212

Rapport préliminaire



Préparé pour:



Décembre 2019

No reference lasalle|NHC 08003855

**PROJET DE RECHARGE DE LA PLAGE DE ROCHELOIS À PORT-CARTIER
MODÉLISATION NUMÉRIQUE DES CONDITIONS HYDRO-SÉDIMENTAIRES**

RAPPORT R.0212

VERSION PRÉLIMINAIRE

Préparé pour:

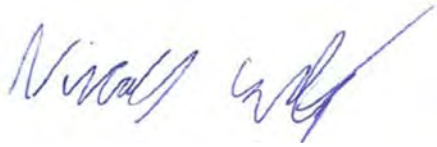
Ministère de la Sécurité Publique
Québec, Québec

Préparé par:

Lasalle | NHC
Montréal, Québec

6 décembre 2019

No de référence Lasalle | NHC 08003855

Préparé par:

Nicolas Gallant, ing., M. Ing.
Ingénieur de projets
No OIQ : 5047189



Tristan Aubel, ing., M.Ing.
Ingénieur, associé
No OIQ : 129611

CLAUSE DE LIMITATION DE RESPONSABILITÉ

Ce document a été préparé par Lasalle|NHC de façon conforme aux bonnes pratiques d'ingénierie et est destiné à l'usage exclusif de **Ministère de la Sécurité Publique** et de leurs représentants autorisés dans le cadre spécifique du projet **Projet de recharge de la plage de Rochelois à Port-Cartier – Modélisation numérique des conditions hydro-sédimentaires**. 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 Lasalle|NHC. Aucune autre garantie, expresse ou tacite, n'est accordée.

Lasalle|NHC et ses directeurs, associés, employés et mandataires n'assument aucune responsabilité à l'utilisation ou au recours du présent document ou de son contenu par des parties autres que **le Ministère de la Sécurité Publique**.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES	3
LISTE DES TABLEAUX	5
1. INTRODUCTION	1
2. MISE EN CONTEXTE	2
2.1 Secteur à l'étude.....	2
2.2 Problématique observée	3
2.3 Érosion côtière – Principes de base.....	3
2.3.1 Causes du phénomène	3
2.3.2 Transport sédimentaire	4
2.3.3 Influence des changements climatiques	6
2.3.4 Influence de la granulométrie de la plage.....	6
3. MÉTHODOLOGIE	9
3.1 Données utilisées.....	9
3.2 Outils de modélisation.....	9
3.2.1 Mike par DHI.....	9
3.2.2 XBeach-G par Deltates.....	10
3.2.3 HYFRAN.....	10
3.3 Résumé de la méthodologie employée	11
4. MNT.....	13
4.1 Provenance des données.....	13
4.2 Montage du MNT	14
4.2.1 Référencement altimétrique et géodésique	14
4.2.2 Étendue du MNT	14
4.2.3 Maillage du MNT	14
4.3 Conditions limites du MNT	15
4.4 MNT en conditions actuelles	19
4.5 MNT en conditions futures (avec la recharge granulaire).....	19
5. CONDITIONS MARITIMES	24
5.1 Concepts généraux	24
5.2 Niveaux d'eau	25
5.2.1 Provenance des données	25
5.2.2 Marnage	25
5.2.3 Niveau total	26
5.3 Régime des vagues	28
5.3.1 Provenance des données	28
5.3.2 Réfraction des vagues du large	28
5.3.3 Saison des tempêtes.....	31
5.3.4 Durée des tempêtes	33
5.3.5 Rose des vagues	35
5.3.6 Discrétisation de la rose des vagues	38
5.4 Probabilités combinées des niveaux d'eau et des vagues.....	40
5.4.1 Dépendance entre les variables	40
5.4.2 Récurrence des événements de fortes tempêtes	44

5.4.3	Occurrence des événements fréquents	47
5.5	Récapitulatif des conditions maritimes	49
6.	DYNAMIQUE HYDROSÉDIMENTAIRE	50
6.1	Analyse historique de la dynamique sédimentaire du site	50
6.2	Modélisation 2D des événements fréquents en conditions actuelles	58
6.3	Modélisation (1D & 2D) des fortes tempêtes.....	67
6.3.1	Modélisation 2D des conditions hydro-sédimentaires en conditions actuelles	67
6.3.2	Modélisation 2D de l'hydrodynamique en conditions futures (recharge granulaire)	70
6.3.3	Modélisation 1D du transport transversal en conditions futures (recharge granulaire)	77
6.4	Modélisation 1D du transport littoral (long-terme)	84
6.4.1	Méthodologie employée	84
6.4.2	Modélisation du transport littoral en conditions actuelles.....	87
6.4.3	Modélisation du transport littoral en conditions futures (recharge granulaire)	88
6.5	Récapitulatif de la dynamique sédimentaire & recommandations.....	97
7.	CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	99
8.	RÉFÉRENCES	101
	ANNEXE A – DÉPENDANCE ENTRE LES VARIABLES	102

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1 : Localisation de Port-Cartier	2
Figure 2.2 : Localisation de la plage Rochelois.....	2
Figure 2.3 : Érosion de la plage de Rochelois à Port-Cartier.....	3
Figure 2.4 : Illustration du phénomène de réfraction des vagues.....	7
Figure 2.5 : Illustration du processus d'attaque frontale des vagues (transport transversal).....	8
Figure 3.1 : Résumé de la méthodologie employée	12
Figure 4.1 : Données utilisés dans le montage du MNT de Port-Cartier	13
Figure 4.2 : Étendue des modèles locaux et globaux de Port-Cartier.....	16
Figure 4.3 : Maillage utilisé dans le modèle global.....	17
Figure 4.4 : Maillage utilisé dans le modèle local	18
Figure 4.5 : MNT en conditions actuelles.....	20
Figure 4.6 : Présentation des différentes recharges granulaires étudiées (Variantes V1 et V2).....	21
Figure 4.7 : Présentation de la recharge granulaire optimisée (Variante V3)	22
Figure 4.8 : Dimensions de l'épi submersible (Variante V3)	23
Figure 5.1 : Amplitude de la marée à Port-Cartier.....	26
Figure 5.2 : Occurrence des niveaux d'eau à Port-Cartier	27
Figure 5.3 : Réfraction des vagues au large de Port-Cartier	30
Figure 5.4 : Nombre de tempête à Port-Cartier en fonction du mois de l'année.....	32
Figure 5.5 : Couvert de glace sur le golfe de Saint-Laurent le 9 février 2015 (tiré de NASA Worldview) ..	33
Figure 5.6 : Variation de la hauteur de vagues des 250 tempêtes les plus énergétiques	34
Figure 5.7 : Corrélation entre la hauteur de vagues et la durée de la tempête	34
Figure 5.8 : Rose des vagues et occurrence des vagues à Port-Cartier	37
Figure 5.9 : Discrétisation de la rose des vagues de Port-Cartier	39
Figure 6.1 : Comparaison de l'étendue de la plage Rochelois entre 1976 et 2013	52
Figure 6.2 : Comparaison de l'étendue de la plage Rochelois entre 1987 et 2017	53
Figure 6.3 : Granulométrie de la plage Rochelois.....	54
Figure 6.4 : Comparaison de la plage Rochelois entre 2010 et 2017	55
Figure 6.5 : Comparaison de la plage Rochelois entre 2010 et 2017 (suite)	56
Figure 6.6 : Comparaison de la plage Rochelois entre 2010 et 2017 (suite)	57
Figure 6.7 : Résultats de modélisation 2D de l'événement #3 en conditions actuelles	60
Figure 6.8 : Résultats de modélisation 2D de l'événement #12 en conditions actuelles	61
Figure 6.9 : Résultats de modélisation 2D de l'événement #27 en conditions actuelles	62
Figure 6.10 : Résultats de modélisation 2D de l'événement #36 en conditions actuelles	63
Figure 6.11 : Résultats de modélisation 2D de l'événement #63 en conditions actuelles	64
Figure 6.12 : Résultats de modélisation 2D de l'événement #72 en conditions actuelles	65
Figure 6.13 : Résultats de modélisation 2D de l'impact du débit moyen de la rivière aux rochers	66
Figure 6.14 : Évolution du profil de plage suite à deux événements de tempête	69
Figure 6.15 : Résultats de modélisation 2D de la tempête A en conditions actuelles.....	71
Figure 6.16 : Résultats de modélisation 2D de la tempête B en conditions actuelles.....	72
Figure 6.17 : Résultats de modélisation 2D de la tempête C en conditions actuelles.....	73
Figure 6.18 : Résultats de modélisation 2D de la tempête D en conditions actuelles	74

Figure 6.19: Résultats de modélisation 2D de la tempête E en conditions actuelles.....	75
Figure 6.20 : Résultats de modélisation 2D des tempêtes B et C en conditions actuelles et futures	76
Figure 6.21 : Évolution du profil de construction sous différentes tempêtes.....	79
Figure 6.22 : Évolution du profil d'équilibre sous différentes tempêtes.....	80
Figure 6.23 : évolution du profil d'équilibre sous différentes tempêtes – essais de sensibilité	81
Figure 6.24 : évolution du profil d'équilibre sous différentes tempêtes – essais de sensibilité des marées	82
Figure 6.25 : évolution du profil d'équilibre lors de la succession des différentes tempêtes – essais de sensibilité des marées	83
Figure 6.26 : Profils de calcul pour le transport littoral	86
Figure 6.27 : Résultats de modélisation du transport littoral en conditions actuelles.....	92
Figure 6.29 : Hauteur (Hs) et direction des vagues au déferlement en conditions actuelles.....	93
Figure 6.28 : Transport littoral pour quelques événements typiques de vagues	93
Figure 6.30 : Résultats de modélisation du transport littoral de la recharge granulaire V1 (variante intermédiaire)	94
Figure 6.31 : Résultats de modélisation du transport littoral de la recharge granulaire V2 (variante intermédiaire)	95
Figure 6.32: Résultats de modélisation du transport littoral en conditions futures - Recharge granulaire V3	96

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 5.1 : Période de retour des niveaux d'eau maximums annuels à Port-Cartier (Loi Gumbel)	27
Tableau 5.2 : Résumés des principaux paramètres utilisés dans le modèle Mike 21 SW	29
Tableau 5.3 : Période de retour de la hauteur de vague maximale à Port-Cartier.....	36
Tableau 5.4: Dépendance entre les variables de surcote et de hauteur de vagues (H_s) de l'ESE	42
Tableau 5.5 : Dépendance entre les variables de niveau d'eau et de hauteur de vagues (H_s) de l'ESE	42
Tableau 5.6: Dépendance entre les variables de surcote et de hauteur de vagues (H_s) du sud.....	43
Tableau 5.7: Dépendance entre les variables de niveau d'eau et de hauteur de vagues (H_s) du sud	43
Tableau 5.8 : Périodes de retour d'événements de tempête	44
Tableau 5.9 : Période de retour des combinaisons de niveaux d'eau et de hauteur de vagues de l'ESE ..	45
Tableau 5.10 : Période de retour des combinaisons de niveaux d'eau et de hauteur de vagues du sud ..	46
Tableau 5.11 : Énumération des événements combinant niveaux d'eau, hauteur de vagues et direction	48

1. INTRODUCTION

Les berges de la municipalité de Port-Cartier subissent une érosion notable, en particulier à cause de l'impact des tempêtes automnales et hivernales qui surviennent dans le golfe du Saint-Laurent. Parmi les événements récents, on retient notamment la tempête du 30 décembre 2016, qui a significativement endommagé la plage du secteur Rochelois (voir figure 1).

Dans ce contexte, le Gouvernement du Québec (Ministère de la Sécurité Publique) envisage présentement une intervention de protection sous la forme d'une recharge de plage à l'aide de matériaux granulaires, de façon à stabiliser le littoral et à éviter que les dommages ne s'étendent à la route adjacente à la plage (rue des Rochelois) ainsi qu'aux infrastructures municipales et privées qui se trouvent à proximité.

Lasalle|NHC a été mandaté par le Ministère de la Sécurité Publique afin d'étudier les conditions hydro-sédimentaires de la plage Rochelois. Pour ce faire, un modèle numérique a notamment été utilisé dans le cadre de la présente étude.

Le présent rapport est divisé en 7 chapitres. Le chapitre 2 présente une mise en contexte de la problématique observée à Port-Cartier. Le chapitre 3 résume la méthodologie employée pour réaliser cette étude. Le chapitre 4 affiche le modèle numérique de terrain utilisé par le modèle numérique. Le chapitre 5 décrit le climat maritime de la région de Port-Cartier alors que le chapitre 6 enchaîne avec l'aspect hydro-sédimentaire de ce secteur. Finalement, la conclusion et les recommandations de cette étude sont exposées au chapitre 8.

2. MISE EN CONTEXTE

2.1 Secteur à l'étude

La ville de Port-Cartier est située sur la rive nord du fleuve Saint-Laurent à environ 40 km au sud-ouest de Sept-îles (figure 2.1). La présente étude porte sur la dynamique sédimentaire de la plage Rochelois (figure 2.2)



Figure 2.1 : Localisation de Port-Cartier



Figure 2.2 : Localisation de la plage Rochelois

2.2 Problématique observée

La plage Rochelois, localisée vis-à-vis de la rue des Rochelois, est affectée par des problèmes d'érosion depuis plusieurs années. Parmi les événements récents, la tempête du 30 décembre 2016 a sévèrement impacté cette plage, la passerelle longeant celle-ci ainsi que les terrains de certaines propriétés résidentielles.

Dans le but de protéger la plage Rochelois ainsi que les infrastructures adjacentes à celle-ci, le Ministère de la Sécurité Publique prévoit une intervention de protection sous la forme d'une recharge granulaire pour cette plage. La présente étude a pour but, en premier lieu, d'analyser la dynamique sédimentaire de la plage Rochelois puis, en second lieu, d'évaluer l'efficacité d'une éventuelle recharge granulaire



Figure 2.3 : Érosion de la plage de Rochelois à Port-Cartier

2.3 Érosion côtière – Principes de base

2.3.1 Causes du phénomène

La mise en suspension d'un grain de sédiment (argile, silt, sable ou gravier) se produit lorsque la force d'entraînement exercée sur la particule excède le point critique. En milieu fluvial, une vitesse minimale de l'écoulement (souvent appelée vitesse critique) est nécessaire pour atteindre ce point critique. Il faut toutefois noter qu'une mise en suspension des grains de sédiments n'engendre pas nécessairement une problématique d'érosion puisque le départ de ces grains peut être compensé par le dépôt de d'autres grains provenant de l'amont.

En milieu côtier, un forçage supplémentaire s'ajoute au portait : il s'agit de l'énergie des vagues. Celles-ci ont tendance à mettre les sédiments en suspension dans l'eau. Encore une fois, une mise en suspension des grains de sédiments n'engendre pas nécessairement une problématique d'érosion puisque le départ de ces grains peut être compensé par le dépôt de d'autres grains.

Selon la force, la direction et la durée des vents soufflant sur un plan d'eau, des vagues d'intensité variable sont générées par les vents. En zone très profonde, ces vagues ne sont pas influencées par le fond marin et pour cette raison, elles peuvent voyager sur de très longue distance. Le terme houle est utilisé pour identifier les vagues formées par un vent éloigné de la zone d'observation.

À l'approche du rivage, les vagues commencent à ressentir l'influence de la réduction de la profondeur et de la forme des fonds et ont tendance à tourner pour s'aligner avec les isobathes (effet de la réfraction illustrée à la figure 2.4). C'est pour cette raison que la direction des vagues peut varier dans l'espace malgré une direction constante du vent dans l'espace. Lorsque la profondeur d'eau devient trop faible, la déformation de la vague est telle que sa cambrure outrepassé l'équilibre et la vague déferle (effet de déferlement illustré à la figure 2.5). Ce phénomène survient généralement à proximité des plages dans une zone désignée par zone de déferlement.

Le déferlement des vagues libère une énergie qui émet les sédiments en suspension en plus de générer des courants sur les fonds. Comme les vagues conservent généralement un certain angle d'incidence par rapport au rivage, les courants ont deux composantes : parallèle et perpendiculaire au rivage. À cet effet, la composante parallèle génère des courants littoraux alors que la composante perpendiculaire engendre des courants vers le large ainsi que des courants de « run up » (montée de la vague sur la plage). La combinaison de ces courants et de la mise en suspension des sédiments provoque le transport sédimentaire en milieu côtier.

2.3.2 Transport sédimentaire

En milieu côtier, le transport sédimentaire se décompose en deux composantes : transversale (perpendiculaire à la ligne de côte) et littorale (parallèle à la ligne de côte). Bien qu'il existe un lien physique entre ces deux types de transport, l'analyse effectuée sur chacun de ces deux types de transport n'est pas portée sur la même échelle de temps. En effet, l'analyse du transport transversal se limite généralement à la durée d'une tempête (quelques heures à quelques jours) alors que l'analyse du transport littoral est plutôt effectuée sur une très longue période de temps (quelques années à plusieurs décennies). La connaissance des phénomènes physiques ainsi que la disponibilité des outils informatiques d'aujourd'hui permettent de modéliser ces deux types de transport sédimentaire.

Sous l'effet des vagues en temps de tempête, les sédiments du haut de la plage ont tendance à se faire éroder, puis à être transportés vers le large pour finalement se déposer au pied de la plage. Ce dépôt de sédiments porte le nom de barre de sable. En temps de tempête exceptionnelle, l'érosion produite par les vagues est en mesure d'engendrer des affaissements de talus de plage ce qui peut endommager les infrastructures et la végétation du haut de plage. Ces dégâts deviennent particulièrement sévères lorsque le niveau d'eau est beaucoup plus élevé qu'à la normale en raison des surcotes générées par les vents et la dépression atmosphérique. En se superposant à la marée (forçage généré par la lune et le soleil), ces surcotes provoquent les niveaux d'eau anormalement élevés, souvent surnommés très grande marée par les médias et les riverains.

En temps plus calme, les sédiments accumulés dans la barre de sable au pied de la plage s'érodent pour se déposer en haut de plage. Ce phénomène se poursuit jusqu'à l'atteinte d'un profil d'équilibre : il s'agit ici d'un processus naturel de reconstruction de la plage. Toutefois, il demeure impossible pour l'extrémité supérieure de la plage de subir ce processus de reconstruction naturelle puisqu'un niveau d'eau anormalement élevé serait requis pour permettre cela. Or ces niveaux d'eau anormalement élevés surviennent uniquement durant les événements de tempête, ceux-ci étant destructifs plutôt que reconstructifs.

Le processus de reconstruction naturelle de la plage est possible seulement si la barre de sable en bas de la plage demeure disponible. En effet, celle-ci peut aussi partir à la dérive littorale : c'est le phénomène du transport littoral.

Le transport littoral est un élément à analyser sur une très longue échelle de temps (plusieurs années). Ce type de transport dicte la tendance moyenne de la plage. À très long-terme, certaines plages peuvent perdre du terrain (plage en érosion) ou, dans d'autres cas, s'engraisser (plage en accrétion). Dans certains cas, le transport littoral est tellement faible par rapport au transport transversal que la tendance moyenne de la plage peut être camouflée par les impacts ponctuels des fortes tempêtes. C'est notamment le cas pour les plages qui sont essentiellement impactées par des vagues pratiquement perpendiculaires à la ligne de côte.

Le transport littoral peut être calculé le long de la ligne de côte dans le but d'obtenir un gradient de transport. Lorsque le gradient du transport littoral est positif, il se produit un déficit en sédiments : la quantité de sédiments en provenance de l'amont est insuffisante pour combler le départ de sédiments vers l'aval. Une telle situation engendre une zone d'érosion (recul de la plage). Lorsque, au contraire, le gradient du transport littoral est négatif, il se forme un excédent de sédiments : la quantité de sédiments en provenance de l'amont excède la quantité de sédiments nécessaires pour combler le départ de sédiments vers l'aval. Une telle situation engendre ainsi une zone d'accrétion (avancée de la plage).

La tendance d'une plage (érosion versus accrétion) peut s'inverser à l'intérieur d'une même année où même d'une année à l'autre dépendamment de la variabilité du climat de vagues. Toutefois à très long-terme, la tendance devient plus évidente à constater. C'est pour cette raison que l'analyse du transport littoral doit être portée sur une grande échelle de temps (plusieurs années).

La mise en place d'un épi a pour effet de diminuer le transport littoral vis-à-vis celui-ci. En amont de la structure (par rapport à la direction du transport littoral), il se forme un excédent de sédiments ce qui engendre une zone d'accrétion. Cependant en aval de la structure, il se produit un déficit en sédiments ce qui crée une zone d'érosion. Ainsi, la problématique d'érosion n'est pas supprimée, mais déplacée plus loin en aval.

Un phénomène similaire survient également suite à la mise en place d'un brise-lames détaché : une zone d'accrétion est observée vis-à-vis le brise-lames alors que la section en aval de celui-ci montre une tendance vers l'érosion.

Les murs en enrochement, étant non-érodable, diminue le transport littoral ce qui a pour conséquence de réduire l'apport sédimentaire en aval de celui-ci et donc de créer une zone d'érosion. Le problème est

donc, encore une fois, déplacé ce qui n'est pas toujours souhaitable. Les murs en enrochement provoquent aussi des effets de réflexion sur les vagues : celles-ci rebondissent sur elles-mêmes en frappant le mur ce qui tend à augmenter les effets érosifs. Bien que le mur en enrochement ne soit pas érodable en tant que tel, sa fondation peut se faire éroder pour éventuellement mener à un affaissement de la structure.

L'érosion côtière est donc une problématique complexe générée par les grandes forces de la nature. Puisqu'il est souvent difficile de travailler à l'encontre de ces forces, il est préférable d'apprivoiser celles-ci afin de les utiliser à notre avantage. Ce type d'approche, souvent surnommée « méthode douce » dans le génie côtier moderne, nécessite une bonne connaissance de la dynamique sédimentaire du site à l'étude. C'est pour cette raison qu'il est recommandé d'analyser le régime maritime et météorologique ainsi que l'historique morphologique du site à l'étude avant de procéder à la mise en place d'infrastructure de protection côtière.

2.3.3 Influence des changements climatiques

Dans les régions froides, la formation de glace de rive au pourtour d'une étendue d'eau contribue à protéger les berges de l'action directe des vagues. De plus, les morceaux de glace flottant sur un plan d'eau permettent de dissiper l'énergie des vagues et donc, de réduire la hauteur de celles-ci. Ainsi, la formation de la glace en hiver fournit une certaine protection naturelle qui permet d'atténuer les problématiques d'érosion.

Or, avec le rehaussement de la température moyenne de l'air engendré par les changements climatiques, la durée de l'hiver glaciologique aura tendance à diminuer au fil des années. L'apparition de la glace se produira donc plus tard en hiver et la disparition s'amorcera plus tôt au printemps ce qui laissera les berges vulnérables aux effets érosifs durant une plus grande portion de l'année.

L'augmentation du niveau de la mer est également un autre élément à considérer dans un contexte de changement climatique. Toutefois, l'augmentation relative du niveau d'eau sera différente d'une région à l'autre en raison, notamment, du soulèvement isostatique qui tend à compenser partiellement le rehaussement du niveau de la mer. Certaines régions seront donc touchées plus sévèrement que d'autres par le rehaussement du niveau de la mer.

Les changements climatiques peuvent également impacter le régime des vents. Toutefois avec les modèles climatiques présentement disponibles, il demeure difficile de conclure concrètement sur la tendance des vents à long terme pour ce qui a trait à la vitesse, la direction et la fréquence d'occurrence des tempêtes.

2.3.4 Influence de la granulométrie de la plage

La granulométrie des plages a une influence significative sur les mécanismes de transport de sédiments. On distingue principalement les plages de sables ainsi que les plages de graviers et galets. Dans le premier cas, l'inertie des matériaux et les phénomènes d'infiltration sont pratiquement négligeables, conduisant à un mouvement symétrique des vagues sur la plage (remontée et ressac de la vague sur la plage) qui engendre généralement un transport des sédiments du haut de la plage vers le pied de la plage en période

de tempête. De plus, l'action combinée des vagues et des courants engendre une remise en suspension et des taux de transport littoral important.

Dans le cas des plages de graviers et galets, le mouvement des vagues sur la plage est asymétrique : la remontée peut entraîner les matériaux vers le haut de plage mais l'infiltration permet de dissiper l'énergie qui n'est plus suffisante pour déplacer les matériaux vers le bas de la plage lors du ressac. Il se forme alors une barre en haut de plage (« swash bar »). Au pied de la plage, le déferlement peut également produire un déplacement des matériaux vers le bas de la plage. En fonction de la combinaison des niveaux d'eau et des hauteurs de vagues, différents mécanismes se produisent : formation d'une barre en haut de plage, érosion de la plage, rehaussement de la crête dans le cas d'une barrière de galets, franchissement de la crête et création d'une brèche. Les mécanismes dominants se produisent essentiellement dans la zone d'interaction directe des vagues et de la plage. Les courants littoraux, qui se développent un peu plus au large, ont moins d'influence sur le transport, notamment en raison du calibre des matériaux.

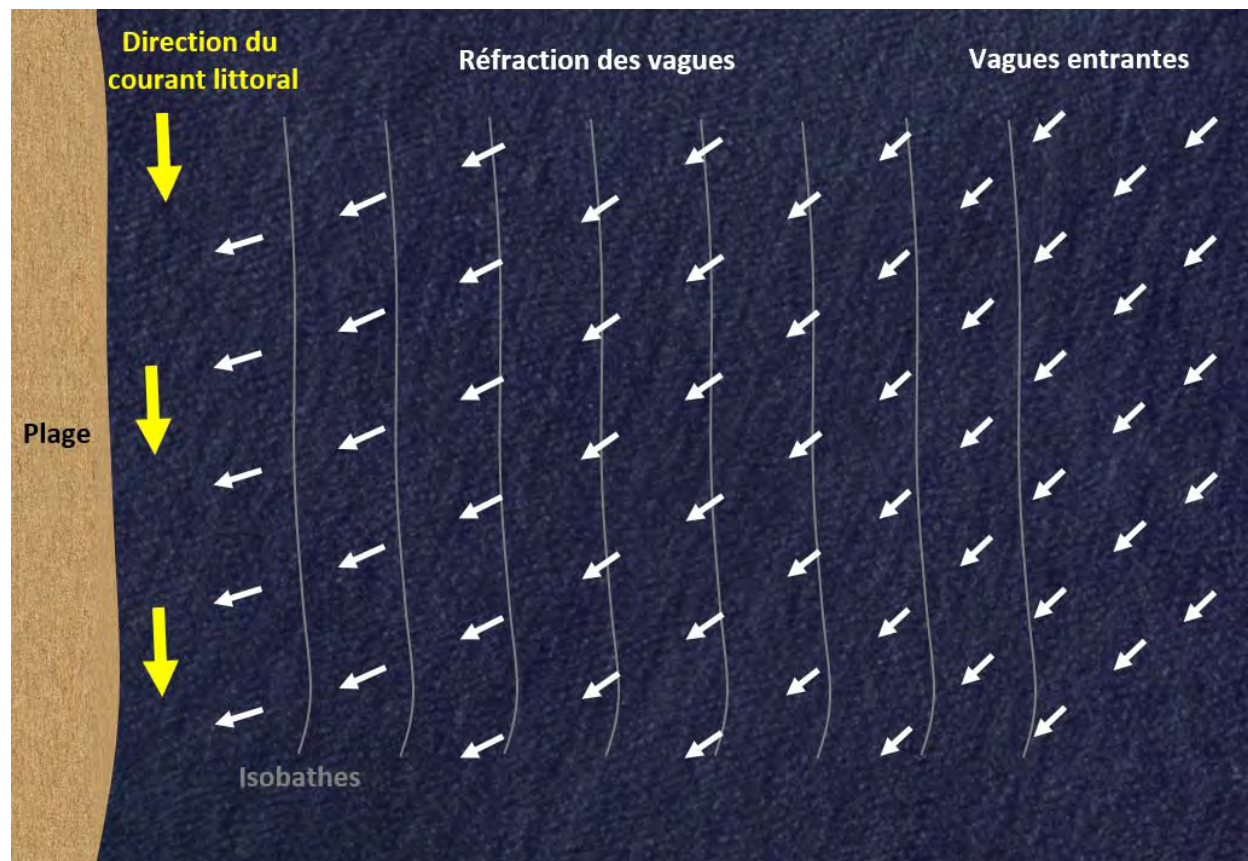


Figure 2.4 : Illustration du phénomène de réfraction des vagues

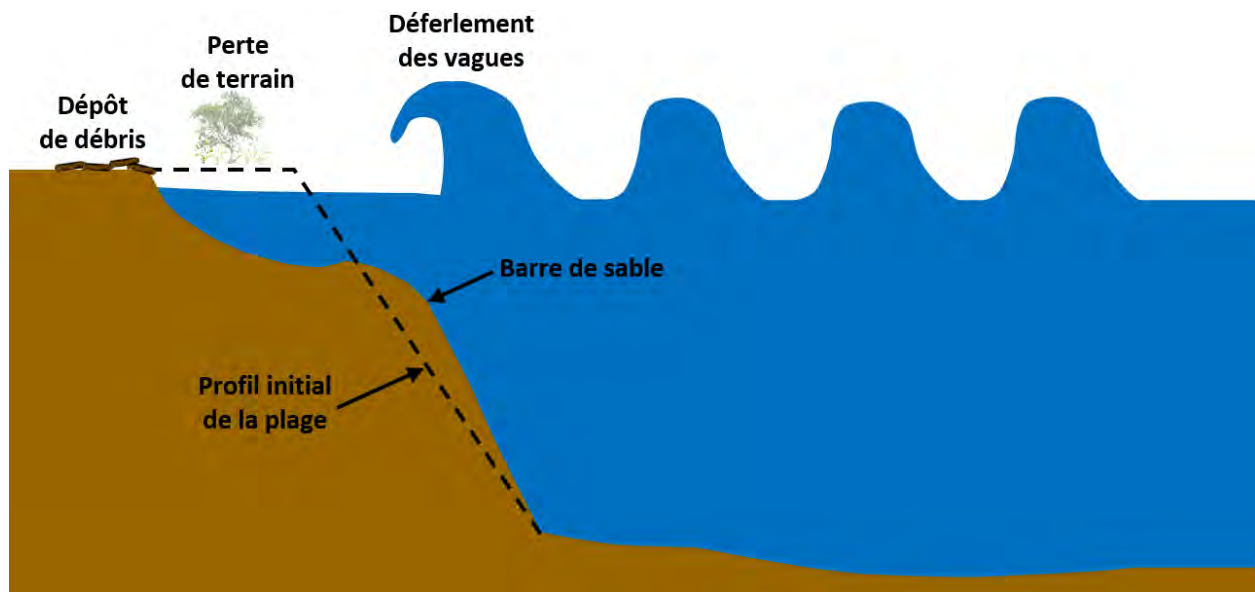


Figure 2.5 : Illustration du processus d'attaque frontale des vagues (transport transversal)

3. MÉTHODOLOGIE

3.1 Données utilisées

La présente étude a été réalisée en utilisant une variété de données (observées, mesurées et modélisées) provenant de diverses sources. Sans s’y limiter, les données utilisées se résument comme suit :

- Photos aériennes historiques (1965-2013) disponibles sur Géoboutique.com;
- Photos obliques héliportées prises par le MSP en 2010 et en 2017;
- Photos satellites publiées par la NASA;
- Données bathymétriques du SHC;
- Données lidar & bathymétriques relevées en 2017 et en 2018 par le MSP;
- Niveaux d’eau mesurés par les marégraphes de Pêches et Océans Canada;
- Niveaux d’eau prédits par Pêches et Océans Canada;
- Niveaux d’eau simulés par le modèle de l’ISMER [1];
- Vagues simulées par le modèle de l’UQAR;
- Données granulométriques relevées par Englobe en automne 2018;
- Plans des recharges granulaires proposées par M. Ropars [2];

3.2 Outils de modélisation

Les outils de modélisation ainsi que leurs paramètres utilisés seront présentés en détails dans les chapitres appropriés. Cette section a pour but de présenter brièvement les différents outils de modélisation qui ont été utilisés dans le cadre de la présente étude. Il est à noter que l’utilisation de ces outils de modélisation a également été complétée par des calculs analytiques sur la base de diverses références scientifiques qui seront présentées dans les chapitres appropriés.

3.2.1 Mike par DHI

L’ensemble des travaux de modélisation, de même que le montage du modèle numérique de terrain, ont été principalement réalisés à l’aide des divers modules de la suite logicielle MIKE, conçue et commercialisée par la firme danoise *DHI Water & Environment*.

Les divers modules de MIKE permettent une description complète de l’ensemble des processus régissant l’hydrodynamique et le transport sédimentaire en milieu côtier : niveaux d’eau, agitation due aux vagues, courants littoraux, transport sédimentaire en charriage et en suspension, évolution à court et long terme de la morphologie littorale, etc.

Les travaux de modélisation ont été effectués avec les modules MIKE suivants:

1. MIKE Zero : construction du modèle de terrain, pré-traitement des données ainsi que post-traitement et présentation des résultats de simulation;
2. MIKE 21 SW (*Spectral Waves*) : modèle bidimensionnel de transformation des vagues à l’approche du littoral et génération des contraintes de radiation produisant les courants littoraux;

3. Mike 21 HD (*Hydrodynamics*) : modèle bidimensionnel de résolution de l'hydrodynamique (vitesse d'écoulement & niveaux d'eau) du domaine par la méthode des volumes finis;
4. Mike 21 ST (*Sand Transport*) : modèle bidimensionnel de transport sédimentaire (et d'évolution morphologique) associé aux courants et aux vagues.

Il est à noter que les modules SW, HD, ST de Mike 21 sont exécutés en parallèle afin d'obtenir un feedback continue entre chacun de ces trois modules.

3.2.2 XBeach-G par Deltates

L'étude de la déformation du profil de plage sous l'action des vagues lors d'une tempête doit être effectuée à l'aide d'outils permettant d'inclure les spécificités des plages de graviers et galets. Les modèles commerciaux conventionnels étant essentiellement développés pour des plages de sable, le choix s'est orienté vers un modèle récent résultant des travaux de recherche du programme NUPSIG (*New Understanding and Prediction of Storm Impact on Gravel Beaches*) avec la collaboration notamment de l'université de Plymouth en Grande-Bretagne et Deltares aux Pays-Bas [3].

Le modèle unidimensionnel XBeach-G, développé en 2014, intègre à la plateforme XBeach de Deltares l'ensemble des paramètres régissant l'interaction des vagues et d'une plage de galets, comme l'infiltration, les écoulements souterrains, et l'inertie des matériaux. Bien que récemment rendu disponible, le modèle a été validé et réglé sur la base de nombreux cas de mesures en laboratoire (Bardex ([4] et [5]) et in-situ [3], dont certains présentant des caractéristiques similaires à la plage Rochelois en termes de granulométrie, pente de plage et vagues.

3.2.3 HYFRAN

HYFRAN est un logiciel développé à l'INRS-ÉTÉ en 2008 qui permet de calculer les périodes de retour des événements sur la base de données d'observation et de diverses lois de distribution (Gumbel, Normale, Pearson, etc.). Ce logiciel a été utilisé pour calculer les périodes de retour des tempêtes.

3.3 Résumé de la méthodologie employée

Le schéma illustrant les nombreuses étapes nécessaires pour quantifier le transport sédimentaire de la plage de Rochelois est illustré sur la figure 3.1.

Il est à noter qu'avant de procéder aux diverses modélisations numériques affichées dans ce schéma, une analyse conceptuelle a d'abord été portée. À cet effet, les photos historiques (aériennes, héliportées et satellites) ont notamment été analysées dans le but d'étudier la dynamique sédimentaire de la plage Rochelois. Ces analyses, basées principalement sur des observations, ont également été complétées par des résultats de modélisation bidimensionnelle.

Les diverses étapes illustrées sur la figure 3.1 peuvent se résumer comme suit :

Probabilités d'occurrence des événements

- Utilisation des données du modèle de l'UQAR (vagues) et de l'ISMER (niveaux d'eau);
- À partir d'un MNT, modélisation 2D de la réfraction des vagues pendant plus de 30 ans;
- Extraction de la rose des vagues à 2 km de la plage Rochelois;
- Détermination de la dépendance entre les variables de niveaux d'eau et de hauteur de vagues;
- Calculs des probabilités d'occurrence des événements de tempête

Transport transversal (tempêtes ponctuelles)

- Modélisation 2D du transport sédimentaire pour des événements de fortes tempêtes en conditions actuelles (plage de sable);
- Modélisation 1D du transport sédimentaire pour des événements de fortes tempêtes en conditions futures (avec recharge de gravier) et évaluation du run-up de vagues ;
- Évaluation de l'efficacité de l'ouvrage de protection côtière

Transport littoral (long-terme)

- Discrétisation de la rose des vagues en 72 événements (4 directions x 3 hauteurs de vagues x 6 niveaux d'eau);
- Modélisation 2D des 72 événements considérés en conditions actuelles;
- Calcul du transport littoral net annuel le long de la plage Rochelois en conditions actuelles;
- Modélisation 2D des 72 événements considérés en conditions futures (avec recharge granulaire);
- Calcul du transport littoral net annuel le long de la plage Rochelois en conditions futures (avec recharge granulaire);
- Évaluation de l'efficacité de l'ouvrage de protection côtière & optimisation de l'orientation de la recharge granulaire.

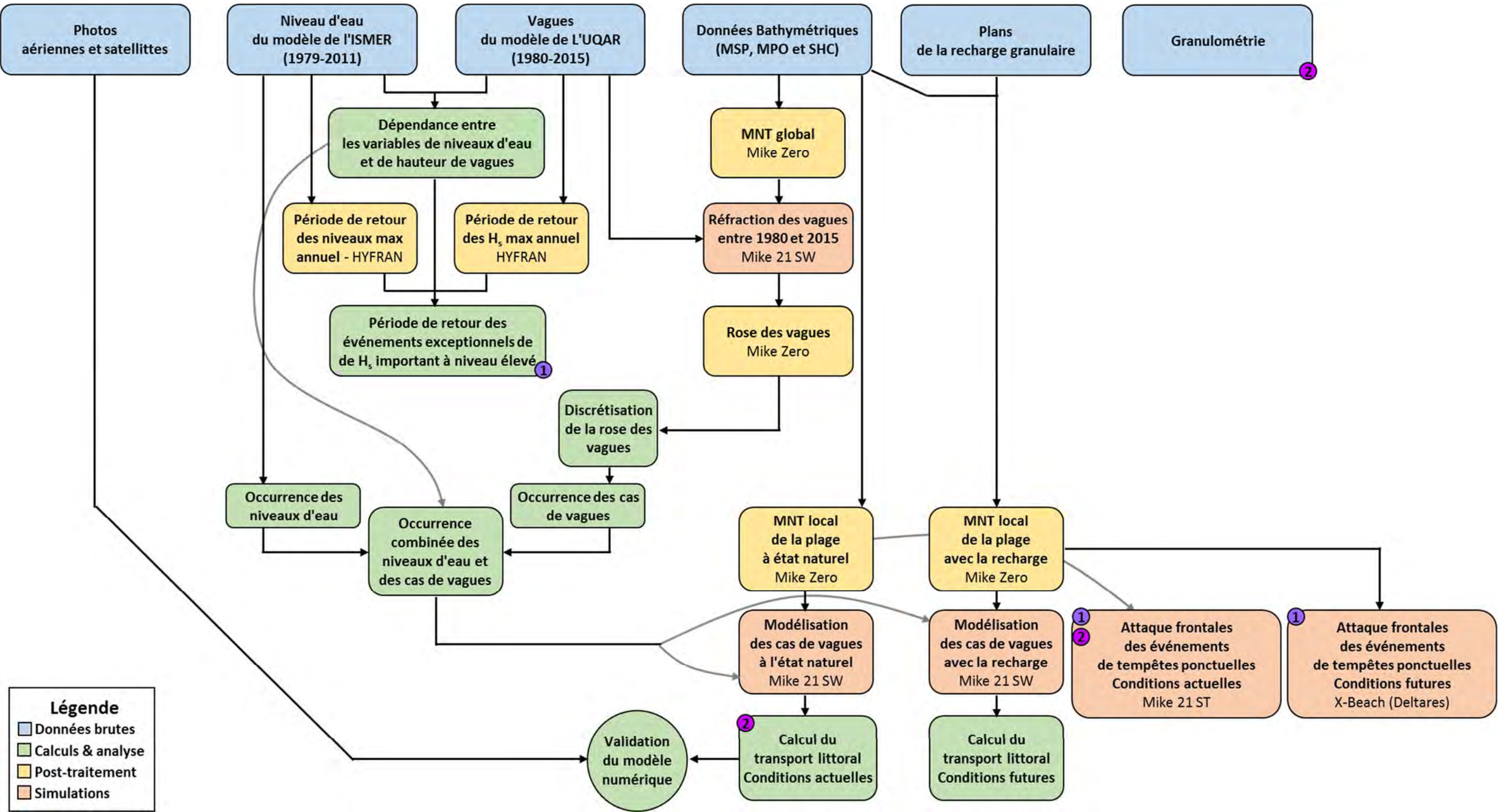


Figure 3.1 : Résumé de la méthodologie employée

4. MNT

4.1 Provenance des données

Le modèle numérique de terrain (MNT) utilisé dans le cadre de la présente étude a été monté en utilisant une compilation de données bathy & topo issue de campagnes de mesures récentes ainsi que de données bathymétriques anciennes offertes par le Service hydrographique du Canada (SHC). La figure 4.1 affiche l'étendue des diverses sources de données utilisées. Il est à noter que les données de 2017 et 2018, étant situées dans la zone d'intérêt du projet, sont à très-haute résolution. Les données du SHC possèdent, quant à elles, une résolution variant de 15 m à 500 m.

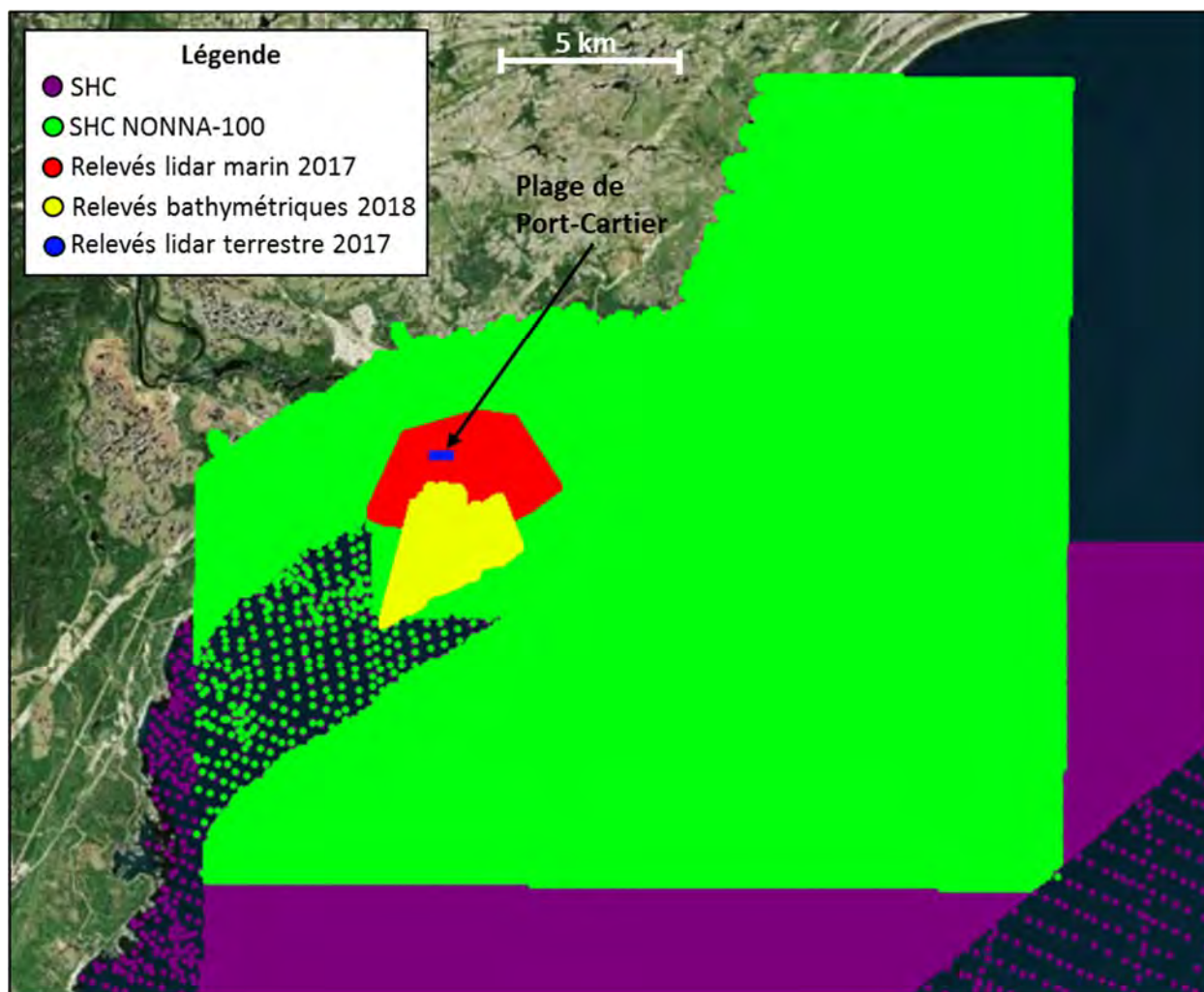


Figure 4.1 : Données utilisés dans le montage du MNT de Port-Cartier

4.2 Montage du MNT

4.2.1 Référencement altimétrique et géodésique

L'ensemble des données bathymétriques a été importé dans le logiciel de pré-traitement Mike Zero commercialisé par la firme DHI. Le tout a été converti vers une projection NAD1983 MTM6 et le datum utilisé est celui du niveau moyen des mers (NMM).

4.2.2 Étendue du MNT

La figure 4.2 illustre l'étendue des modèles de terrain globaux et locaux utilisés dans le cadre de la présente étude. L'élaboration de deux modèles (global et local) plutôt qu'un seul modèle permet, d'une part, de raffiner le maillage dans les zones d'intérêts et, d'autre part, d'optimiser les temps de calcul. L'utilité de chacun de ces deux modèles sera abordée plus en détails aux sections 5.3 et 6.

Le modèle global couvre un quadrilatère d'environ 8 km en longueur par 5 km de largeur (axe nord-sud). La limite sud du modèle global correspond à l'emplacement des points d'extraction des données de vagues (voir chapitre 5.3).

Le modèle local couvre un quadrilatère d'environ 4,5 km en longueur par 2 km de largeur (axe nord-sud).

4.2.3 Maillage du MNT

Tel qu'illustré sur la figure 4.3, la taille des mailles du modèle global varie selon la profondeur d'eau. En effet, les mailles situées dans les zones à profondeur élevée (plus de 45 m) sont caractérisées par des largeurs d'environ 500 m. En zone moins profonde, soit à proximité de la limite du modèle local, la largeur des mailles du modèle global est plutôt aux alentours de 125 m.

Le maillage du modèle local est affiché sur la figure 4.4. Le maillage de ce modèle varie non seulement en fonction de la profondeur d'eau, mais également en fonction des exigences techniques au niveau des calculs de transport sédimentaire. À cet effet, la largeur des mailles varie de 80 m au large de Port-Cartier jusqu'à 1 m à proximité de Port-Cartier afin de bien schématiser le déferlement des vagues sur la plage.

4.3 Conditions limites du MNT

Pour le modèle global, les propriétés physiques des vagues (H_s , T_p et dir) sont imposées à la limite sud. Les limites Est et Ouest sont, quant à elles, du type latéral (propriétés des vagues calculées par le modèle). Puisque les profondeurs de la bathymétrie sont très élevées (plus de 10 m) dans le domaine du modèle global, le niveau d'eau n'impacte pas significativement la transformation des vagues au large. Pour cette raison, il est admissible de fixer un niveau d'eau constant de 0 m dans le modèle global. La question de la variation du niveau d'eau sera toutefois abordée dans le modèle local, celui-ci possédant un maillage plus fin.

Pour le modèle local, les propriétés physiques des vagues calculées par le modèle global sont imposées à la limite sud alors que les limites Est et Ouest sont du type latéral. Le niveau d'eau des trois conditions limites est quant à lui imposé à une valeur comprise entre -1 m et 3.4 m dépendamment du scénario considéré.

Dans les deux types de modèles (global et local), les caractéristiques physiques des vagues ne varient pas le long de la condition frontière sud. À cet effet, le modèle local a été orienté de manière à ce que la limite sud soit parallèle aux iso-contours des hauteurs de vagues. En d'autres mots, les données brutes de vagues ne varient pas de façon significative entre les extrémités sud-ouest et sud-est du modèle local.



Figure 4.2 : Étendue des modèles locaux et globaux de Port-Cartier

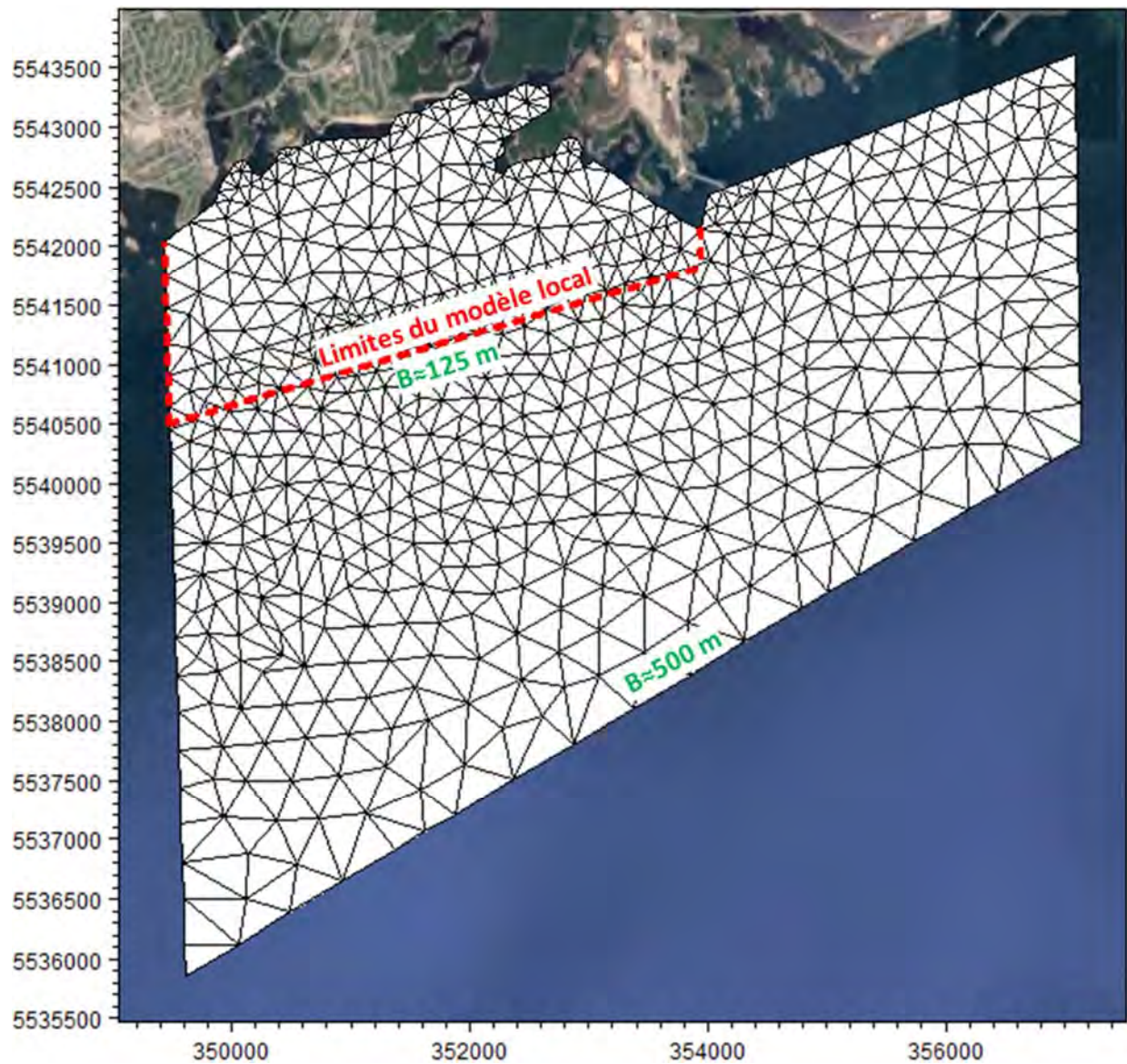


Figure 4.3 : Maillage utilisé dans le modèle global

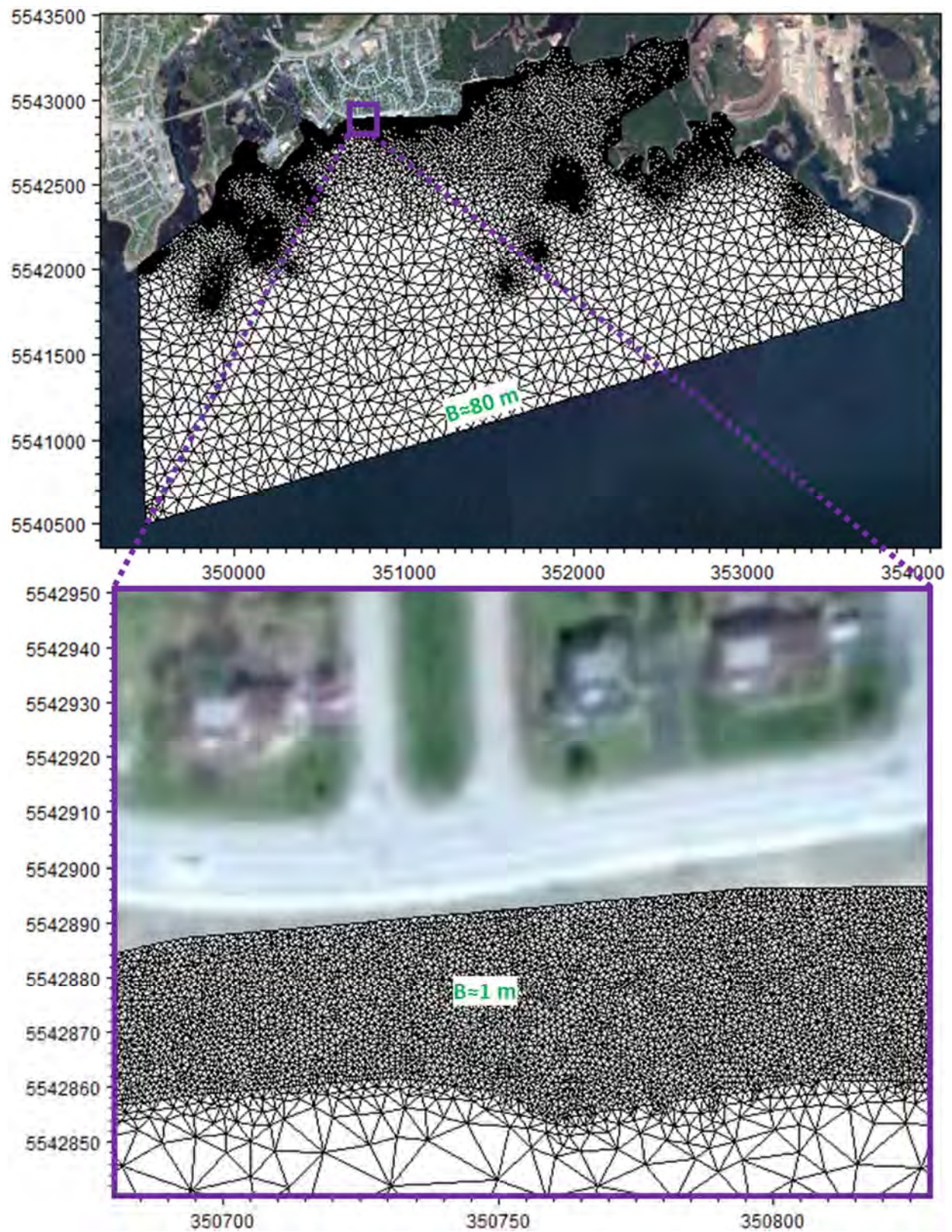


Figure 4.4 : Maillage utilisé dans le modèle local

4.4 MNT en conditions actuelles

La figure 4.5 affiche la bathymétrie issue du modèle de terrain de Port-Cartier.

La figure 4.5a montre plusieurs ilots et hauts-fonds pouvant dissiper l'énergie des vagues. Cet aspect sera abordé au chapitre 5.3.

La figure 4.5b révèle une bathymétrie peu profonde à proximité de la plage de Port-Cartier. En effet, la bathymétrie varie principalement entre -1 m et 0 m sur environ 400 m au large de la plage et des flèches de sable peuvent y être observées. Un rocher agissant de manière analogue à un brise-lame détaché est également présent à 500 m de la plage Rochelois. Ces éléments seront analysés dans le chapitre 6 portant sur la dynamique sédimentaire.

4.5 MNT en conditions futures (avec la recharge granulaire)

Une intervention de recharge granulaire est prévue sur la plage actuelle de Rochelois afin d'offrir la protection nécessaire aux événements de tempête. Des dimensions préliminaires de la recharge avaient d'abord été établies dans l'étude de M. Ropars en mars 2018 [2]. À la suite des résultats de simulations hydrodynamiques exploratoires de Lasalle|NHC en février 2019, les dimensions ont été révisées et la nouvelle recharge granulaire a été nommée « Variante V1 ».

Les travaux de modélisation du comportement hydro-sédimentaire ont ensuite permis d'optimiser la recharge granulaire afin d'obtenir la « Variante V2 » en premier lieu, puis la « Variante V3 » en second lieu. À cet effet, les détails concernant ces travaux de modélisation sont présentés à la section 6.4.

La figure 4.7c affiche une vue en coupe de la recharge granulaire prévue à la plage de Rochelois. La hauteur prévue de la crête de la recharge granulaire est de 5,4 m et une pente de 1:2 est anticipée pour la construction. Cette même figure illustre aussi la pente d'équilibre qui est anticipée pour cette recharge granulaire. À cet effet, les figures figure 4.7a et figure 4.7b comparent la forme de cette recharge à la construction ainsi qu'à l'état d'équilibre théorique.

Les échantillons des bancs d'emprunt de la recharge granulaire indiquent un d_{50} variant entre 7 mm et 20 mm pour une moyenne d'environ 15 mm. Un volume total d'environ 113 000 m³ m de gravier sera nécessaire pour obtenir la recharge illustrée sur la figure 4.7.

Un épi submersible est prévu à l'extrémité Est de la recharge granulaire afin de contenir les matériaux granulaires à l'intérieur de la zone délimitée par cette recharge. La figure 4.8 affiche les dimensions de l'épi submersible, celles-ci ayant été proposées par M. Ropars en octobre 2019.

Afin de permettre la mise en place de la recharge granulaire, l'émissaire localisé dans la section Ouest de la plage Rochelois devra être déplacé.

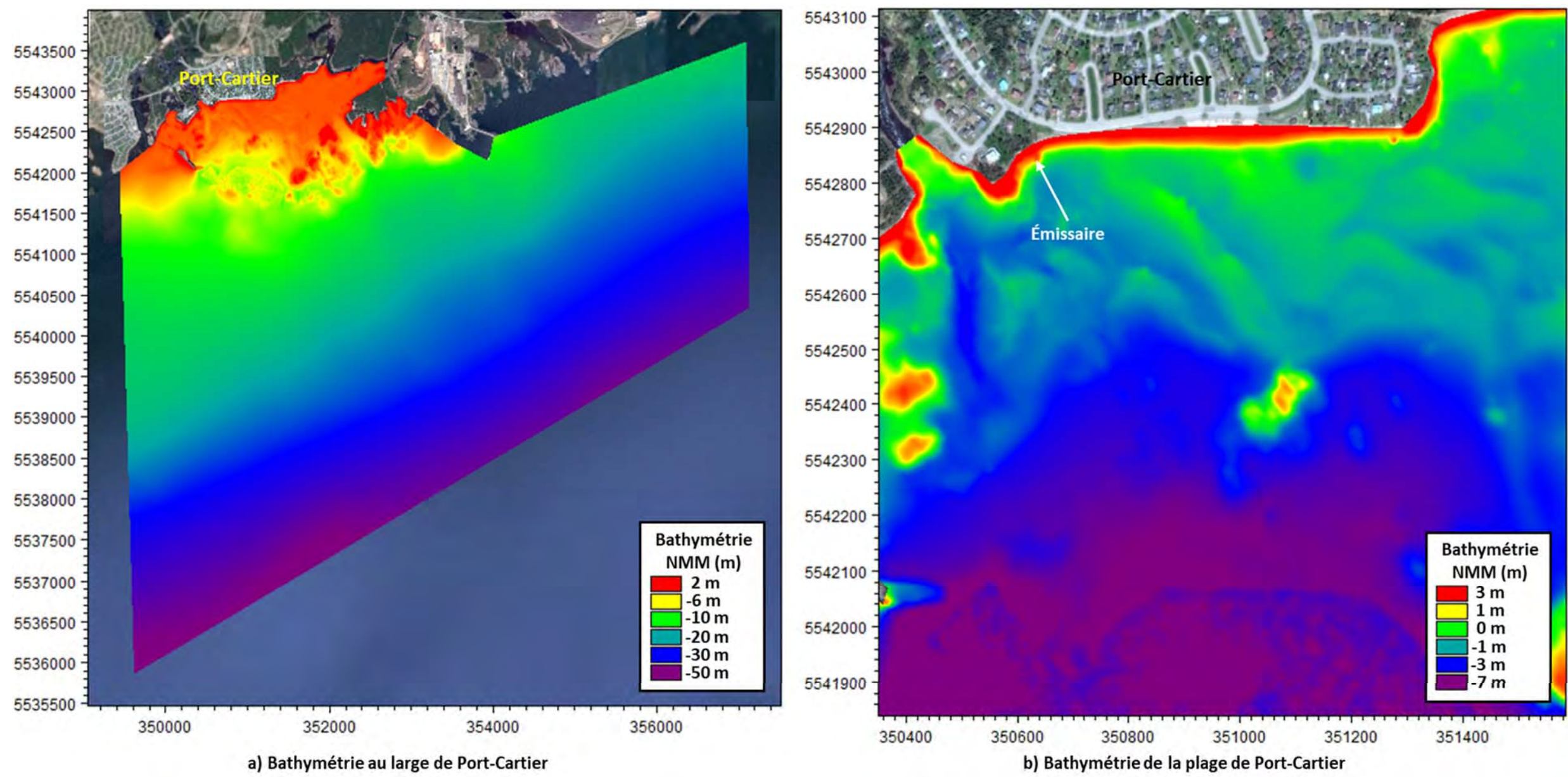


Figure 4.5 : MNT en conditions actuelles

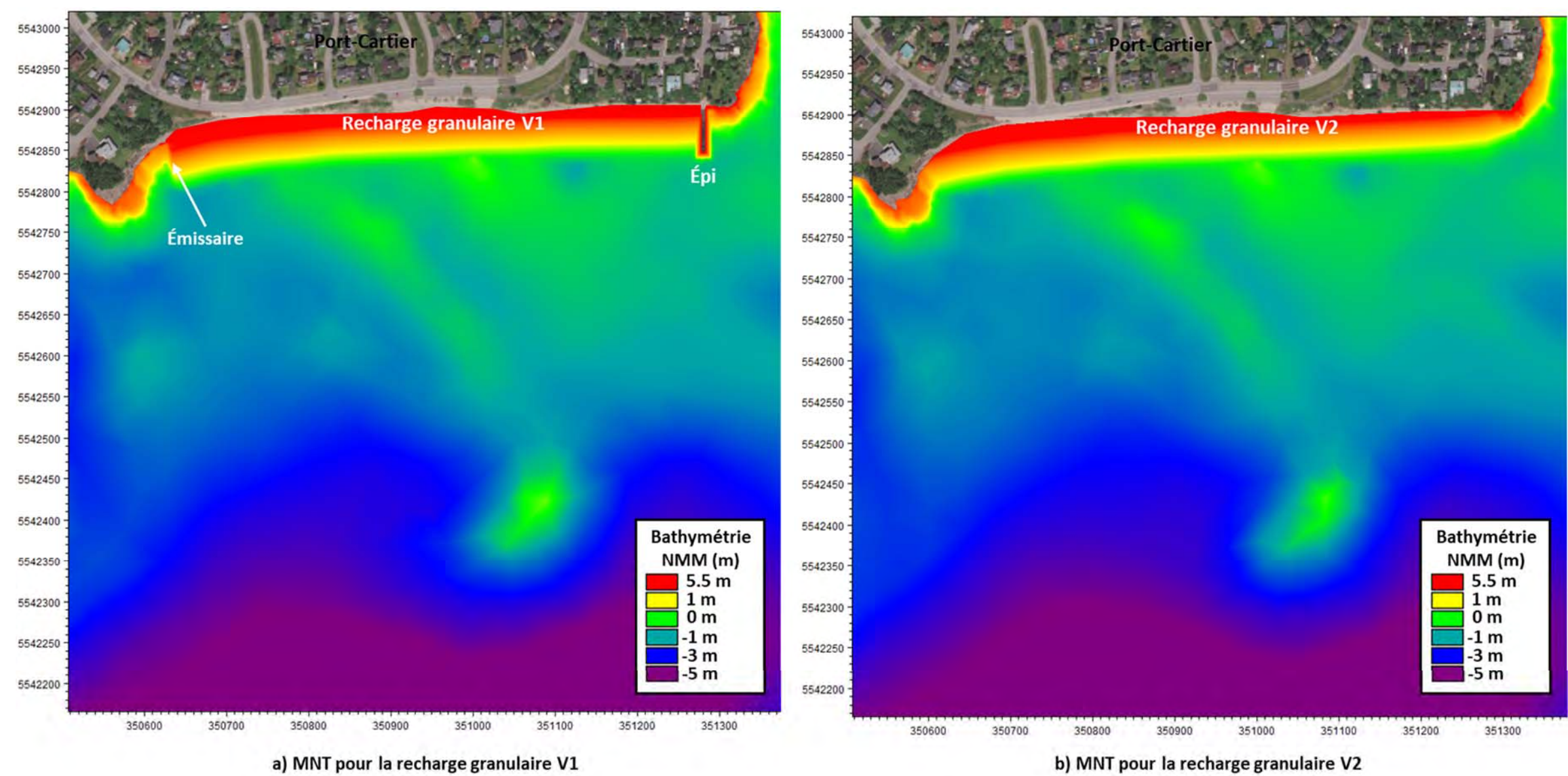
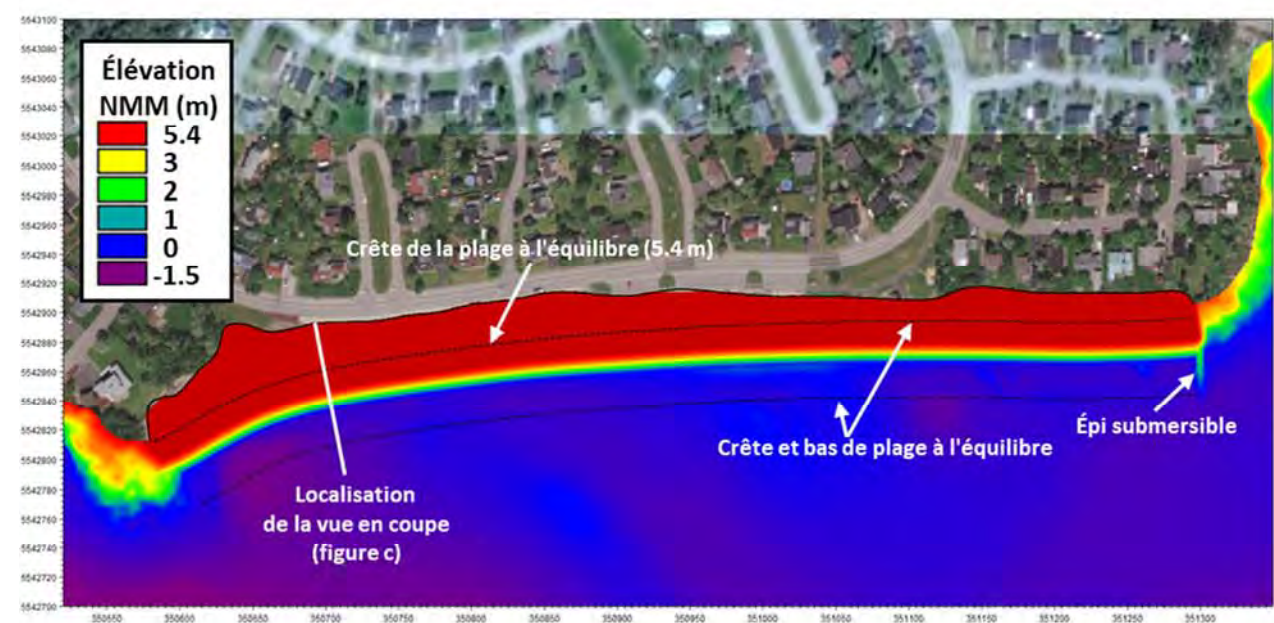
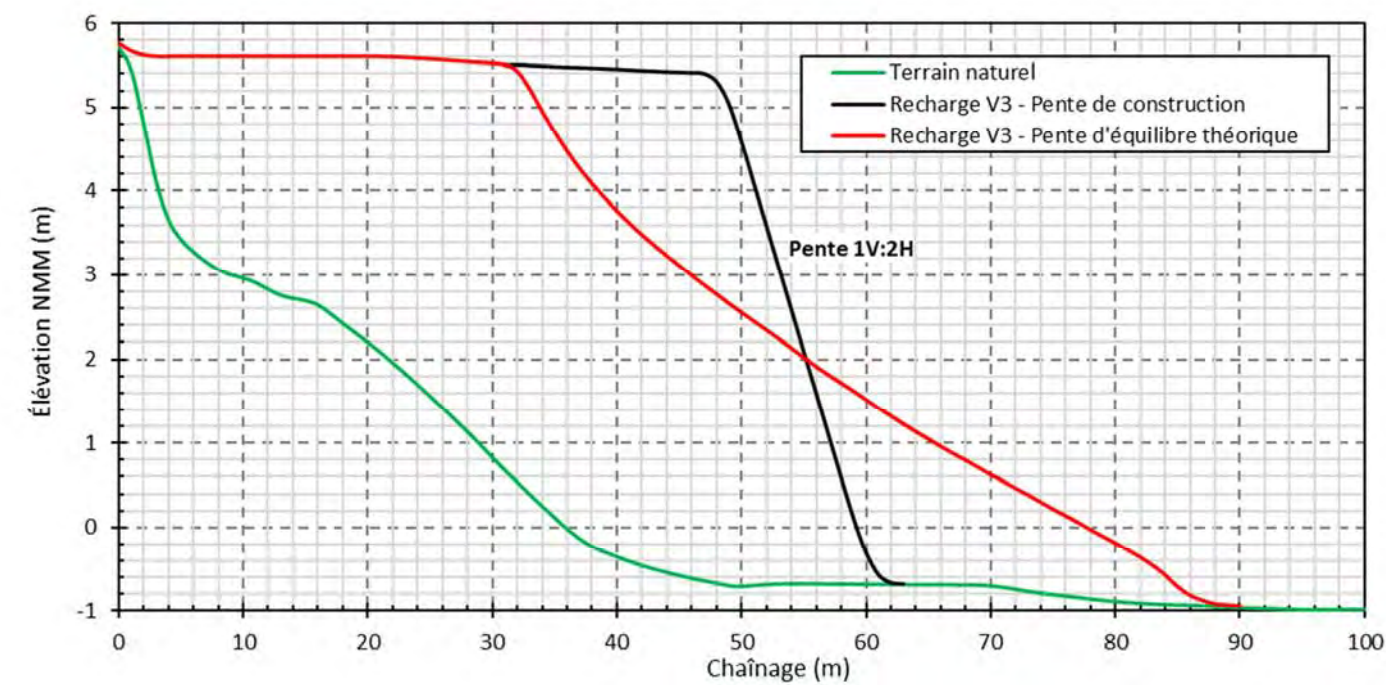


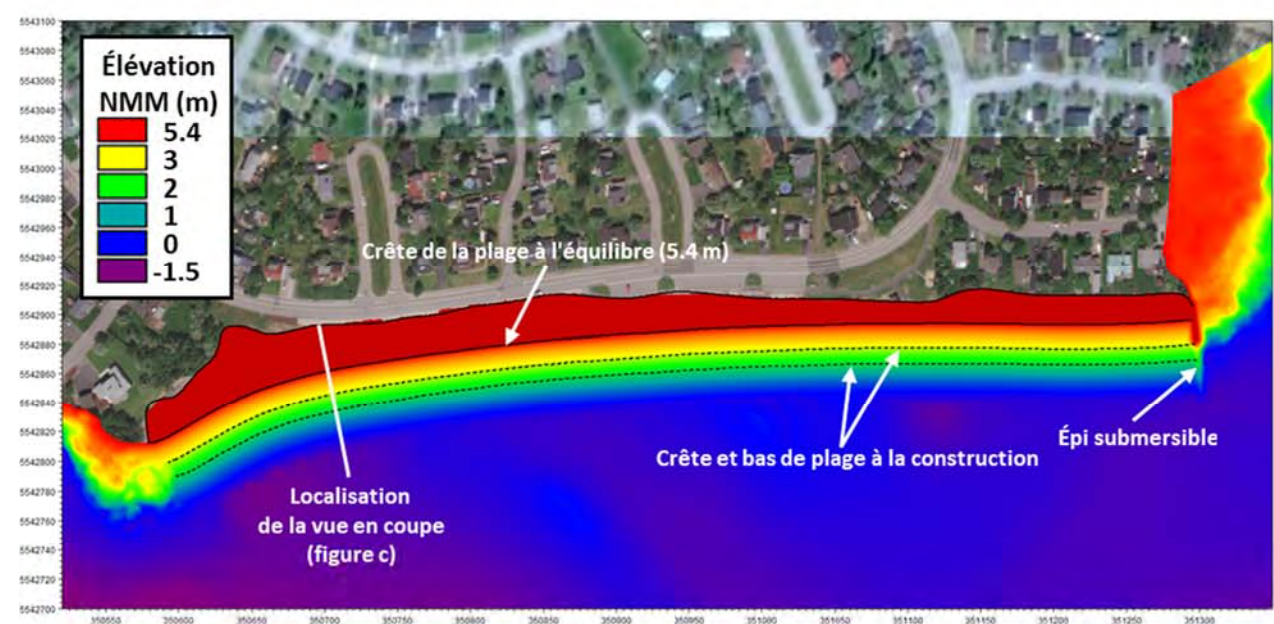
Figure 4.6: Présentation des différentes recharges granulaires étudiées (Variantes V1 et V2)



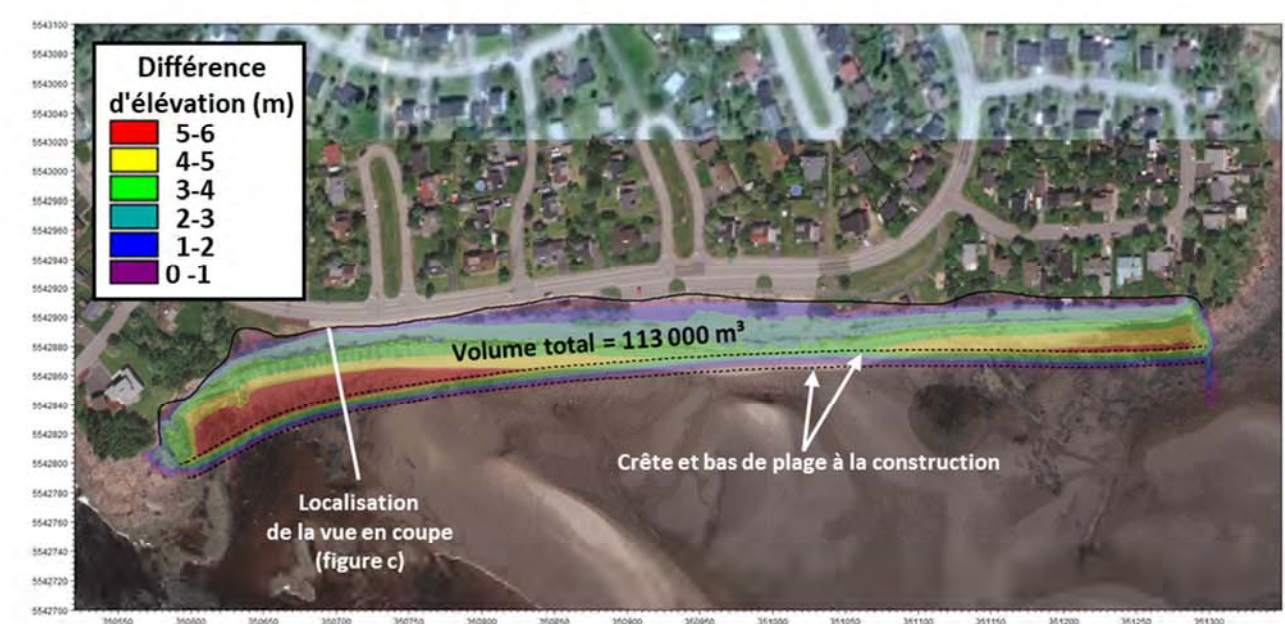
a) Recharge granulaire V3 - À la construction



c) Vue en coupe de la recharge granulaire V3



b) Recharge granulaire V3 - À l'équilibre



d) Quantité de matériaux nécessaires pour la recharge granulaire V3

Figure 4.7 : Présentation de la recharge granulaire optimisée (Variante V3)

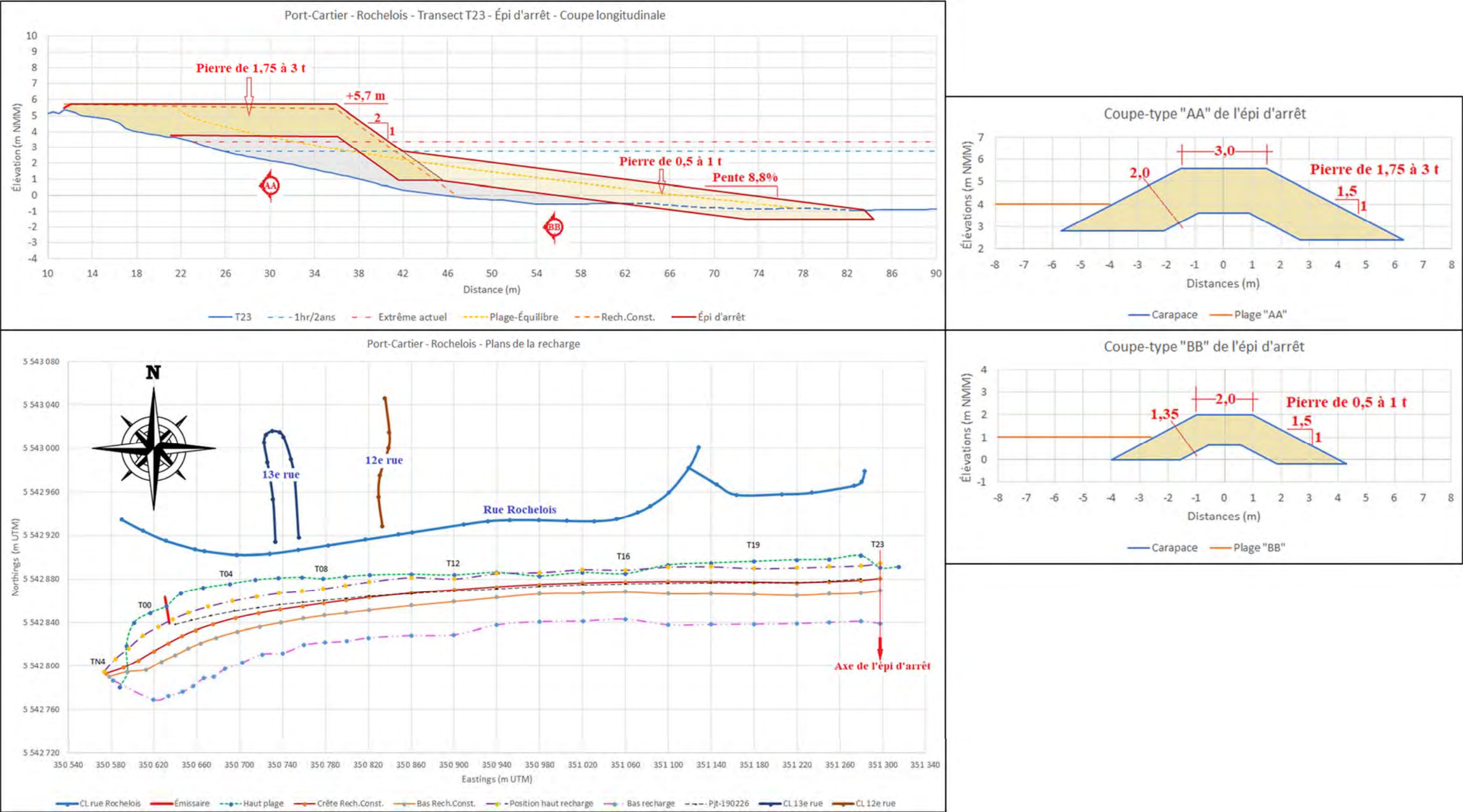


Figure 4.8 : Dimensions de l'épi submersible (Variante V3)

5. CONDITIONS MARITIMES

5.1 Concepts généraux

En milieu côtier, les vagues sont le mécanisme de base pour le transport sédimentaire (érosion et dépôt de sédiments). Les propriétés (hauteur, direction, période) et l'occurrence (nombre d'heures moyen par année) des vagues dictent non seulement la magnitude du transport sédimentaire, mais également la direction de celui-ci. C'est pour cette raison que l'élément de base de l'analyse statistique de vagues se présente sous la forme d'une rose de vagues (section 5.3).

Les dommages engendrés par une tempête ne dépendent pas uniquement de l'ampleur des vagues, mais également du niveau d'eau. En effet d'une manière générale, les tempêtes survenant à niveau élevé ont tendance à être plus dévastatrices pour la plage d'où l'importance de considérer la question du niveau d'eau dans l'étude (section 5.2). Il existe aussi une certaine dépendance (corrélation) entre le niveau d'eau et la hauteur de vagues durant un événement de tempête. Cette dépendance est importante à considérer afin de ne pas sous-estimer la récurrence des tempêtes (section 5.4).

Somme toutes, il est important de considérer le portrait général de la zone d'étude pour bien comprendre la dynamique côtière de la plage Rochelois. À cet effet, la section 5.5 résume les points clés de l'analyse des conditions maritimes de la région de Port-Cartier.

5.2 Niveaux d'eau

5.2.1 Provenance des données

Dans le cadre de la présente étude, les niveaux d'eau provenant de trois sources distinctes ont été utilisés :

1. Les niveaux d'eau prédits à Port-Cartier par Pêches et Océans Canada;
2. Les niveaux d'eau mesurés à Sept-Îles (1987-2016) publiés sur le site de Pêches et Océans Canada;
3. Les niveaux d'eau modélisés à Port-Cartier (1979-2011) par le modèle de l'ISMER [1].

Les prédictions de Pêches et Océans Canada permettent de déterminer l'amplitude du marnage dans le fleuve Saint-Laurent à la hauteur de Port-Cartier, un élément qui est abordé au chapitre 5.2.2. L'utilisation de ce type de données demeure toutefois limitée puisque les surcotes n'y sont pas incluses.

À l'opposé, les données mesurées à Sept-Îles et publiées par Pêches et Océans Canada offrent un niveau d'eau total incluant ainsi la marée et les surcotes (ou décotes). La station de mesure en question est toutefois positionnée à 40 km en aval de Port-Cartier. De plus, des absences de données peuvent parfois survenir dans la série temporelle en raison, notamment, de problèmes techniques en lien avec le matériel.

Les données modélisées par le modèle de l'ISMER permettent d'obtenir une série temporelle horaire complète de niveaux d'eau à Port-Cartier entre 1979 et 2011 (33 ans). Ce modèle tient compte de la marée et des surcotes (ou décotes). Ces données sont ainsi les plus complètes et les plus représentatives de la réalité et pour cette raison, elles ont été utilisées dans les calculs d'occurrence et de période de retour (voir chapitre 5.2.3).

Les données modélisées par l'ISMER s'arrêtant en 2011, il n'est présentement pas possible d'obtenir le niveau d'eau durant la tempête de décembre 2016 à l'aide de cet outil. Ainsi, les niveaux mesurés à Sept-Îles et publiés par Pêches et Océans Canada demeure présentement la meilleure méthode pour déterminer le niveau d'eau maximum ayant survécu durant la tempête de décembre 2016.

5.2.2 Marnage

Les prédictions de Pêches et Océans Canada sur les niveaux d'eau à la hauteur de Port-Cartier ont été utilisées afin de calculer les composantes harmoniques du signal de marée. À partir de ces composantes, il est possible de générer un signal de marée pour une période de temps donnée tel qu'illustré sur la figure 5.1.

À partir du signal de marée affichée sur la figure 5.1, il est possible de constater que le niveau d'eau varie essentiellement (80% du temps) entre -1 m et 1 m (NMM) avec un niveau minimum de -1,64 m et un maximum de 1,93 m. À cet effet, seulement 2% des cycles de marée atteint un niveau maximum surpassant 1,8 m.

Les niveaux d'eau mesurés à Sept-îles et publiés par Pêches et Océans Canada révèlent des niveaux surpassant fréquemment (plusieurs heures par année) une élévation de 2 m et ce, malgré le niveau prédit maximum de 1,93 m pour la marée. Ceci souligne l'importance de l'inclusion des surcotes dans l'analyse des niveaux d'eau du fleuve Saint-Laurent à la hauteur de Port-Cartier. Ce concept est abordé en détails à la section 5.2.3.

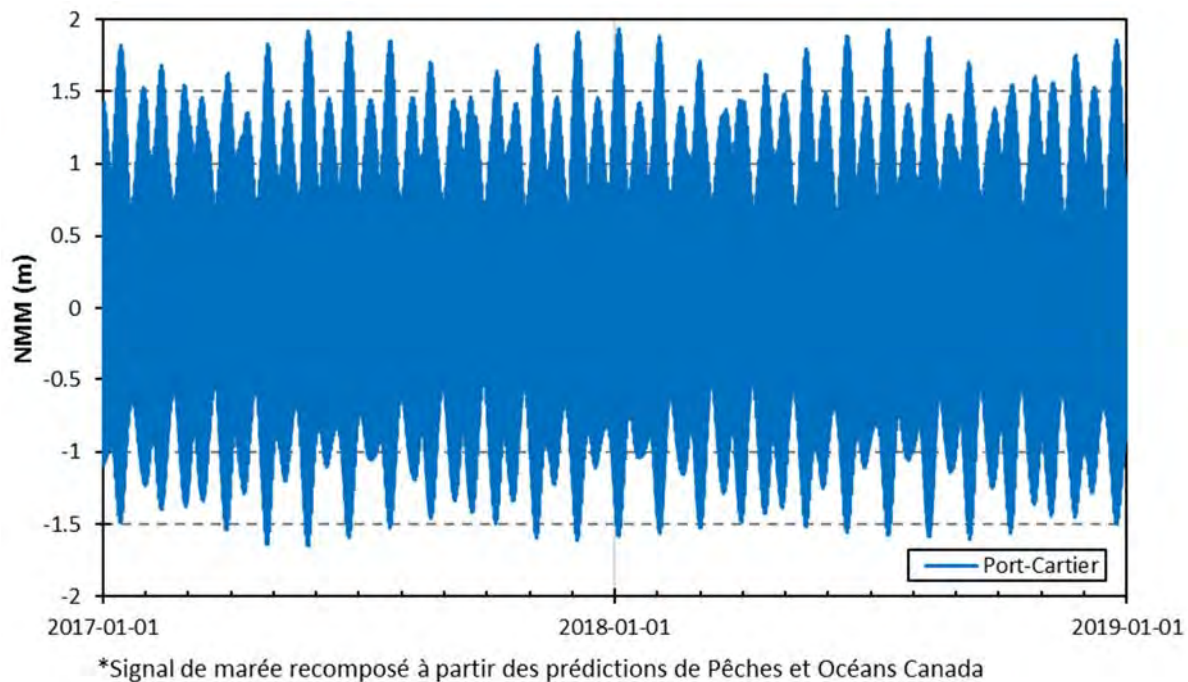


Figure 5.1 : Amplitude de la marée à Port-Cartier

5.2.3 Niveau total

Les niveaux d'eau simulés par le modèle de l'ISMER, qui inclut les cycles de marée et les surcotes (ou décotes), ont été utilisés pour calculer les probabilités d'occurrence des niveaux d'eau totaux. Il est à noter que ces niveaux ont été modélisés en appliquant les conditions atmosphériques de réanalyse du modèle MERRA (développé par la NASA) entre 1979 et 2011. À cet effet, la résolution spatiale de ce modèle planétaire est de 0,5° (36 km).

La figure 5.2 affiche l'occurrence des niveaux d'eau total modélisé pour Port-Cartier. Cette figure montre qu'en considérant la surcote, le niveau total excède fréquemment (22h par année en moyenne) une élévation de 2 m et même parfois (0,3 m/année) l'élévation de 3 m. C'était d'ailleurs le cas durant la tempête du 6 décembre 2010 lorsque le niveau modélisé a atteint un maximum de 3,24 m.

En identifiant le niveau d'eau maximum annuel pour chacune des 33 années simulées par le modèle de l'ISMER, il a été possible de calculer les périodes de retour pour les niveaux d'eau à Port-Cartier. À cet effet, les niveaux d'eau maximum annuel ont été insérés dans le modèle HYFRAN afin de calculer des périodes de retour en considérant une distribution Gumbel. La période de retour calculée pour un niveau de 2 m est ainsi de 1 an alors que pour un niveau de 3,0 m, elle est de 13 ans (voir tableau 5.1).

En comparant les résultats de la figure 5.2 avec ceux du tableau 5.1, il est possible de constater qu'un niveau de 2,6 m correspond à une occurrence de 1 heure par année et à une période de retour de 2,6 ans (et non 1 an). Ces résultats traduisent le fait qu'à chaque année, la probabilité que le niveau maximum surpasse 2,6 m est de 38% (1/2,6 année) et que, dans le cas où un tel événement surviendrait, le dépassement de 2,6 m s'étalerait fort-probablement sur plusieurs heures d'une manière à arriver à une moyenne de 1 heure par année sur une très longue échelle de temps.

Il est à noter que les niveaux d'eau évoqués dans ce présent chapitre ne tiennent pas compte du rehaussement du niveau de la mer provoqué par les changements climatiques. Toutefois, ce rehaussement de niveau est en grande partie compensé par le phénomène du relèvement isostatique dans la région de la Côte Nord du Québec [6].

Tableau 5.1 : Période de retour des niveaux d'eau maximums annuels à Port-Cartier (Loi Gumbel)

NMM (m)	T (années)
2.0	1
2.2	1.1
2.4	1.4
2.6	2.6
2.8	5.6
3.0	13
3.2	31
3.4	75

*Niveau d'eau simulée par le modèle de l'ISMER entre 1979 et 2011

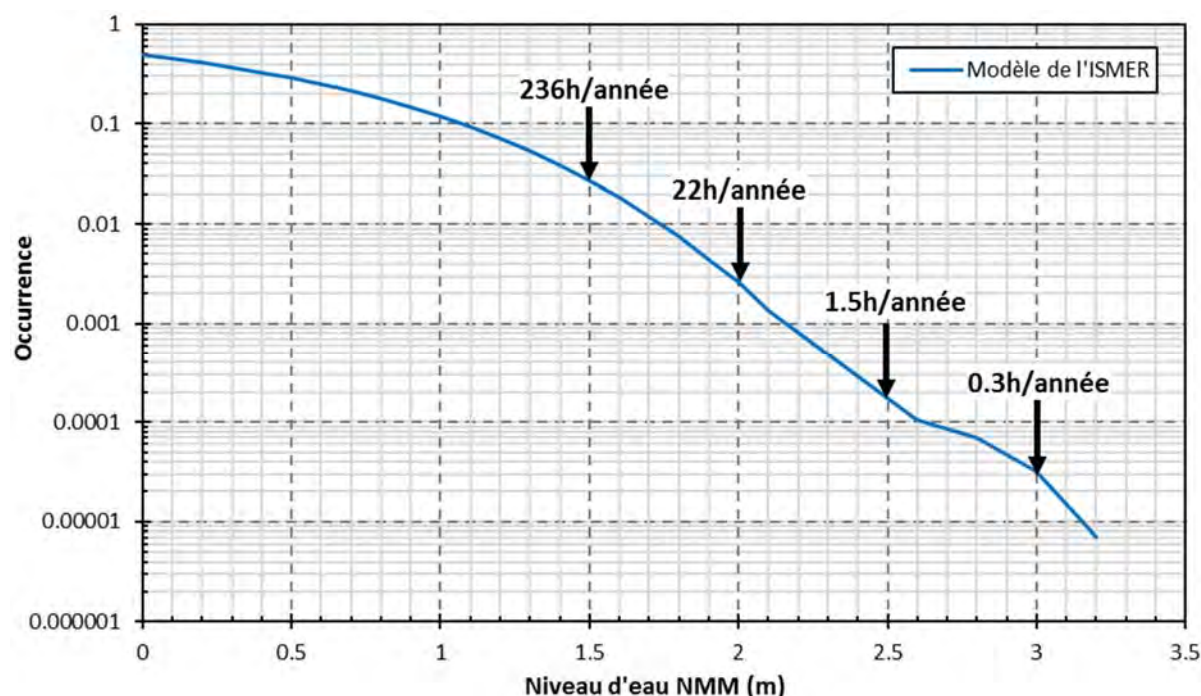


Figure 5.2: Occurrence des niveaux d'eau à Port-Cartier

5.3 Régime des vagues

5.3.1 Provenance des données

Les données de vagues utilisées dans le cadre de la présente étude proviennent du modèle de l'UQAR qui couvrent l'ensemble du fleuve Saint-Laurent ainsi que le golfe du Saint-Laurent. Il est à noter que ce modèle utilise l'algorithme du modèle planétaire Wave Watch III (WWIII) développé et opéré par la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration).

Le modèle de l'UQAR offre ainsi des données horaires de vagues et de vents entre les années 1980 et 2015 (35 ans) à une résolution de 1 km². Il est à noter que les vagues ont été modélisées en appliquant les conditions atmosphériques de réanalyse du modèle NARR entre 1980 et 2010 et NARR et GEM après 2010. À cet effet, la résolution spatiale de ce modèle, qui couvre l'ensemble de l'Amérique du nord, est de 0,3° (21,5 km).

En plus de tenir compte du forçage des vents, le modèle de l'UQAR inclut également la dissipation de l'énergie des vagues engendrée par la présence de glace à la dérive sur le Saint-Laurent.

Les données modélisées par l'UQAR s'arrêtant en décembre 2015, il n'est présentement pas possible d'obtenir les caractéristiques des vagues durant la tempête de décembre 2016 à l'aide de cet outil.

5.3.2 Réfraction des vagues du large

Les données de vagues de l'UQAR ont été extraites à une profondeur d'eau suffisamment élevée (à environ 5 km de Port-Cartier) afin d'obtenir une série temporelle de vagues dépourvue d'effets de réfractions et de diffraction engendrés par la bathymétrie et les divers îlots. Ces phénomènes physiques, qui nécessitent un maillage plus fin pour être bien résolus, seront couverts à l'aide d'un modèle global en premier lieu, puis par un modèle local en second lieu.

L'élaboration de deux modèles (global et local) plutôt qu'un seul modèle permet, d'une part, de raffiner le maillage dans les zones d'intérêts et, d'autre part, d'optimiser les temps de calcul. La figure 5.3 illustre l'étendue de chacun de ces deux modèles.

La série temporelle (1980-2015) de vagues de l'UQAR a ainsi été imposée à la condition limite au large du modèle global (voir figure 4.3 p.17 pour le maillage utilisé). La réfraction et la diffraction de ces vagues est ensuite modélisées avec le module Mike 21 SW pour la période de temps considérée. Le tableau 5.2 offre un résumé des principaux paramètres utilisés dans ce modèle. Il est à noter que ces paramètres sont standards dans le domaine du génie côtier et ils sont également recommandés par le guide d'utilisation de Mike 21 SW.

Puisque les profondeurs de la bathymétrie sont très élevées (plus de 10 m) dans le domaine du modèle global, le niveau d'eau n'impacte pas significativement les phénomènes de réfraction et de diffraction des vagues. Pour cette raison, il est admissible de fixer un niveau d'eau constant de 0 m dans l'ensemble du modèle global. L'influence de la variation du niveau d'eau est toutefois prise en compte dans le modèle local, celui-ci possédant un maillage plus fin. Ce type d'analyse est présenté au chapitre 6 de ce rapport.

Tableau 5.2 : Résumés des principaux paramètres utilisés dans le modèle Mike 21 SW

Paramètre	Valeur
Type de formulation	Quasi-stationnaire
Discrétisation de la direction	15°
Gamma (déferlement des vague)	0.8
Coefficient Nukuradse	0.04
Condition limite au sud	H_s , T_p , Dir_{moy} et DSD
Conditions limites ouest et est	Latérale
Écart-type directionnel des vagues (DSD)	10°
Niveau d'eau	Constant (0 m NMM) pour le modèle global Variable pour le modèle local

La figure 5.3 affiche, en guise d'exemple, le phénomène de réfraction de vagues à Port-Cartier pour une heure donnée. Cette figure montre qu'au sud-est du modèle, les vagues sont en provenance de l'est (90°) alors qu'à proximité de Port-Cartier, la direction des vagues (environ 180°) est pratiquement perpendiculaire à la plage. Cette même figure montre aussi que la hauteur de vagues subit une importante diminution (3.8 m à 0.5 m) à proximité de Port-Cartier ce qui révèle une dissipation importante de l'énergie des vagues par les divers îlots-rochers.

La série temporelle (35 ans) de vagues issues du modèle global a ensuite été extraite à environ 2 km au large de Port-Cartier, soit à la limite du modèle local. Ces données extraites seront ainsi utilisées en tant qu'intrants pour le modèle local pour la modélisation de la dynamique sédimentaire (voir chapitre 6).

Il est à noter que pour le reste du rapport, les caractéristiques des vagues utilisées sont celles extraites à la condition limite du modèle local, soit à environ 2 km au large de Port-Cartier. Ces données de vagues, étant plus proche de Port-Cartier que celles du modèle de l'UQAR, sont plus représentatives du climat de vagues à Port-Cartier.

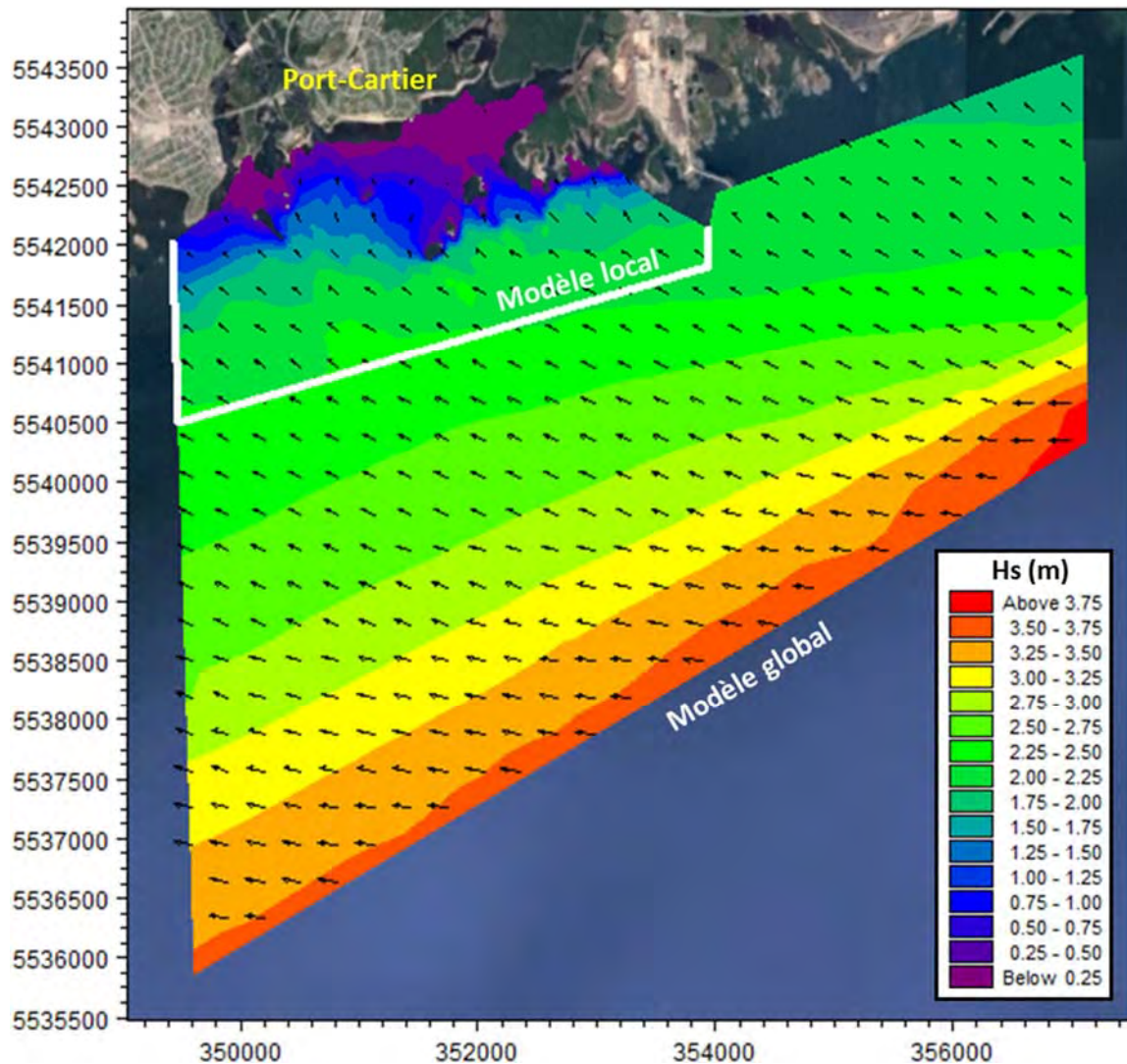


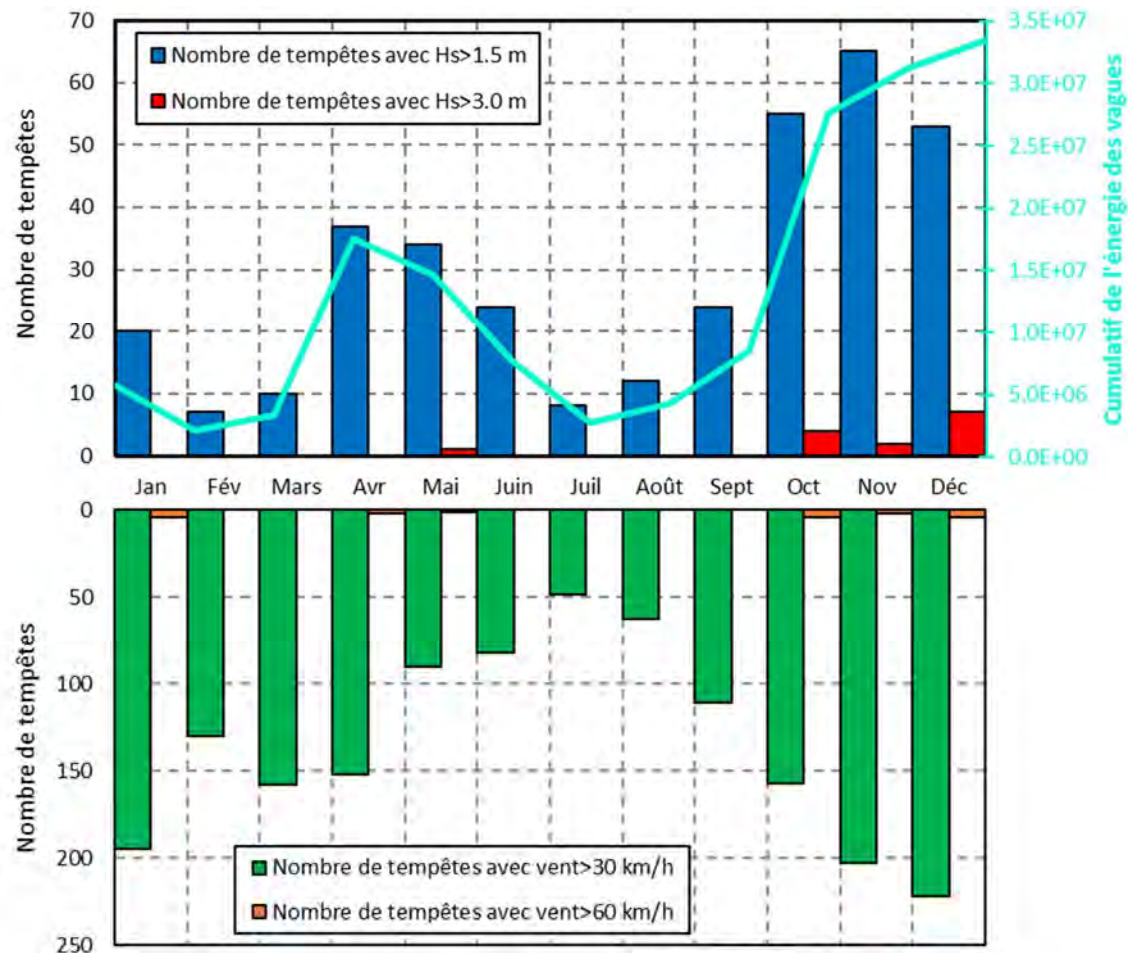
Figure 5.3 : Réfraction des vagues au large de Port-Cartier

5.3.3 Saison des tempêtes

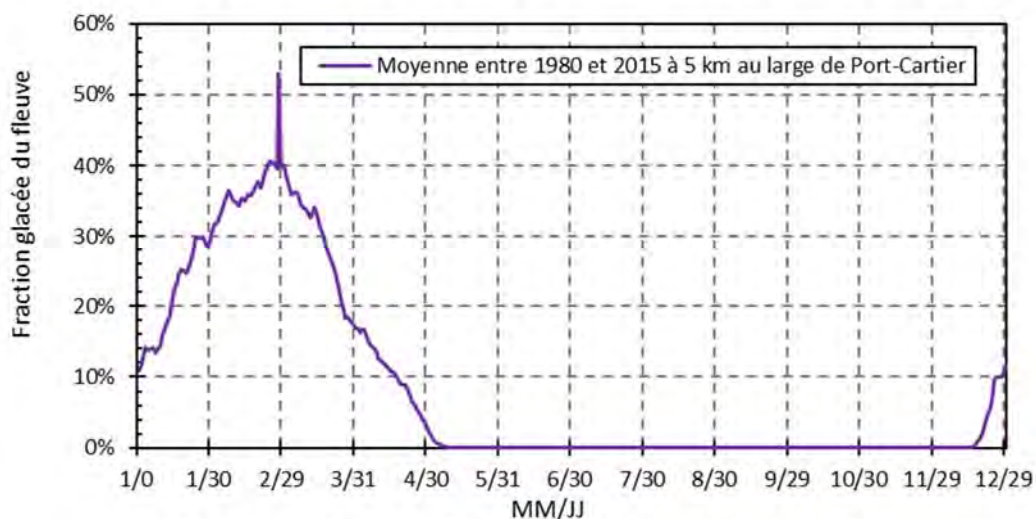
La figure 5.4a illustre la variation du nombre de tempête en fonction du mois de l'année. Deux saisons de tempêtes (hauteur de vagues importantes) peuvent ainsi être identifiées : la première au printemps (avril-juin) et la seconde en automne (octobre-décembre). Il est à noter que la saison d'automne contient les tempêtes les plus énergétiques, certaines d'entre elles étant caractérisées par des vagues de plus de 3 m à 2 km au large de Port-Cartier.

Il est intéressant de noter que la saison d'accalmie des vagues observée en juillet et en août coïncide également avec l'accalmie des vents durant cette même période. À l'opposé, l'accalmie des vagues en février et mars ne coïncide pas avec une accalmie des vents pour cette même période. Cette observation révèle une dissipation importante de l'énergie des vagues par la présence de glace à la dérive sur le Saint-Laurent. En effet, la figure 5.4b affiche une fraction glacée non-négligeable du Saint-Laurent entre la mi-janvier et la fin mars. À ce sujet, le rapport d'étude de l'ISMER sur la modélisation du régime des vagues du golfe de Saint-Laurent [7] mentionne que la glace est considérée présente dans le Saint-Laurent lorsque la concentration dépasse le seuil du 10%. Ce même rapport considère aussi une atténuation complète des vagues lorsque la concentration dépasse le seuil du 50%. En guise d'illustration, la figure 5.5 affiche l'ampleur de la glace à la dérive sur le golfe du Saint-Laurent par le biais d'une image satellite qui a été prise le 9 février 2015.

La génération de la glace dans le golfe du Saint-Laurent entre la mi-janvier et la fin mars constitue donc un mécanisme naturel d'atténuation d'énergie des vagues pour la période considérée. Toutefois, les projections climatiques prévoient, à partir de 2025, une diminution linéaire de la durée d'englacement pour finalement devenir nulle en 2100 [7]. Ainsi selon les résultats de ces projections climatiques, la saison des tempêtes d'automne (octobre-décembre) sera prolongée vers le mois de janvier alors que la saison des tempêtes de printemps (avril-juin) sera étendue vers le mois de mars. À plus long-terme, soit en 2100, il est prévu que la saison des tempêtes d'automne rejoigne celle des tempêtes de printemps en raison de l'absence de glace dans le golfe du Saint-Laurent. Ainsi, la saison des tempêtes s'étendra entre les mois d'octobre et juin, laissant place à une accalmie de seulement 3 mois (juillet-septembre).



a) Nombre de tempêtes entre 1980 et 2015 en fonction du mois de l'année



b) Fraction glacée du fleuve Saint-Laurent en fonction du temps

Figure 5.4 : Nombre de tempête à Port-Cartier en fonction du mois de l'année et fraction glacée du fleuve Saint-Laurent en fonction du temps de l'année

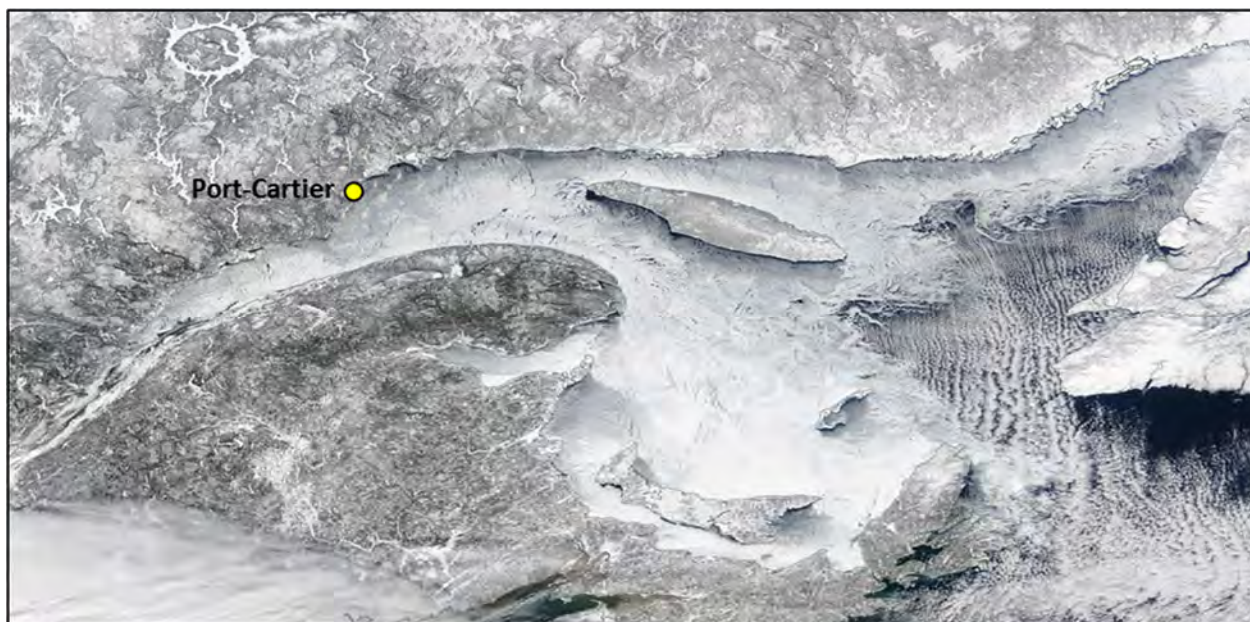


Figure 5.5 : Couvert de glace sur le golfe de Saint-Laurent le 9 février 2015 (tiré de NASA Worldview)

5.3.4 Durée des tempêtes

La figure 5.6 illustre la variation de la hauteur de vagues des 250 tempêtes les plus énergétiques entre 1980 et 2015. Cette figure montre qu'à l'exception des tempêtes du 15 décembre 2010 et du 5 décembre 2010, la variation de la hauteur de vagues se produit selon la forme d'une cloche.

Pour chacune des 250 tempêtes considérées, il est possible de calculer le cumulatif d'énergie de la tempête considérée (points bleus sur la figure 5.7) et de diviser ce cumulatif par la hauteur de vague maximale de la tempête de manière à obtenir une durée équivalente de la tempête pour une hauteur de vague constante (points rouges sur la figure 5.7). La durée des tempêtes peut ainsi varier d'une extrême à l'autre entre 6 h et 49 h avec la majorité (90%) comprise entre 10 h et 30 h. La durée moyenne d'une tempête est, quant à elle, égale à environ 18 h et ce, autant pour les petites tempêtes (H_s de 1.5 m) que pour les grandes tempêtes (H_s de 3 m). Cette durée moyenne sera considérée dans les simulations de tempêtes ponctuelles à la section 6.3.

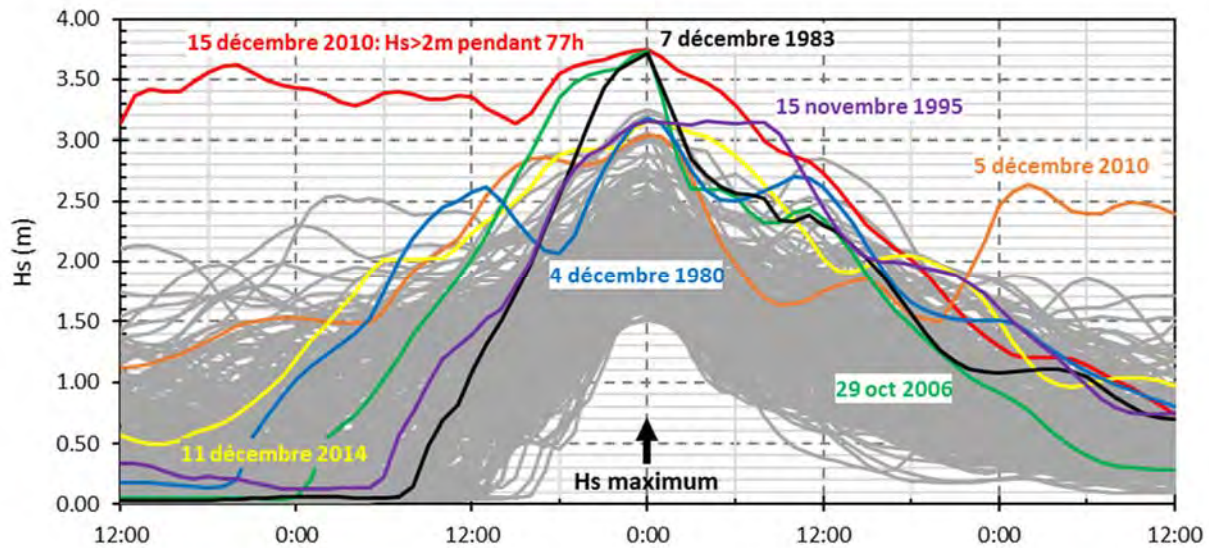


Figure 5.6 : Variation de la hauteur de vagues des 250 tempêtes les plus énergétiques entre 1980 et 2015

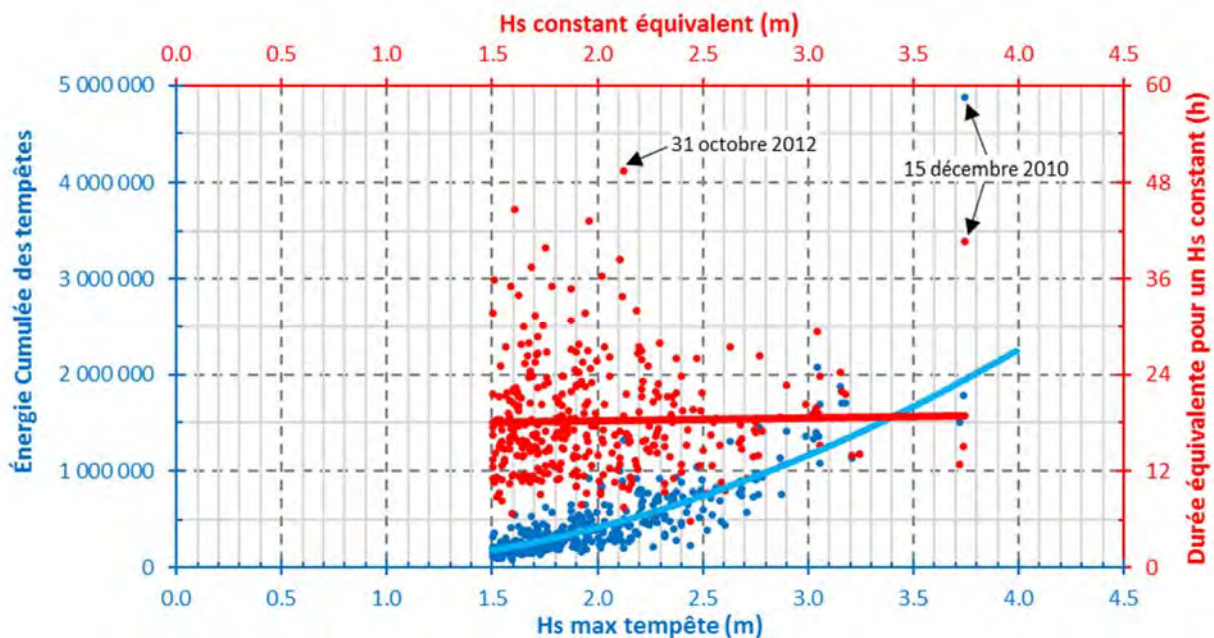


Figure 5.7 : Corrélation entre la hauteur de vagues et la durée de la tempête pour les 250 tempêtes les plus énergétiques entre 1980 et 2015

5.3.5 Rose des vagues

La figure 5.8a illustre la rose des vagues calculées par le modèle numérique 2 km au large de Port-Cartier à l'aide de la série temporelle de 1980 à 2015. Deux directions dominantes sont observées : soit l'ESE et le sud.

Les vagues en provenance de l'ESE peuvent être générées autant par les tempêtes ayant lieu dans le fleuve Saint-Laurent (à environ 200 km à l'ESE de Port-Cartier) que par celles ayant lieu dans le golfe du Saint-Laurent (jusqu'à 600 km de Port-Cartier). Puisque la profondeur d'eau est très élevée dans cette section du fleuve et du golfe, les vagues sont libres de se propager sur de longue distance sans être dissipées par le fond marin. Ainsi, la combinaison des profondeurs d'eau importantes et des longueurs de fetch élevées font en sorte que les vagues de l'ESE peuvent fréquemment atteindre des hauteurs de vagues importantes.

Les vagues en provenance du sud sont quant à elles générées par les tempêtes ayant lieu dans le fleuve Saint-Laurent au sud de Port-Cartier. Le fetch disponible pour la génération de ces vagues est moins importantes (à peine 100 km) ce qui fait en sorte que les vagues du sud sont beaucoup moins énergétiques que les vagues de l'ESE.

En effet, la figure 5.8b montre que les vagues du sud n'ont jamais atteint une hauteur de plus de 3.0 m entre les années 1980 et 2015 alors que pour la direction ESE, une telle hauteur est dépassée 3 h/année en moyenne. Un constat semblable peut également être fait pour les vagues de plus de 2 m : elles sont très rarement en provenance du sud (0,4 h/année) et relativement fréquente en provenance de l'ESE (41 h/année).

Le tableau 5.3 affiche la période de retour des hauteurs de vagues pour chacune des deux directions considérées. Ces périodes de retour ont été calculées en considérant les hauteurs de vagues maximales annuelles entre 1980 et 2015 et en appliquant la loi Gumbel. La période de retour pour une tempête ayant des vagues maximales de 3,0 m est de 4 ans alors que pour une hauteur maximale de 4,0 m, elle est de 33 ans. Il est à noter qu'entre les années 1980 et 2015, la vague maximale annuelle a toujours été en provenance de l'ESE et non du sud.

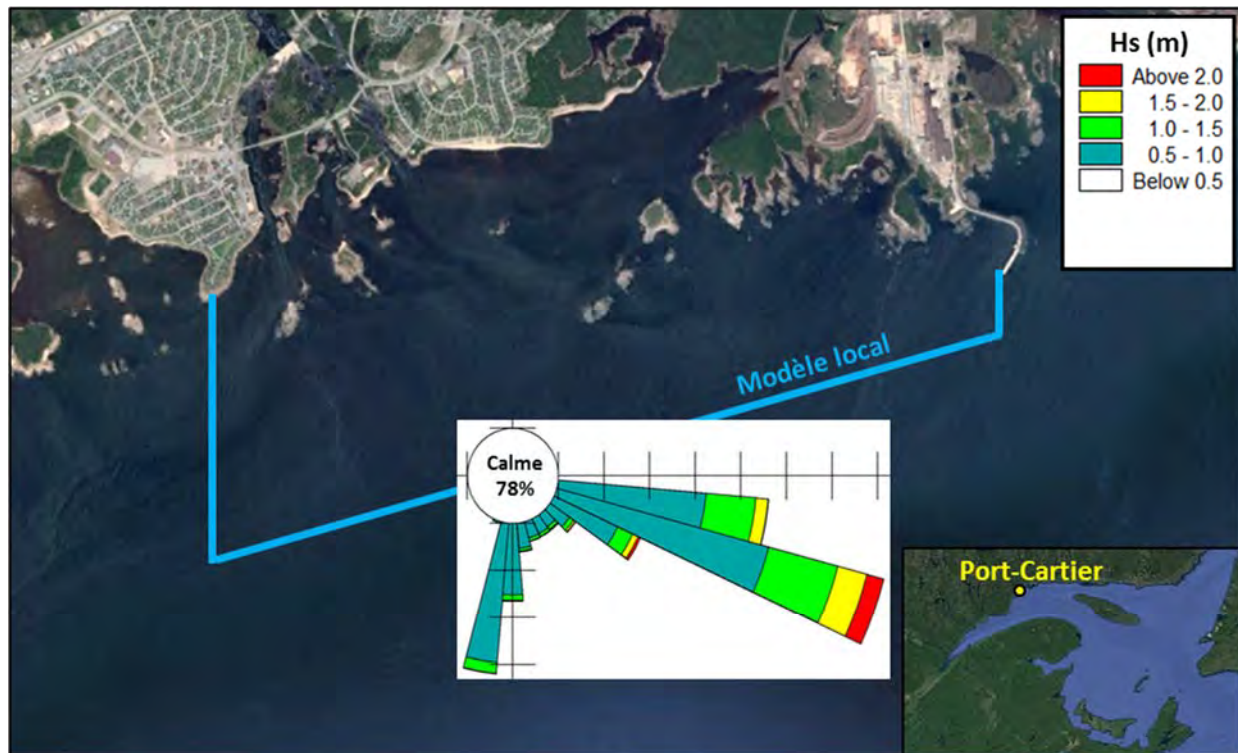
En comparant les résultats de la figure 5.8b avec ceux du tableau 5.3, il est possible de constater qu'une hauteur de vagues de 3,4 m correspond à une occurrence de 1 heure par année et à une période de retour d'environ 10 ans (et non 1 an). Ces résultats traduisent le fait qu'à chaque année, la probabilité que la hauteur de vagues maximum dépasse 3,4 m est de 10% (1/10 ans) et que, dans le cas où un tel événement surviendrait, le dépassement de 3,4 m s'étalerait fort-probablement sur plusieurs heures d'une manière à arriver à une moyenne de 1 heure par année sur une très longue échelle de temps.

Tableau 5.3 : Période de retour de la hauteur de vague maximale à Port-Cartier

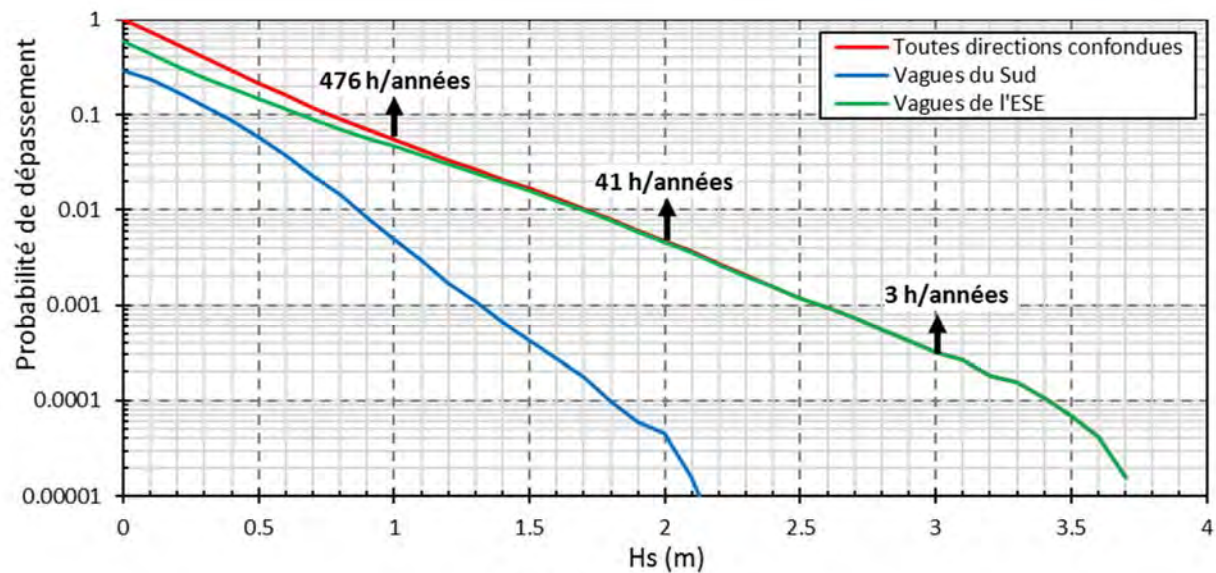
Hs (m)	T (années) – Loi Gumbel		
	Vagues toutes directions confondues	Vagues de l'ESE	Vagues du sud
1.0	-	-	1.01
1.5	1.000	1.000	2
2.0	1.04	1.04	12
2.5	1.5	1.5	100
3.0	4	4	-
3.5	11	11	-
4.0	33	33	-

Calculé à partir des années 1980 à 2015

Il est à noter que pour calculer l'ensemble des probabilités de hauteur de vagues, l'hypothèse d'un climat stationnaire est considérée. En d'autres mots, la probabilité d'occurrence d'une tempête exceptionnelle serait la même en 1980 qu'en 2015. Or, il est prévu que la durée d'englacement du golfe du Saint-Laurent diminuera au fil des années à partir de 2025 en raison des changements climatiques ce qui, en conséquence, diminuera la durée de la période d'accalmie où l'énergie des vagues peut être dissipée par la glace à la dérive (voir section 5.3.3). Ainsi dans le futur, les vagues d'une hauteur importante seront libres de se former durant les mois de janvier et mars alors qu'actuellement, les hauteurs maximales annuelles des vagues surviennent principalement (75% des cas) entre les mois d'octobre et décembre ainsi qu'entre les mois d'avril et mai (17% des cas). La diminution projetée de la durée d'englacement du golfe du Saint-Laurent aura donc pour effet, à plus long terme, de diminuer la période de retour des événements affichés dans le tableau 5.3.



a) Rose des vagues



b) Occurrence des vagues

Figure 5.8 : Rose des vagues et occurrence des vagues à Port-Cartier

5.3.6 Discrétisation de la rose des vagues

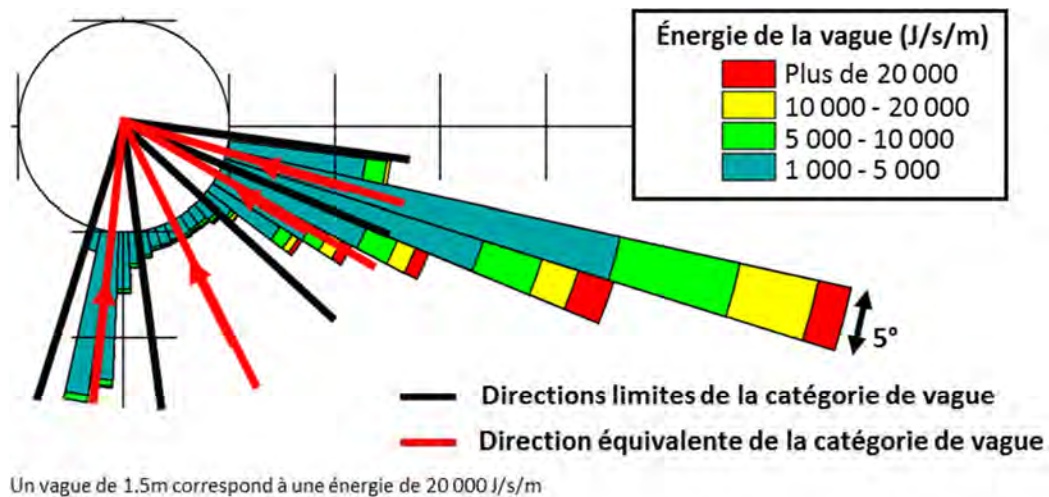
Pour fin de modélisation du transport littoral à long-terme (plusieurs années), la rose des vagues présentées à la figure 5.8a a été discrétisée en plusieurs cas typiques de vagues. Une telle approche permet d'effectuer des travaux de modélisation en utilisant un maillage raffiné dans les zones d'intérêt tout en maintenant des temps de calculs réalistes. À cet effet, la section 6.4 aborde en détails la méthodologie utilisée pour modéliser le transport littoral à long-terme.

La discrétisation de la rose des vagues a principalement été effectuée sur la base de la méthode de flux d'énergie (EFM) présentée dans une étude de Deltares publié en 2016 [8]. Cette méthode consiste brièvement à diviser la rose des vagues en différentes combinaisons hauteur-direction possédant le même niveau d'énergie cumulé. Des légères modifications ont toutefois été apportées à la méthode afin de l'appliquer dans les particularités de Port-Cartier.

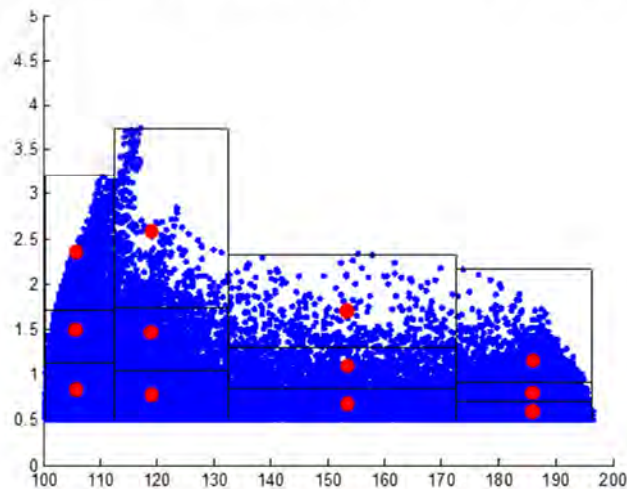
Puisque la majorité de l'énergie des vagues est concentrée à l'intérieur d'une même direction, soit l'ESE, la discrétisation des directions a été effectuée en considérant l'allure de la rose des vagues plutôt que sur un niveau d'énergie équivalent. Ainsi, la rose des vagues a été discrétisée en 4 directions tel qu'illustré sur la figure 5.9a. Ces 4 groupes de direction comprennent 60%, 25%, 6% et 9% du niveau d'énergie total (groupes de l'est vers l'ouest).

Pour chaque groupe de direction, 3 sous-groupes de hauteur de vagues ont été définis en considérant un niveau d'énergie cumulé équivalent dans chacun des 3 sous-groupes. Les vagues de moins de 50 cm n'ont toutefois pas été considérées dans le calcul puisqu'elles n'engendrent pas de transport littoral notable. Au final, la rose des vagues est schématisée par 12 cas de vagues tel qu'illustré sur la figure 5.9b. L'occurrence de chacun de ces 12 cas sera présentée dans la section 5.4.3.

Des travaux de recherche & développement réalisés par Lasalle|NHC en novembre 2019 ont permis de conclure sur le fait qu'une discrétisation en 12 cas de vagues était suffisante pour bien schématiser le climat de vagues à Port-Cartier [9]. À cet effet, les travaux effectués par Lasalle|NHC consistait à comparer un cas de discrétisation comportant 90 cas de vagues (15 groupes de directions et 6 groupes de H_s) avec une vingtaine de scénarios de discrétisation possédant diverses combinaisons de groupes de directions et de H_s .



a) Rose d'énergie des vagues à proximité de Port-Cartier



b) Discrétisation de la rose des vagues à proximité de Port-Cartier

Figure 5.9 : Discrétisation de la rose des vagues de Port-Cartier

5.4 Probabilités combinées des niveaux d'eau et des vagues

5.4.1 Dépendance entre les variables

Pour des raisons physiques, les variables de niveaux d'eau et de hauteur de vagues ne sont pas strictement indépendants. En effet, les vagues importantes, étant générées par des forts vents, surviennent durant des dépressions atmosphériques (cyclones) couvrant de grandes superficies. La combinaison de l'effet de baromètre inversé et des vents constants sur le Saint-Laurent peut engendrer des surcotes importantes qui se superposent à l'amplitude de la marée. C'est pour cette raison que les tempêtes exceptionnelles surviennent souvent (mais pas toujours) à niveau haut.

Les notions de probabilités se compliquent donc dans une telle situation : les probabilités d'occurrence de chacun des deux événements ne peuvent pas tout simplement être multipliées ensemble pour obtenir une probabilité d'occurrence simultanée des deux événements. En effet, une telle opération aurait pour effet de surestimer la période de retour d'un événement et, en conséquence, de sous-dimensionner un ouvrage de protection. Pour cette raison, il est primordial d'évaluer la dépendance entre les variables de niveaux d'eau et de hauteur de vagues.

L'analyse de la dépendance entre les variables de niveaux d'eau et de hauteur de vagues a été effectuée sur la base d'une méthodologie présentée dans un rapport d'étude de l'état de Queensland en octobre 2012 [10]. Cette méthodologie consiste brièvement à évaluer le nombre de fois où un événement surpasse simultanément un certain niveau d'eau et une hauteur de vagues donnée. Un facteur de dépendance, compris entre 0% (indépendance totale) et 100% (dépendance totale), est ensuite calculé entre ces deux variables. Cette méthodologie a été appliquée non seulement aux niveaux d'eau, mais également aux surcotes.

Le tableau 5.4 affiche les résultats de dépendance entre les variables de surcote et de hauteur de vagues lorsque celles-ci sont en provenance de l'ESE. Un exemple d'interprétation des résultats de ce tableau serait le suivant : si une hauteur de vague atteint 3,5 m, la probabilité qu'une surcote atteigne simultanément 1,6 m est de 69%. Dans une telle situation, la période de retour d'un événement de vagues de 3,5 m de hauteur ($P_{HS}=1/11$) doit être multipliée par le facteur de dépendance (0,69) afin d'obtenir la période de retour combinant une hauteur de vagues de 3,5 m et une surcote de 1,6 m ($P_{comb}=1/16$).

Les résultats du tableau 5.4 montrent une variabilité importante de la dépendance entre les variables de surcotes et d'hauteur de vagues en fonction de la combinaison considérée. En effet, il est possible de remarquer une certaine tendance à l'augmentation de la dépendance pour les combinaisons de variables à magnitude semblable (diagonale identifiée en rouge dans le tableau). Cette observation traduit le fait que les surcotes et les hauteurs de vagues découlent du même système de dépression atmosphérique : une augmentation de la sévérité de la dépression atmosphérique engendre à la fois une augmentation de la surcote et de la hauteur de vagues. En effet, il serait absurde d'observer des surcotes exceptionnelles en période d'eau calme et vice-versa.

Le tableau 5.5 affiche les résultats de dépendance entre les variables de niveau d'eau (combinant surcote et marée) et de hauteur de vagues lorsque celles-ci sont en provenance de l'ESE. Tel qu'évoqué précédemment, une dépendance flagrante existe entre les variables de surcotes et de hauteur de vagues.

Toutefois, la marée découle d'un système physique complètement différent (forçage astronomique) et pour cette raison, elle est totalement indépendante à la hauteur de vagues (forçage atmosphérique). Néanmoins, une dépendance claire peut tout de même être observée entre les variables de niveau d'eau (combinant surcote et marée) et de hauteur de vagues sur le tableau 5.5. Encore une fois, la dépendance est plus élevée pour les combinaisons de variables à magnitude semblable et ce, particulièrement pour les événements de fortes tempêtes (niveaux d'eau et vagues supérieurs à 2 m). Cette constatation s'explique par le fait que pour atteindre un niveau d'eau de 2 m, une surcote doit absolument être superposée à la marée puisqu'une marée à elle seule ne dépasse jamais 1,93 m et varie essentiellement (80% du temps) entre -1 m et 1 m (voir section 5.2.2). Ainsi, un niveau d'eau supérieur à 2 m implique fort-probablement l'existence d'une surcote importante ce qui, en conséquence, implique une hauteur de vagues importante ce qui se traduit en une forte dépendance entre les variables de niveau d'eau et de hauteur de vagues.

Puisque la dépendance entre les variables de hauteur de vagues en provenance de l'ESE et de niveau d'eau élevé est aussi forte que la dépendance entre les vagues et les surcotes, les calculs de probabilités combinées peuvent être faits directement avec le niveau d'eau (au lieu de la surcote) afin de simplifier les calculs (utilisation du tableau 5.5). Un tel raccourci ne pourra toutefois pas être utilisé dans le cas des vagues du sud.

En effet, le tableau 5.7 révèle une dépendance quasi-inexistante entre les variables de hauteur de vagues en provenance du sud et de niveaux d'eau. Cette constatation s'explique par le fait que, pour obtenir des vagues du sud, le vent doit être en provenance du sud, une direction beaucoup moins propice à la génération de surcote. En effet, les surcotes générées par les vents du sud s'alimentent par la superficie mouillée du fleuve Saint-Laurent au sud-ouest de Port-Cartier tandis que les surcotes générées par les vents de l'ESE s'alimentent par la superficie mouillée de l'ensemble du golfe du Saint-Laurent et même d'une certaine fraction de l'océan Atlantique.

Une faible dépendance (20% à 25%) peut tout de même être observée entre les variables de hauteur de vagues en provenance du sud et des surcotes. Ainsi, les calculs de probabilités combinées seront effectués en considérant la surcote (et non le niveau d'eau) pour les événements de vagues du sud. Il sera donc nécessaire d'inclure un élément de probabilité relié à la marée afin de compléter ce calcul (voir sections 5.4.2). Rappelons aussi que la hauteur des vagues du sud est beaucoup moins importante que celle des vagues en provenance de l'ESE (tableau 5.5 p.42).

En complément aux résultats de dépendance montré dans cette présente section, des résultats supplémentaires de dépendance entre différentes combinaisons de variables sont présentés à l'annexe A.

Tableau 5.4: Dépendance entre les variables de surcote et de hauteur de vagues (H_s) de l'ESE

		Surcote à Port-Cartier (m)									
		0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8
Hs à proximité de Port-Cartier (m)	0.25	20%	26%	26%	23%	21%	18%	17%	13%	12%	4%
	0.5	24%	36%	41%	39%	35%	31%	27%	22%	21%	11%
	0.75	25%	41%	49%	50%	47%	41%	37%	32%	30%	20%
	1	24%	41%	52%	55%	54%	48%	46%	41%	38%	28%
	1.25	23%	41%	54%	59%	57%	53%	50%	45%	43%	34%
	1.5	22%	41%	55%	62%	60%	57%	53%	49%	46%	32%
	1.75	20%	40%	56%	63%	63%	61%	58%	52%	49%	37%
	2	19%	38%	55%	64%	67%	65%	61%	56%	52%	24%
	2.25	18%	36%	54%	63%	67%	66%	64%	58%	55%	
	2.5	17%	34%	53%	62%	66%	68%	67%	60%	56%	
	2.75	16%	32%	50%	58%	60%	62%	65%	64%	62%	
	3	15%	30%	48%	53%	56%	60%	65%	67%	65%	
	3.25	14%	29%	45%	45%	48%	56%	64%	64%	65%	
	3.5	12%	26%	41%	42%	51%	60%	67%	66%	69%	

Tableau 5.5 : Dépendance entre les variables de niveau d'eau et de hauteur de vagues (H_s) de l'ESE

		Niveau d'eau à Port-Cartier (m)																
		0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.4	2.6	2.8	3	3.2
Hs à proximité de Port-Cartier (m)	0.25	5%	6%	6%	7%	7%	8%	10%	11%	12%	13%	15%	16%	13%	9%	9%	11%	13%
	0.5	8%	8%	10%	11%	12%	13%	15%	18%	20%	23%	24%	23%	19%	17%	18%	22%	23%
	0.75	10%	10%	12%	14%	16%	18%	21%	24%	27%	31%	33%	32%	29%	27%	28%	31%	31%
	1	11%	12%	14%	16%	18%	21%	24%	28%	31%	35%	38%	38%	36%	36%	36%	38%	38%
	1.25	12%	13%	15%	17%	20%	23%	26%	31%	34%	38%	41%	40%	41%	41%	43%	45%	44%
	1.5	13%	14%	16%	19%	22%	26%	28%	34%	37%	42%	45%	44%	45%	46%	50%	51%	50%
	1.75	14%	15%	17%	19%	23%	26%	29%	35%	37%	42%	46%	46%	46%	51%	53%	55%	55%
	2	14%	15%	17%	20%	23%	27%	31%	35%	38%	45%	49%	51%	52%	56%	58%	59%	61%
	2.25	14%	15%	17%	19%	22%	26%	30%	33%	36%	43%	46%	51%	51%	55%	58%	59%	58%
	2.5	15%	16%	19%	22%	24%	27%	30%	34%	37%	44%	45%	51%	54%	58%	61%	59%	63%
	2.75	15%	15%	18%	20%	24%	26%	31%	35%	38%	45%	45%	54%	60%	63%	67%	64%	68%
	3	14%	14%	17%	17%	22%	24%	27%	31%	32%	42%	47%	57%	64%	65%	68%	69%	72%
3.25	14%	13%	15%	16%	20%	22%	17%	20%	21%	33%	41%	53%	62%	65%	68%	66%		
3.5	13%	15%	18%	22%	26%	30%	29%	30%	29%	40%	45%	56%	64%	64%	67%			

Tableau 5.6: Dépendance entre les variables de surcote et de hauteur de vagues (Hs) du sud

		Surcote à Port-Cartier (m)										
		0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	
Hs à proximité de Port-Cartier (m)	0.25	3%	2%	0%	3%	9%	8%	13%				
	0.5	6%	7%	6%	13%	14%	-2%					
	0.75	6%	11%	15%	24%	26%	7%					
	1	0%	11%	20%	19%	22%						
	1.25	-1%	13%	21%	23%	24%						
	1.5	-4%	4%	-27%								
	1.75	-18%	-14%									
	2	-22%										
	2.25											
	2.5											
	2.75											
	3											
	3.25											
	3.5											

Tableau 5.7: Dépendance entre les variables de niveau d'eau et de hauteur de vagues (Hs) du sud

		Niveau d'eau à Port-Cartier (m)																
		0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.4	2.6	2.8	3	3.2
Hs à proximité de Port-Cartier (m)	0.25	0%	-1%	-1%	-1%	-1%	0%	-2%	0%	-1%	-3%	1%	-3%					
	0.5	0%	-1%	-1%	-1%	0%	1%	1%	3%	3%	4%	4%	-6%					
	0.75	2%	1%	1%	1%	2%	4%	3%	4%	5%	7%	12%	15%					
	1	1%	0%	0%	-1%	2%	3%	4%	5%	3%	-4%	-5%						
	1.25	1%	2%	2%	-1%	2%	3%	2%	7%	0%								
	1.5	1%	3%	4%	4%	7%	4%	7%	18%	19%								
	1.75	-4%	-2%	-3%	-9%	-15%												
	2	-23%	-19%															
	2.25																	
	2.5																	
	2.75																	
	3																	
	3.25																	
	3.5																	

5.4.2 Récurrence des événements de fortes tempêtes

À partir des résultats de périodes de retour des niveaux d'eau (section 5.2.3), de hauteur de vagues (section 5.3.5) et des niveaux de dépendances entre ces deux variables (section 5.4.1), il est possible de calculer les périodes de retour pour les événements combinant des niveaux d'eau élevés avec des hauteurs de vagues importantes.

Les tableaux 5.9 et 5.10 affichent les périodes de retour de diverses combinaisons de niveau d'eau et de hauteur de vagues en provenance de l'ESE et du sud respectivement. Il est à noter que les dépendances indiquées en blancs sont des estimations (par extrapolation) pour certaines combinaisons de variables qui n'ont jamais été observées durant les 32 ans de données disponibles (1980-2011). Ces combinaisons découlent d'événements de hauteur de vagues et de niveaux d'eau élevés caractérisés par des périodes de retour de plus de 30 ans.

Le tableau 5.8 dresse une liste de tempêtes typiques à Port-Cartier ainsi que leur période de retour correspondante. Ces scénarios de tempête seront considérés dans les sections concernant le transport sédimentaire généré par les tempêtes ponctuelles (section 6.3). Il est à noter que la tempête B est la seule tempête parmi les 5 à être en provenance du sud.

Tableau 5.8 : Périodes de retour d'événements de tempête

Tempête	T (année)	Niveau d'eau (m)	Vagues		
			Hs (m)	T (s)	Direction
A	10	2.8	3.1	7.0	115° (ESE)
B	25	2.0	1.5	5.3	185° (S)
C	25	3.1	3.1	7.0	115° (ESE)
D	50	3.2	3.6	7.5	115° (ESE)
E	100	3.4	4.0	8.0	115° (ESE)

Tableau 5.9 : Période de retour des combinaisons de niveaux d'eau et de hauteur de vagues de l'ESE

Tableau 5.10 : Période de retour des combinaisons de niveaux d'eau et de hauteur de vagues du sud

a) Période de retour des hauteurs de vagues maximales annuelles

Hs (m)	T
1.0	1.010
1.5	2.00
2.0	12.0

En provenance du Sud

b) Dépendance entre les hauteurs de vagues à proximité de Port-Cartier et la surcote

p		Surcote (m)			
		0.4	0.6	0.8	1
Hs (m)	1	20%	19%	22%	21%
	1.5	21%	23%	24%	24%
	2	25%	25%	25%	25%

Note: Les nombres en blancs sont des estimations de la dépendance

c) Période de retour des événements combinés de hauteur de vagues et de surcote

T (Année)		Surcote (m)			
		0.4	0.6	0.8	1
Hs (m)	1	5	5	5	5
	1.5	9	9	8	8
	2	48	48	48	48

d) Probabilité d'occurrence du niveau d'eau maximum pour un cycle de marée donné

NMM (m)	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8
p	95%	84%	67%	49%	29%	15%	7%	2%

e) Période de retour des événements combinés de hauteur de vagues et de niveaux d'eau

T (Année)		Niveau d'eau (m)				
		1.4	1.6	1.8	2	2.2
Hs (m)	1	5	6	7	10	16
	1.5	8.8	10	13	17	28
	2	51	57	72	99	164

Note: La période de retour est calculée en considérant la combinaison surcote-marée la plus probable

5.4.3 Occurrence des événements fréquents

Il avait été mentionné, dans la section 5.3.6, qu'il était nécessaire de discrétiser la rose des vagues afin de modéliser le transport littoral à long-terme (plusieurs années). Puisque la bathymétrie du secteur à l'étude se caractérise par plusieurs ilots et hauts-fonds, il devient impératif de tenir compte de l'influence du niveau d'eau sur la transformation des vagues et donc du transport littoral.

Ainsi, chacun des 12 cas de vagues présenté à la section 5.3.6 a été discrétisé en 6 paliers de niveaux d'eau compris entre 0,6 m et 2,1 m (intervalle de 30 cm) pour un grand total de 72 événements combinant vagues et niveaux d'eau tel qu'énuméré au tableau 5.11. La probabilité d'occurrence de chacun de ces 72 événements a, en premier lieu, été calculée en multipliant la probabilité d'occurrence du cas de vague (issu de la discrétisation de la rose des vagues) avec la probabilité d'occurrence du niveau d'eau (section 5.2.3). En second lieu, des facteurs de majoration distincts ont été appliqués à chacun de ces 72 événements afin de tenir compte du niveau de dépendance entre les vagues et les niveaux d'eau. À cet effet, les événements possédant les combinaisons de hauteurs de vagues et de niveaux d'eau les plus élevées ont été majorés (de 0% jusqu'à 200% dépendamment de l'événement). Pour compenser, certains événements moins intenses ont été minorés (de 0% jusqu'à -30%) d'une manière à équilibrer la somme totale de l'occurrence.

Les niveaux d'eau en deçà de 0,6 m n'ont pas été considérés dans le calcul du transport littoral puisque les résultats de modélisation 2D ont montré que les événements de vagues survenant à niveau bas n'engendrent pas de transport sédimentaire notable au niveau de la plage de Port-Cartier.

Les niveaux d'eau au-delà de 2,1 m n'ont pas été considérés dans le calcul du transport littoral puisque ces événements surviennent rarement (12 h/année). À cet effet, l'ensemble des événements de vagues ayant lieu durant des niveaux d'eau supérieurs à 2,1 m ne représente que 0,5% de l'énergie de l'ensemble des cas de vagues. Une telle fraction n'est donc pas significative d'un point de vue de transport littoral. Ce type d'événement rare engendre toutefois un transport transversal important qui peut résulter en un recul ponctuel de la ligne de côte. Ce type de transport sédimentaire sera abordé en détails aux sections (6.2 et 6.3).

Tableau 5.11 : Énumération des événements combinant niveaux d'eau, hauteur de vagues et direction

Cas de vagues					Occurrence combinaison Niveau - Hs					
					Événements	Événements	Événements	Événements	Événements	Événements
					1 à 12	13 à 24	25 à 36	37 à 48	49 à 60	61 à 72
Cas	Dir	hs (m)	Tp (s)	E (J/s/m/h)	Niv=0.6m	Niv=0.9m	Niv=1.2m	Niv=1.5m	Niv=1.8m	Niv=2.1m
1	106.0	0.8	4.3	2 778	0.603%	0.592%	0.475%	0.293%	0.126%	0.038%
2	106.0	1.5	5.0	10 872	0.226%	0.223%	0.176%	0.106%	0.044%	0.013%
3	106.0	2.3	5.8	31 283	0.085%	0.082%	0.063%	0.037%	0.016%	0.005%
4	119.0	0.8	5.9	3 433	0.206%	0.201%	0.161%	0.100%	0.043%	0.013%
5	119.0	1.5	6.8	14 376	0.077%	0.076%	0.060%	0.036%	0.015%	0.005%
6	119.0	2.6	7.4	48 817	0.025%	0.024%	0.019%	0.011%	0.005%	0.001%
7	153.4	0.7	4.0	1 753	0.094%	0.091%	0.073%	0.046%	0.020%	0.006%
8	153.4	1.1	4.5	5 189	0.042%	0.042%	0.034%	0.020%	0.009%	0.003%
9	153.4	1.7	5.1	15 215	0.013%	0.013%	0.010%	0.006%	0.003%	0.001%
10	185.7	0.6	3.4	1 184	0.196%	0.189%	0.152%	0.096%	0.042%	0.013%
11	185.7	0.8	3.7	2 272	0.139%	0.137%	0.109%	0.067%	0.029%	0.009%
12	185.7	1.1	4.1	5 251	0.088%	0.087%	0.069%	0.041%	0.017%	0.005%

Occurrence totale des événements de vagues considérés (hs>0.5 m) : 21,6%

Occurrence totale des événements de niveaux d'eau considérés (0.5 m<Niv<2.2 m) : 29%

Occurrence totale des combinaisons considérées d'événement de vagues et de niveaux d'eau : 6,3%

5.5 Récapitulatif des conditions maritimes

Les éléments clés à retenir sont les suivant :

- Le climat de vagues à Port-Cartier se caractérise par deux directions dominantes, soit l'ESE et le Sud.
- Les vagues de l'ESE sont plus énergétiques et plus fréquentes. La période de retour des vagues de plus de 2 m de hauteur est d'environ 1 an pour celles en provenance de l'ESE et de 12 ans pour celles du Sud.
- La présence d'un couvert de glace dans le golfe entre la mi-janvier et la fin mars constitue un mécanisme naturel d'atténuation d'énergie des vagues. Il est toutefois prévu que la protection offerte par ce couvert de glace sera réduite dans le futur en raison du réchauffement climatique.
- En considérant uniquement la marée, le niveau d'eau n'excède jamais l'élévation de 2 m (NMM). Toutefois en additionnant la contribution des surcotes, le niveau d'eau peut facilement dépasser ce seuil.
- La période de retour des niveaux d'eau supérieurs à 2 m (NMM) est d'environ 1 an alors que pour les niveaux excédant 3 m, elle est de 13 ans.
- Les fortes vagues en provenance de l'ESE sont souvent accompagnées de niveaux d'eau élevés en raison de la forte dépendance entre ces éléments (jusqu'à 70%). Toutefois les vagues en provenance du Sud ne sont pas nécessairement associées à des niveaux d'eau élevés en raison d'une faible dépendance.
- Dans le but de modéliser le transport littoral à long-terme (plusieurs années), la rose des vagues a été discrétisée en 12 cas de vagues afin de schématiser la série temporelle complète de données de vagues. Chacun de ces 12 cas de vagues a été discrétisé en 6 paliers de niveaux d'eau compris entre 0,6 m et 2,1 m pour un grand total de 72 événements combinant vagues et niveaux d'eau.

6. DYNAMIQUE HYDROSÉDIMENTAIRE

Ce chapitre aborde la question de la dynamique sédimentaire de l'ensemble de la plage Rochelois (longueur d'environ 700 m). L'analyse porte sur une zone s'étalant jusqu'à environ 500 m au large de la plage. Toutefois, une emphase particulière est mise sur la berge de la plage (élévations variant principalement entre 0 m et 4 m) afin de bien analyser le comportement et l'efficacité d'une éventuelle recharge granulaire.

La section 6.1 débute avec une analyse historique de la dynamique sédimentaire en se basant principalement sur des photos historiques. La section 6.2 enchaîne ensuite avec la modélisation 2D d'événements fréquents dans le but de compléter l'analyse de la section précédente. Par la suite, la section 6.3 se concentre sur la modélisation (1D & 2D) des événements de fortes tempêtes en conditions actuelles ainsi qu'en conditions futures (avec recharge granulaire). Finalement, la section 6.4 aborde la question du transport littoral à long terme, celui-ci étant calculé sur plusieurs années et ce, en conditions actuelles et futures.

6.1 Analyse historique de la dynamique sédimentaire du site

La figure 6.1 affiche une comparaison de l'étendue de la plage Rochelois pour des niveaux de marée semblables (1976 par rapport à 1996 et 2004 par rapport à 2013) grâce à des photos aériennes et satellites historiques. À cet effet, la comparaison de photos ayant été prises à des niveaux d'eau semblables permet d'évaluer l'évolution de la ligne de côte pour une isobathe donnée.

Les comparaisons présentées à la figure 6.1 pour des intervalles de 10, 20 ou 30 ans, ne révèlent pas de recul notable de la ligne de côte (0 m NMM) de la plage Rochelois; cette remarque s'applique également pour l'ensemble des photos aériennes et satellites, prises entre 1965 et 2018, ayant été analysées. Cela indique que la problématique d'érosion observée au courant des dernières années n'est pas le produit d'une érosion chronique engendrée par un mécanisme de transport littoral longitudinal conduisant à un bilan sédimentaire déficitaire.

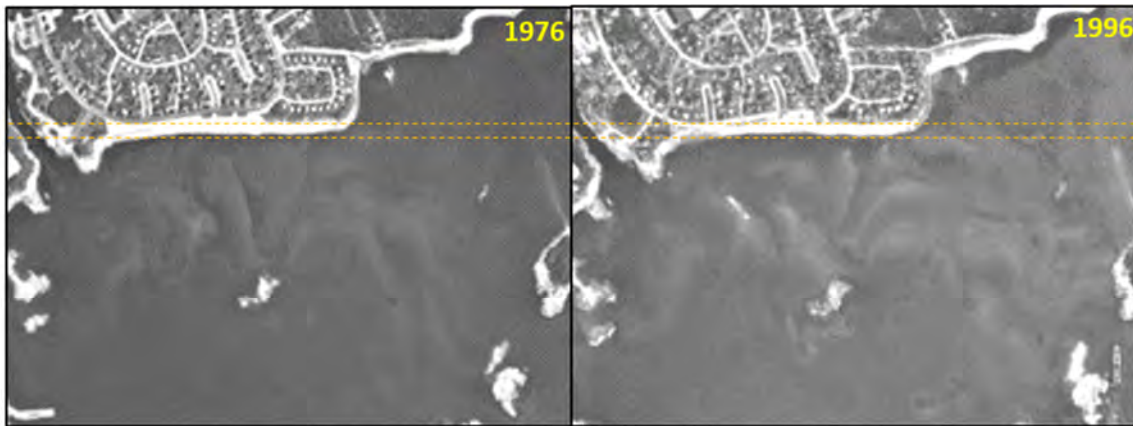
La figure 6.1b révèle l'existence d'une formation de bancs de sable entre la plage Rochelois et l'îlot rocheux situé à environ 400 m au large. Cette formation de bancs de sable présentant une alternance de hautfonds et de dépressions semble migrer vers l'est dans le temps. Comme décrit à la section 6.2, ces observations concordent également avec les résultats de modélisation bidimensionnelle.

La figure 6.3 montre les résultats d'échantillonnage granulométriques (d_{50}) réalisés par Englobe en automne 2018. Cette figure montre que d'une manière générale, les grains ont tendance à être plus grossiers (0,6 mm) vers l'ouest du site et plus fins (0,2 mm) vers l'est. Cela dénote un comportement de migration des sédiments dans le secteur des bancs de sable entre le pied du talus de la plage et l'îlot rocheux (partie inférieure de l'estran). Sur le talus de la plage (ou partie supérieure de l'estran), la granulométrie semble toutefois relativement uniforme dans l'axe est-ouest. Les données granulométriques ne permettent pas d'établir de tendance claire pour ce qui a trait à la direction du transport littoral dans ce secteur de la plage Rochelois.

Les figures 6.4 à 6.6 affichent une comparaison de la plage Rochelois entre les années 2010 et 2017. Ce type de comparaison permet de mettre en lumière les impacts de la tempête du 30 décembre 2016. À ce propos, l'analyse du niveau d'eau mesuré à Sept-Îles durant cette tempête permet d'estimer, sur la base des surcotes qui se sont produites, la période de retour de la tempête entre 15 et 25 ans. Toutefois sans données de vagues (le modèle de l'UQAR s'arrêtant en 2015), il est difficile de bien caractériser la sévérité de cette tempête.

L'ensemble des figures 6.4 à 6.6 montre un recul de la ligne de végétation ce qui révèle un processus d'attaque frontale des vagues à niveau d'eau élevé. Ce recul est particulièrement évident à apercevoir sur la figure 6.6 grâce à un repère visuel (sapin). En effet, un recul de plus de 10 m peut être observé à cet endroit. À ce propos, les rapports de visites effectuées par le Ministère de la Sécurité Publique font état de reculs variant de 4 m à 10 m entre les mois de janvier 2016 et 2017 pour les propriétés résidentielles étant situées sur la 5^e rue (à l'extrémité Est de la plage Rochelois).

En somme, l'ensemble des données photographiques et granulométriques ainsi que les mesures de terrain effectuées par le MSP met en évidence une problématique d'érosion qui est particulièrement engendrée par les événements de fortes tempêtes à niveau d'eau élevé. Dans de telles circonstances, le phénomène du transport transversal devient dominant par rapport à celui du transport littoral. Il apparaît donc essentiel de concevoir une recharge offrant non seulement une protection dans la zone intertidale mais aussi dans la zone supratidale, celle-ci étant particulièrement exposée lors des fortes tempêtes à niveau d'eau élevé. Un niveau de crête suffisamment haut est donc nécessaire afin de tenir compte des surcotes et du run-up de vagues qui s'additionneront à la marée.



a) Comparaison de l'étendue de la plage Rochelois
pour un niveau de marée semblable entre 1976 et 1996



b) Comparaison de l'étendue de la plage Rochelois
pour un niveau de marée semblable entre 2004 et 2013

Figure 6.1 : Comparaison de l'étendue de la plage Rochelois entre 1976 et 2013



Figure 6.2: Comparaison de l'étendue de la plage Rochelois entre 1987 et 2017

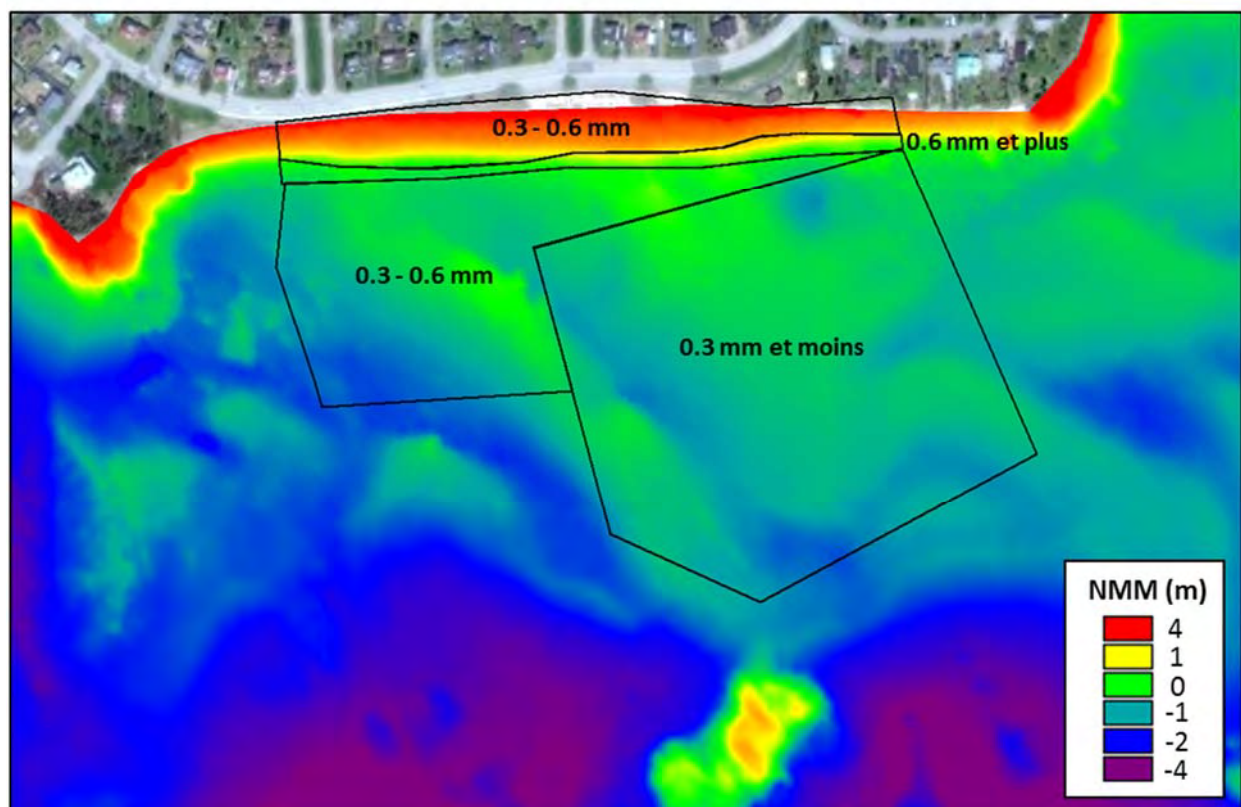
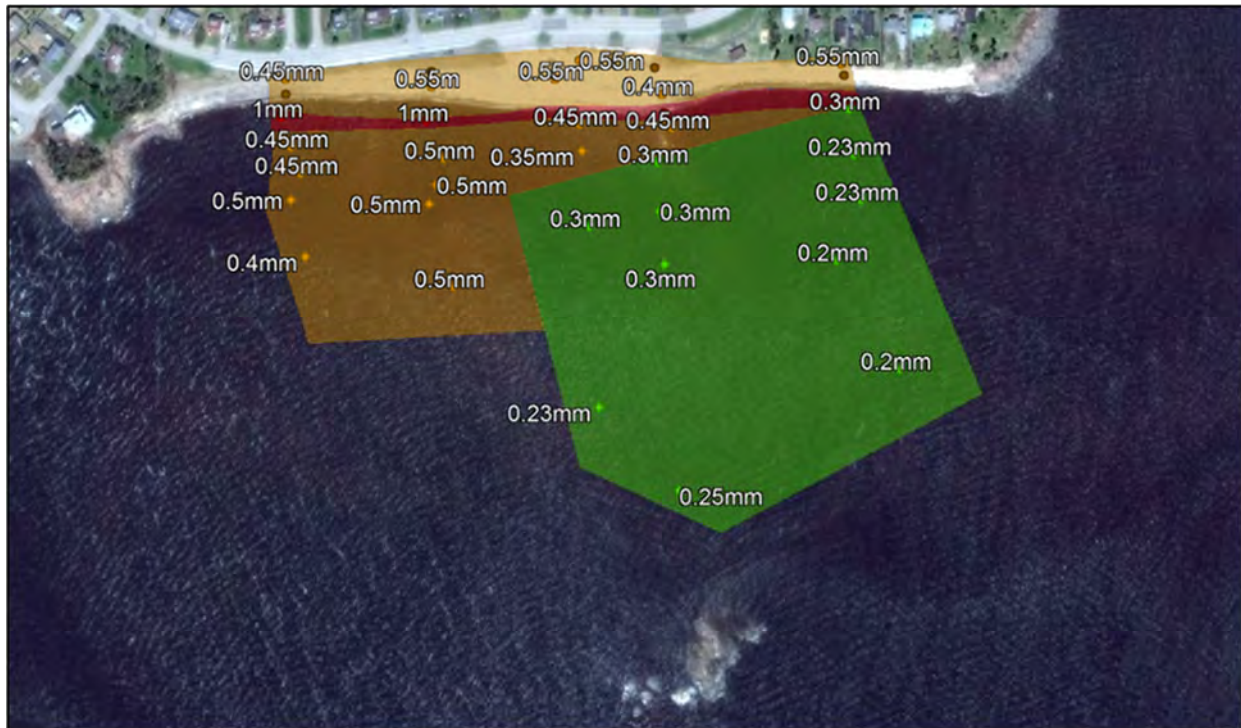


Figure 6.3 : Granulométrie de la plage Rochelois



a) Septembre 2010



b) Septembre 2017

Figure 6.4: Comparaison de la plage Rochelois entre 2010 et 2017



a) Septembre 2010



b) Septembre 2017

Figure 6.5 : Comparaison de la plage Rochelois entre 2010 et 2017 (suite)



a) Septembre 2010



b) Septembre 2017

Figure 6.6: Comparaison de la plage Rochelois entre 2010 et 2017 (suite)

6.2 Modélisation 2D des événements fréquents en conditions actuelles

La modélisation bidimensionnelle des événements fréquents a été effectuée avec les modules SW (*spectral Waves*), HD (*Hydrodynamics*), et ST (*Sand Transport*) de Mike 21. Ces simulations ont pour but d'étudier la sensibilité des variables de niveaux d'eau, hauteur de vagues, provenance des vagues et débit de la rivière aux Rochers sur la dynamique hydrosédimentaire de la plage Rochelois.

Un total de 6 événements (#3, #12, #27, #36, #63, #72 dans le tableau 5.11 p.48) offrant des combinaisons de cas de vagues et de niveaux d'eau a été analysé par modélisation bidimensionnelle. En addition à cela, trois simulations supplémentaires ont été complétées dans le but d'étudier l'impact de la décharge de la rivière aux Rochers sur la dynamique hydrosédimentaire de la plage Rochelois. À cet effet, un débit moyen a été considéré pour 3 niveaux d'eau différents (-1 m, 0 m et 1 m). Ainsi, un grand total de 9 simulations a été effectué dans le but d'étudier la dynamique hydrosédimentaire de la plage sur la base d'événements se produisant fréquemment. D'autres simulations, présentées à la section 6.3, ont également été complétées afin d'analyser la problématique d'érosion engendrée par les fortes tempêtes se produisant plus rarement.

L'ensemble des figures 6.7a à 6.12a montre que, peu importe la direction des vagues entrantes (ESE ou S), l'effet de réfraction fait en sorte que la direction des vagues qui déferlent sur la plage Rochelois est pratiquement perpendiculaire à celle-ci. C'est pour cette raison que les courants littoraux, affichés dans les figures 6.70b à 6.12b, sont relativement faibles dans la zone d'étude (moins de 0.3 m/s). Ainsi, la composante littorale du transport sédimentaire (parallèle à la plage) est nettement inférieure à la composante transversale (perpendiculaire à la plage).

Les figures 6.7a à 6.12a révèlent l'impact de l'îlot rocheux situé au large de la plage. Cet îlot agit d'une manière analogue à un brise-lame détaché en dissipant l'énergie des vagues (réduction de la hauteur de vagues vis-à-vis de l'îlot). À mesure que le niveau d'eau augmente, la protection offerte par cet îlot diminue : les vagues franchissent plus facilement le rocher sans nécessairement déferler, ce qui leur permet de conserver davantage d'énergie (et donc une hauteur plus importante).

La protection naturelle offerte par l'îlot rocheux se limite toutefois à la section Est de la plage, la section Ouest étant impactée plus sévèrement par les vagues. C'est pour cette raison que la ligne de côte montre un trou (forme en « U ») vis-à-vis de la 13^e rue.

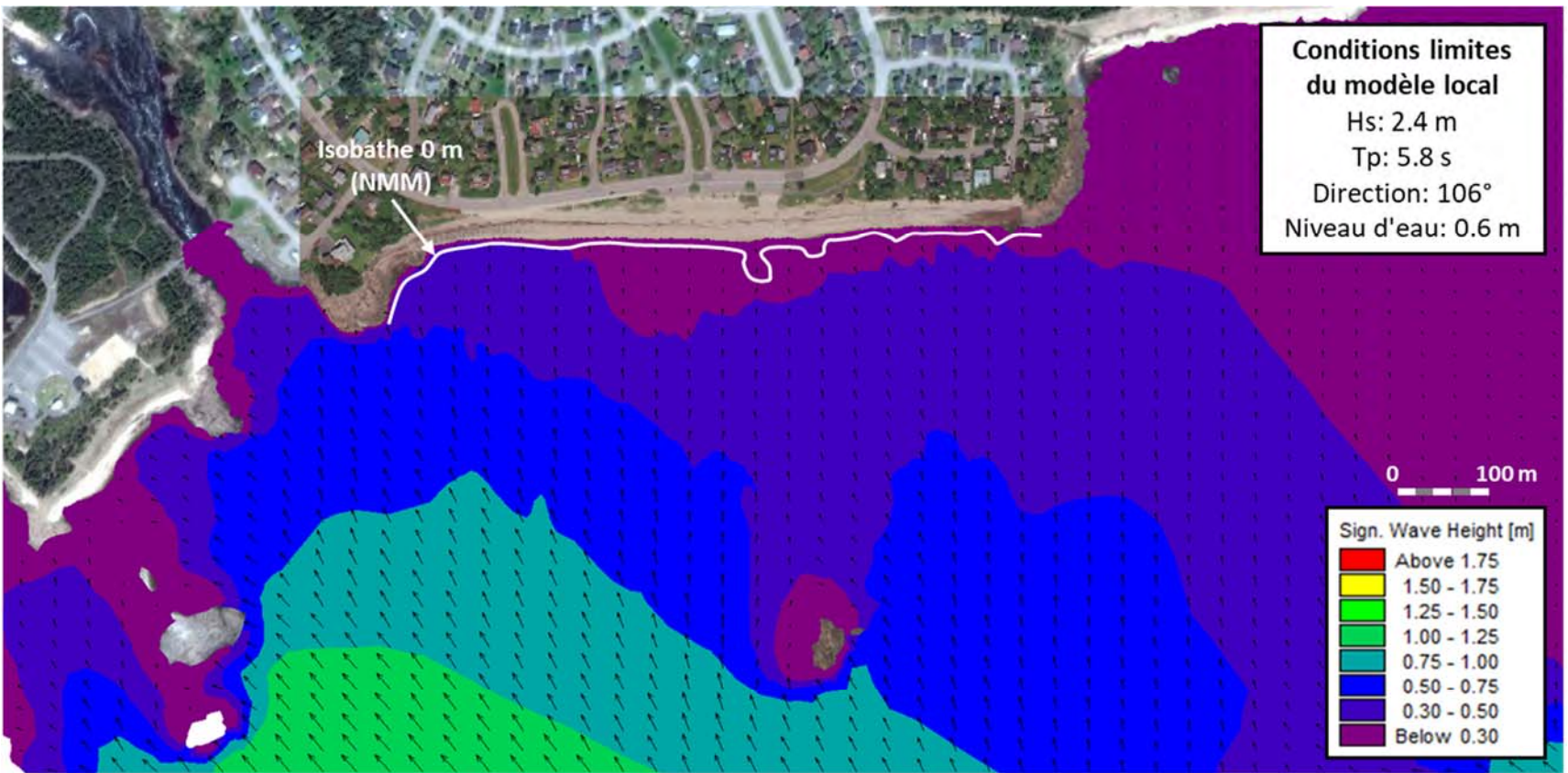
Lorsque le niveau d'eau est faible (0,6 m pour les cas #3 et #12), le banc de sable au large de la plage a tendance à migrer vers l'Est sous l'effet des vagues : les sédiments sur le flanc Ouest sont érodés pour ensuite se déposer sur le flanc Est (figures 6.7c et 6.8c). Ce résultat concorde avec les observations faites à partir des photos aériennes historiques présentées à la section 6.1.

À niveau bas, la partie supérieure de l'estran de la plage Rochelois a tendance à être protégée naturellement (érosion minime sur les figures 6.7c et 6.8c) puisque les vagues sont dissipées loin au large de la plage en raison de la faible profondeur d'eau. Lorsque le niveau d'eau devient plus important (2.1 m pour les cas #63 et #72), il se produit une érosion significative des berges de la plage. En effet, les sédiments du haut de plage sont arrachés sous l'effet des vagues puis transportés vers le large pour finalement être déposés au pied du talus de la plage (figures 6.11c et 6.12c).

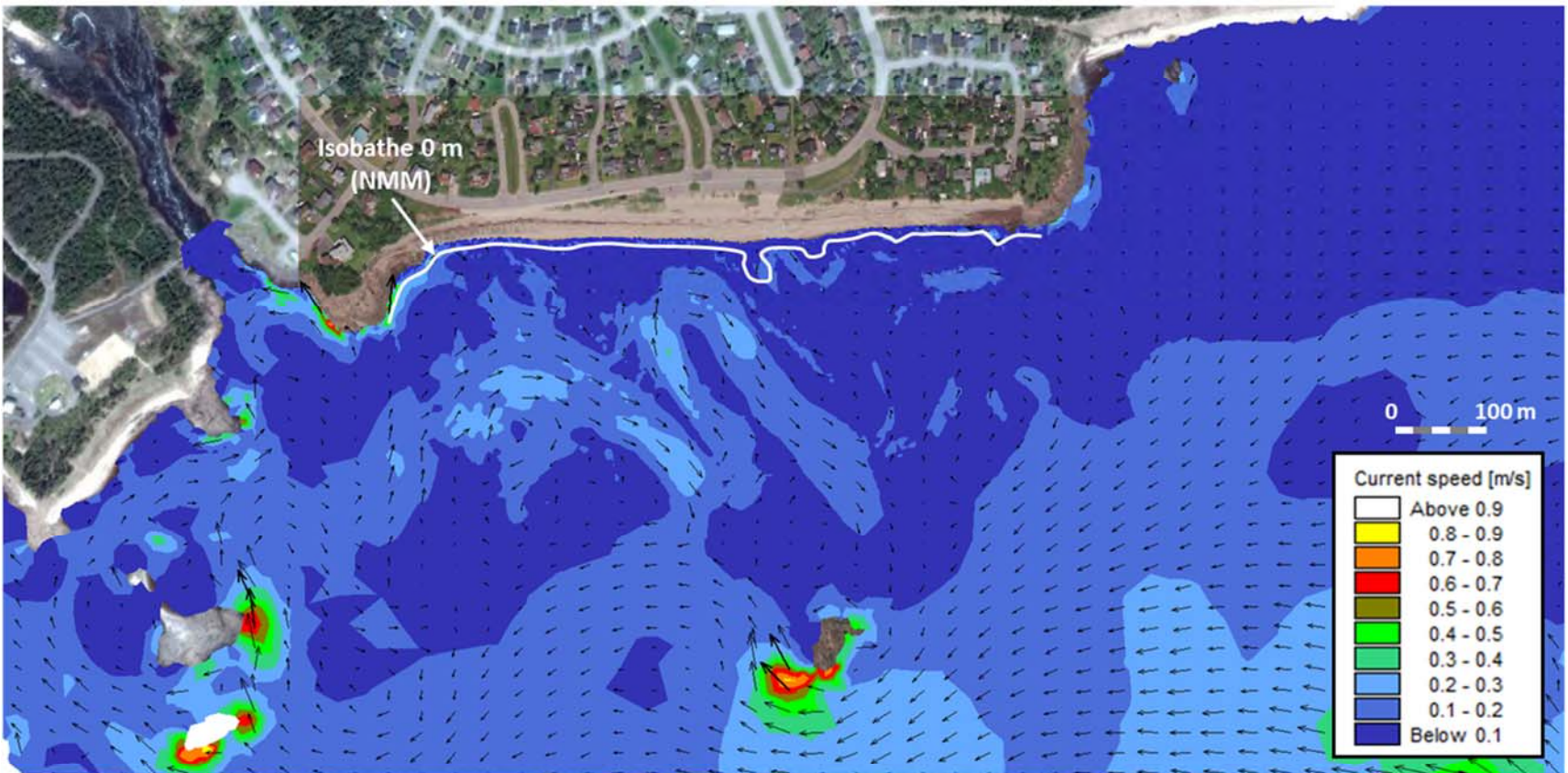
Le niveau d'eau est donc une variable qui influence significativement la dynamique hydrosédimentaire de la plage. En fait, la comparaison des événements #3 et #63 montre que, pour un même cas de vagues donné (2.4 m ESE) se produisant à des niveaux d'eau différents (0.6 m et 2.1 m), la hauteur de vagues vis-à-vis de l'îlot rocheux (au nord) est de 40 cm pour l'événement #3 et de 60 cm pour l'événement #63 (figures 6.7a et 6.11a).

La figure 6.13 illustre les résultats de modélisation en considérant le débit moyen ($95 \text{ m}^3/\text{s}$) de la rivière aux Rochers et ce, pour trois niveaux d'eau différents (-1 m, 0 m et 1 m). Les résultats indiquent que l'axe de l'écoulement à l'embouchure de la rivière varie en fonction du niveau d'eau : à niveau bas l'écoulement est principalement dirigé vers le sud alors qu'à niveau plus haut l'écoulement est dirigé vers le sud-est avec un angle de près de 45° avec le l'axe emprunté à niveau bas. Cette figure montre également que la décharge de la rivière aux Rochers n'engendre pas d'impact direct au niveau des berges de la plage Rochelois. Toutefois, la décharge de cette rivière est une source potentielle de sédiments pouvant être redistribués par les vagues et nourrir les bancs de sable dans la zone inférieure de l'estran.

Les résultats de modélisation bidimensionnelle montrent que la composante transversale du transport sédimentaire est dominante par rapport à la composante littorale. En effet, il est possible de constater qu'à niveau d'eau élevé, les sédiments de haut de plage sont érodés, puis transportés vers le large pour ensuite être déposés au pied de la plage. En augmentant le niveau d'eau, la protection offerte par l'îlot rocheux ainsi que les haut-fonds diminuent, ce qui, en conséquence, augmente la sévérité de l'attaque frontale des vagues. À cet effet, la section 6.3 a pour but d'analyser plus en détails la problématique d'érosion engendrée par les fortes tempêtes.



a) Hauteur de vagues

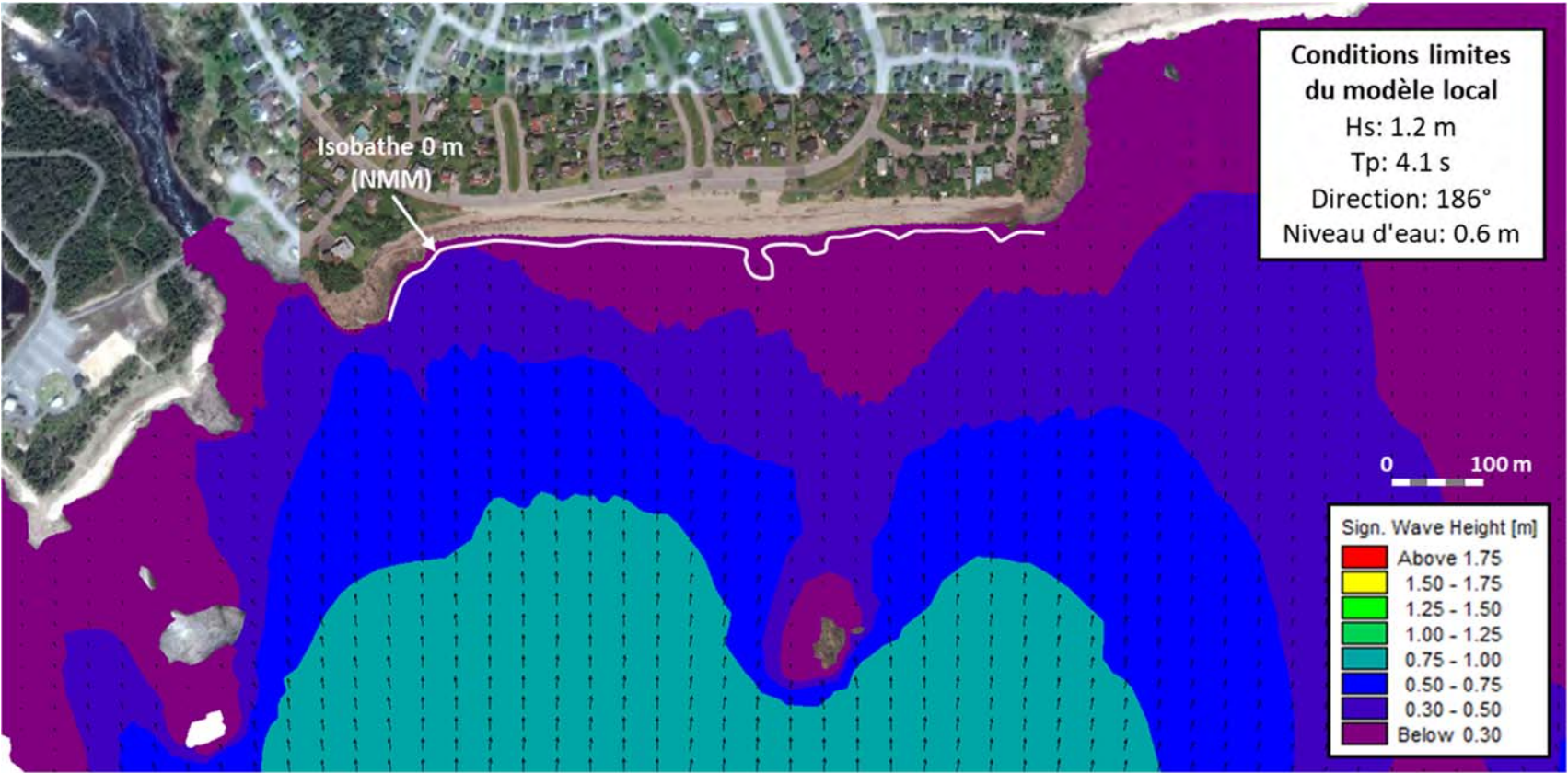


b) Courants littoraux

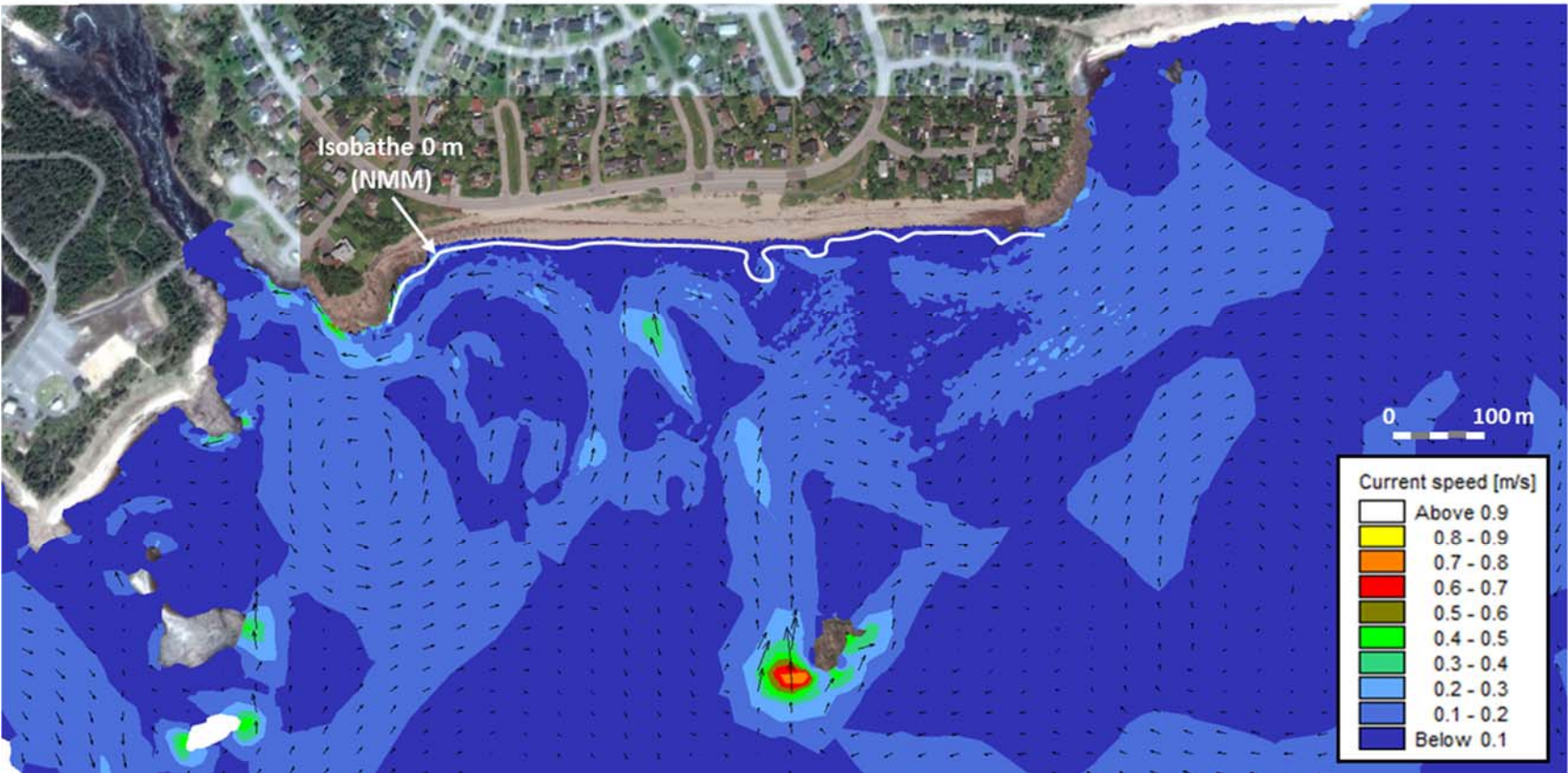


c) Évolution de la bathymétrie

Figure 6.7 : Résultats de modélisation 2D de l'événement #3 en conditions actuelles



a) Hauteur de vagues

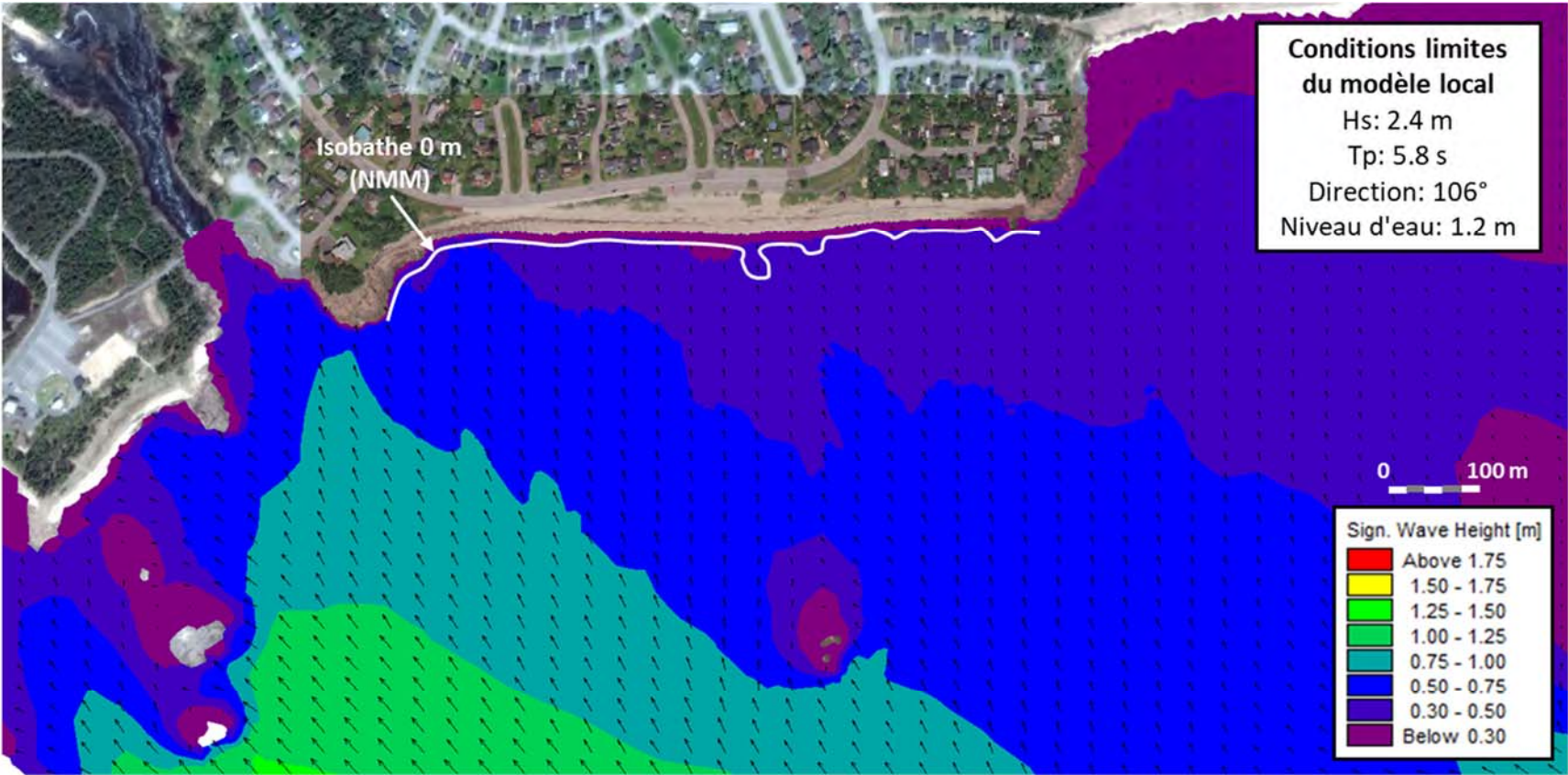


b) Courants littoraux

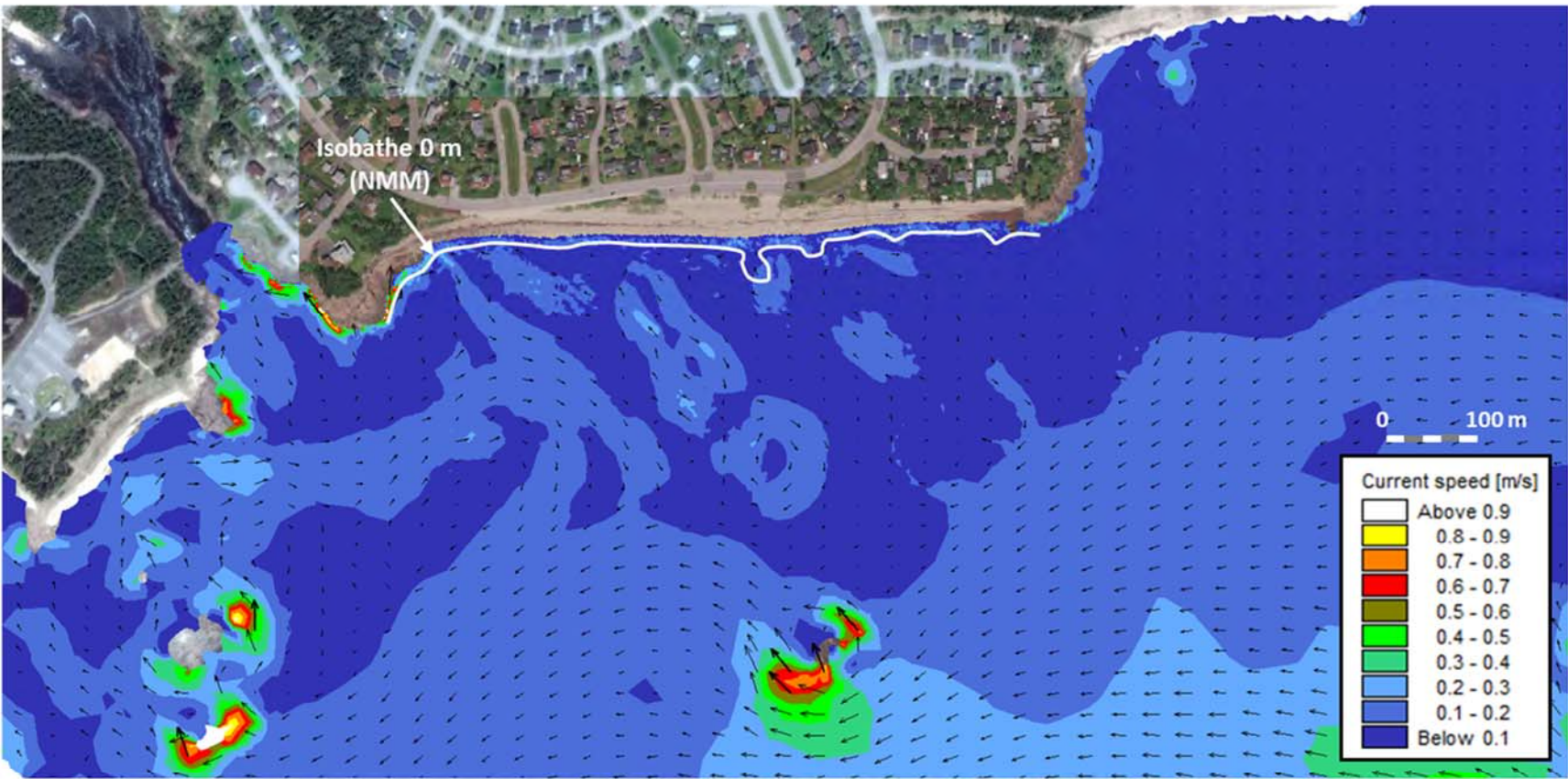


c) Évolution de la bathymétrie

Figure 6.8: Résultats de modélisation 2D de l'événement #12 en conditions actuelles



a) Hauteur de vagues



b) Courants littoraux

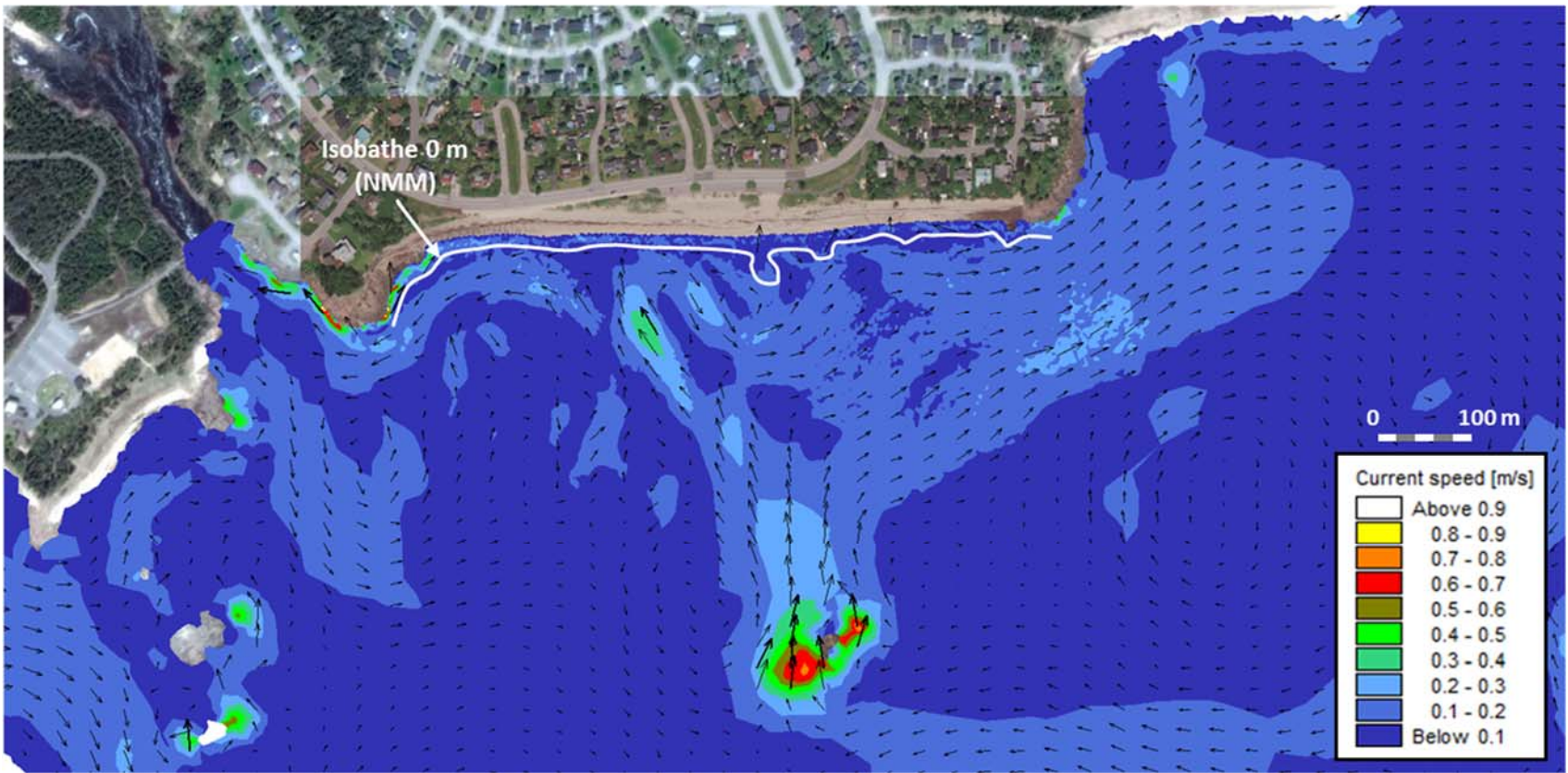


c) Évolution de la bathymétrie

Figure 6.9: Résultats de modélisation 2D de l'événement #27 en conditions actuelles



a) Hauteur de vagues

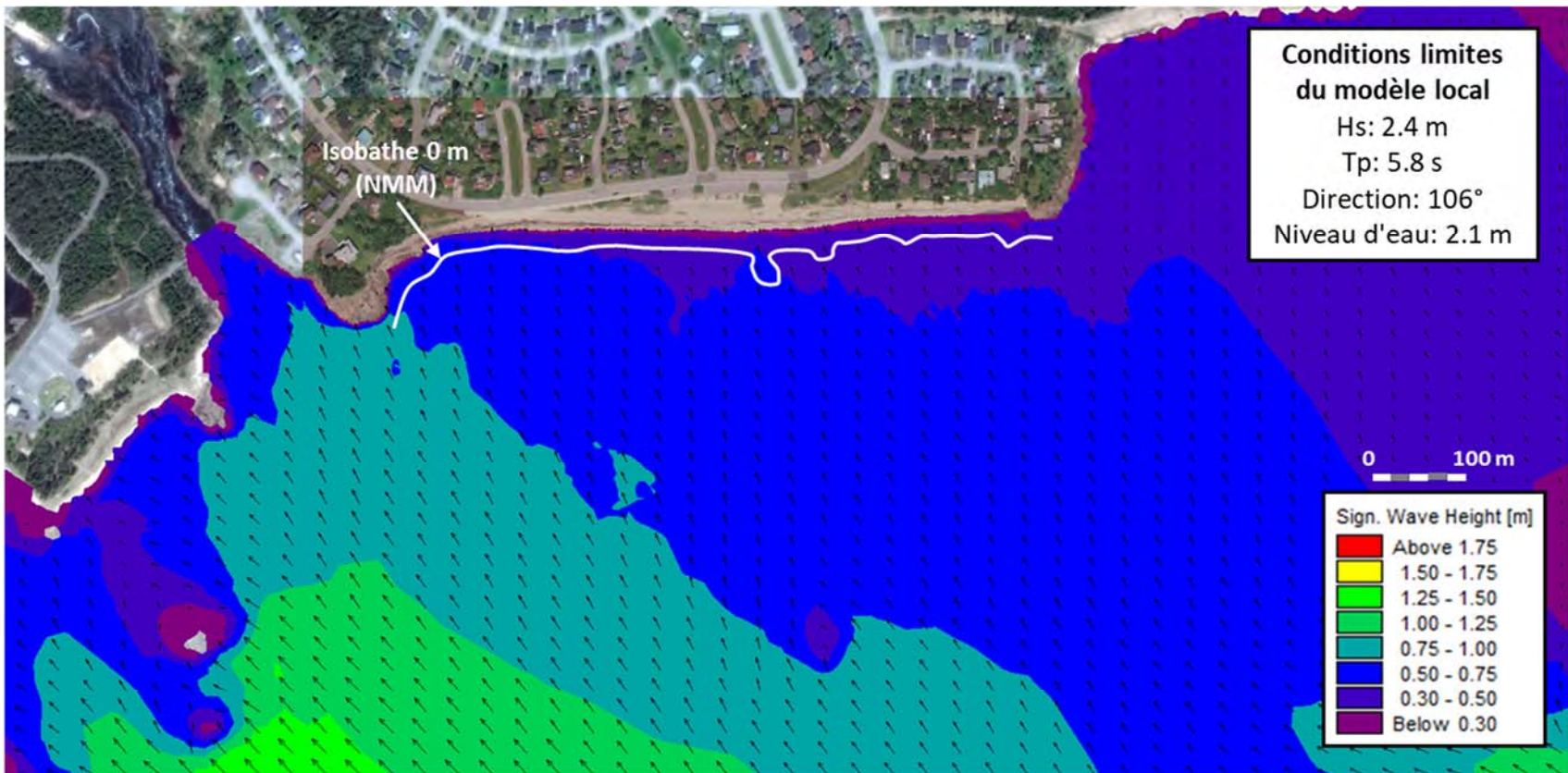


b) Courants littoraux

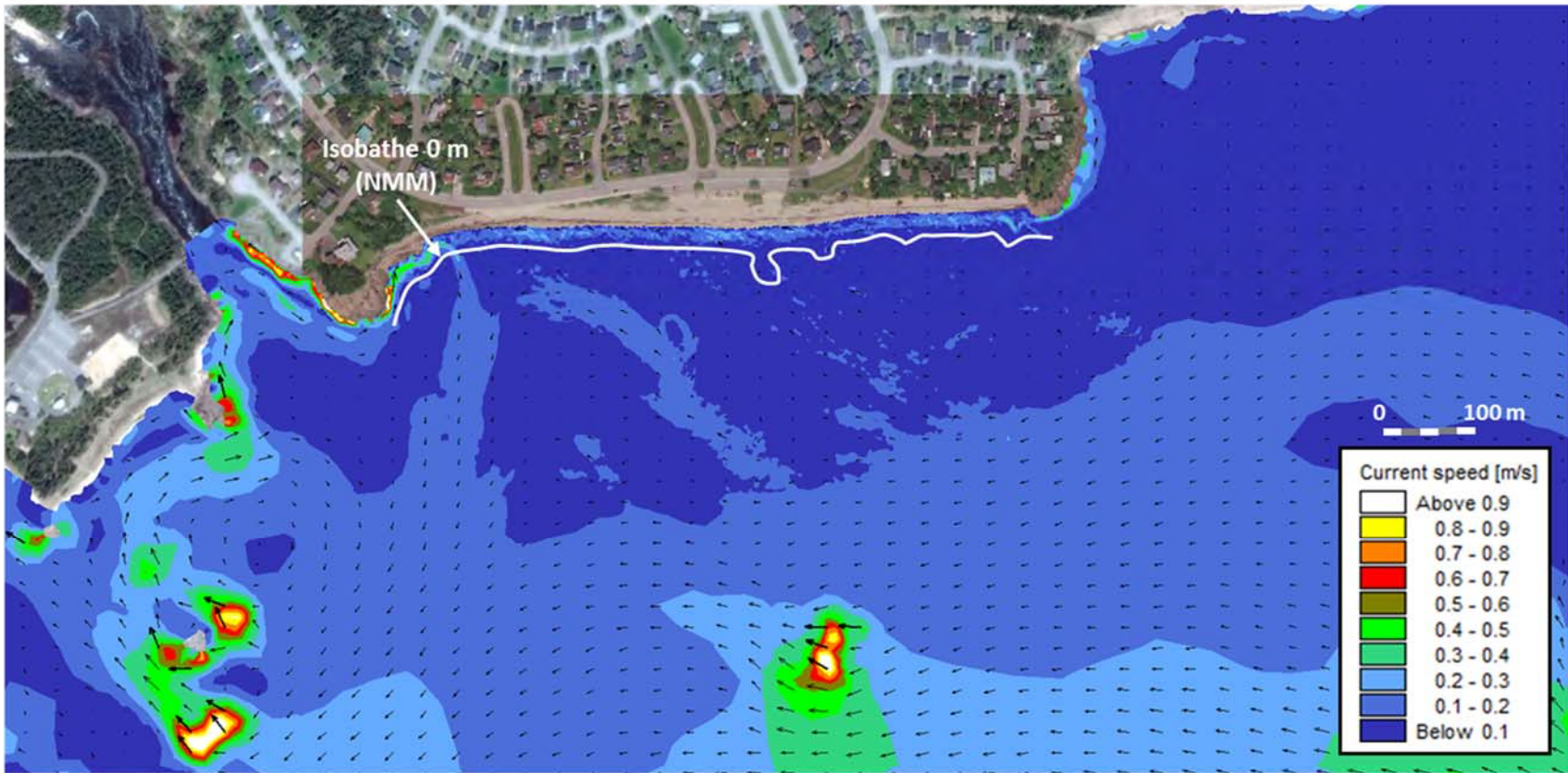


c) Évolution de la bathymétrie

Figure 6.10: Résultats de modélisation 2D de l'événement #36 en conditions actuelles



a) Hauteur de vagues

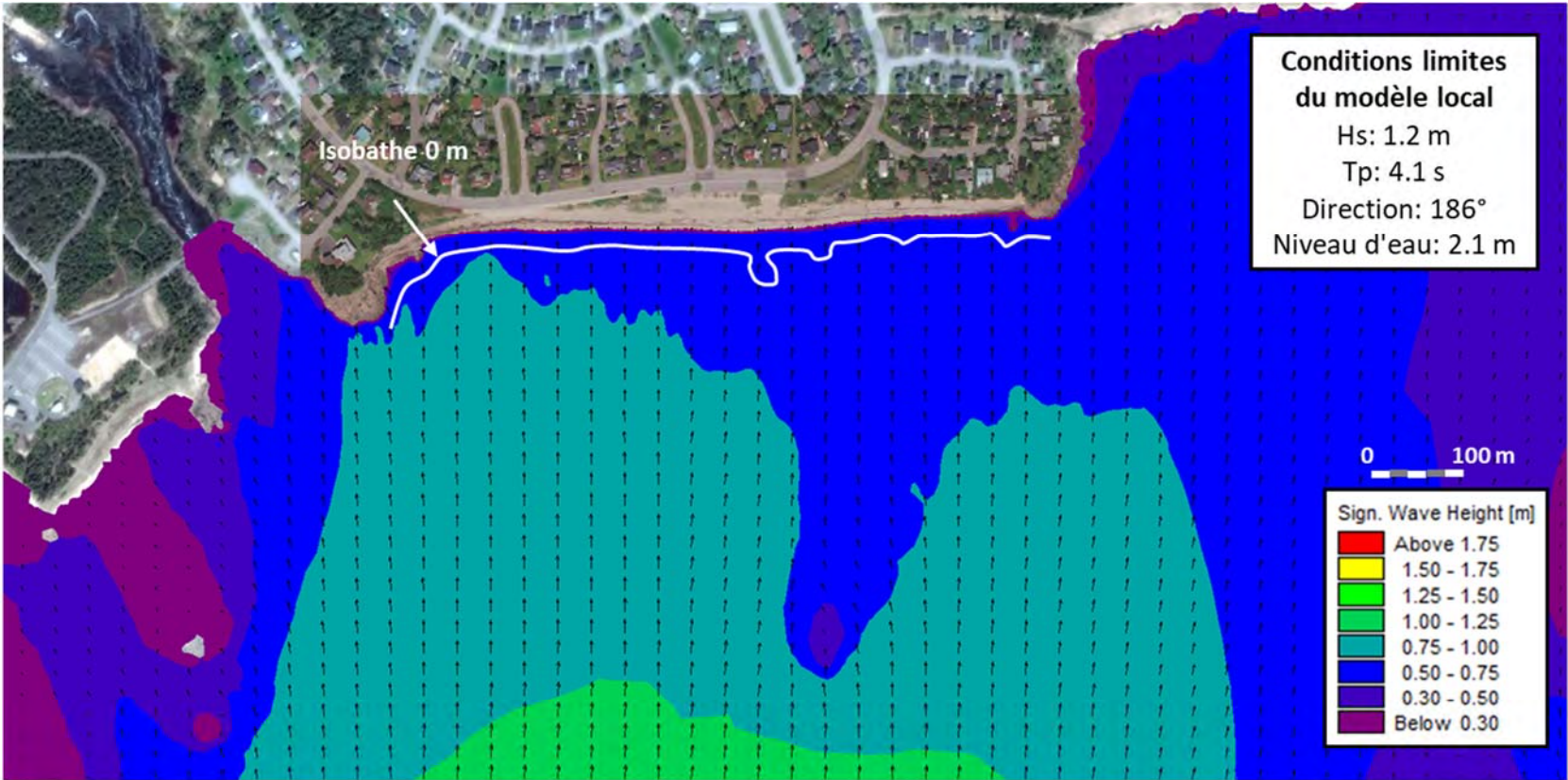


b) Courants littoraux

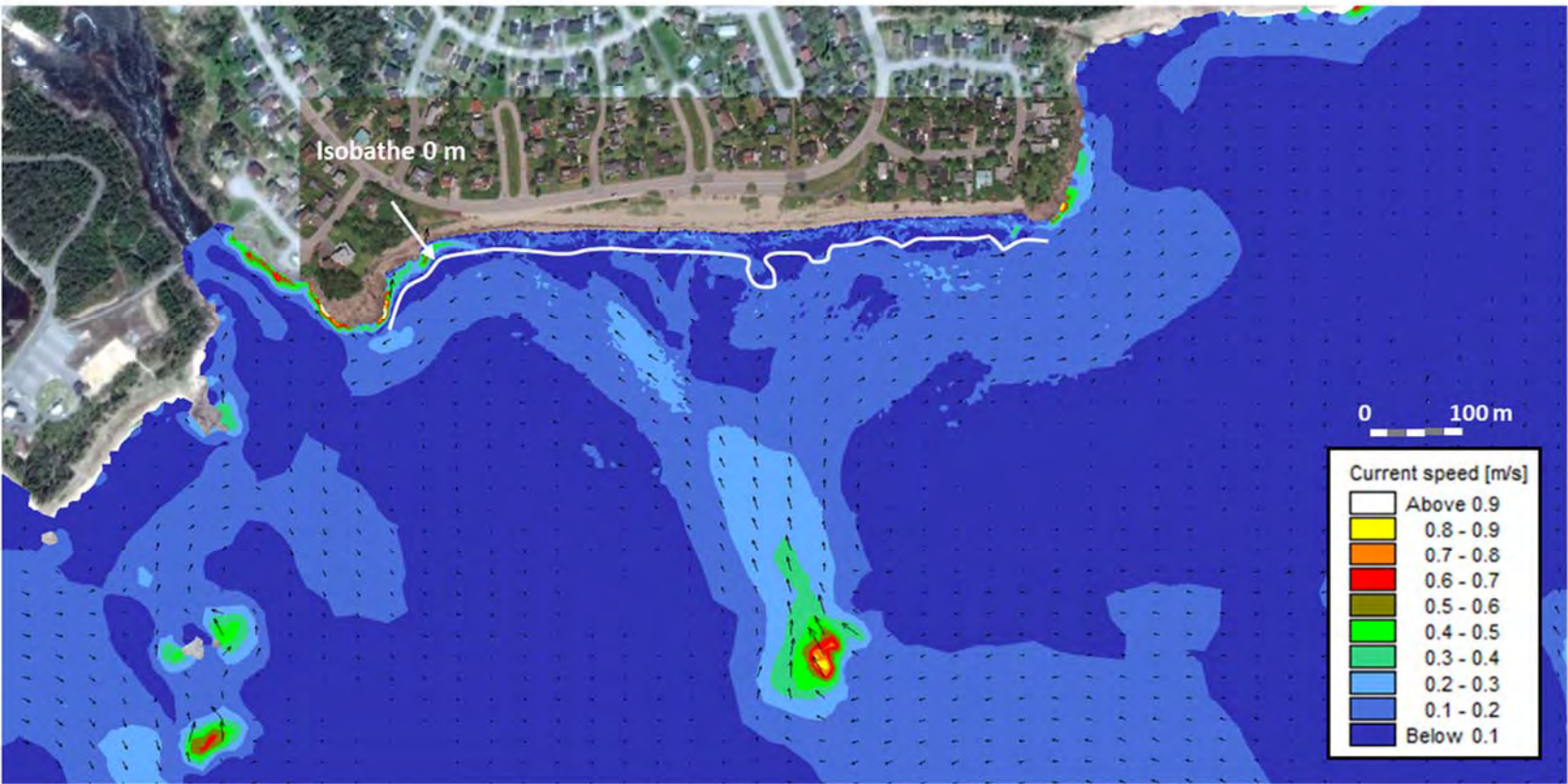


c) Évolution de la bathymétrie

Figure 6.11: Résultats de modélisation 2D de l'événement #63 en conditions actuelles



a) Hauteur de vagues

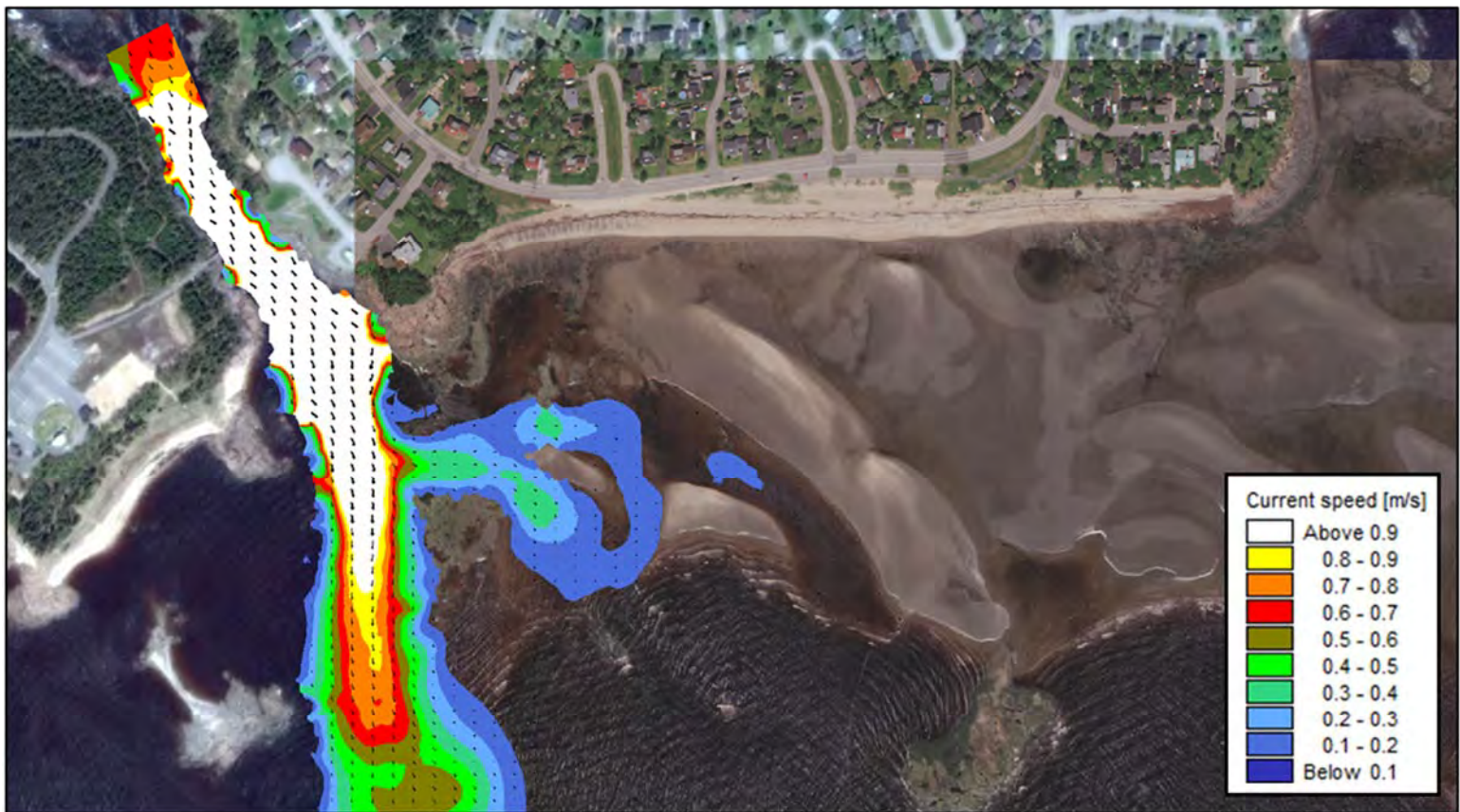


b) Courants littoraux

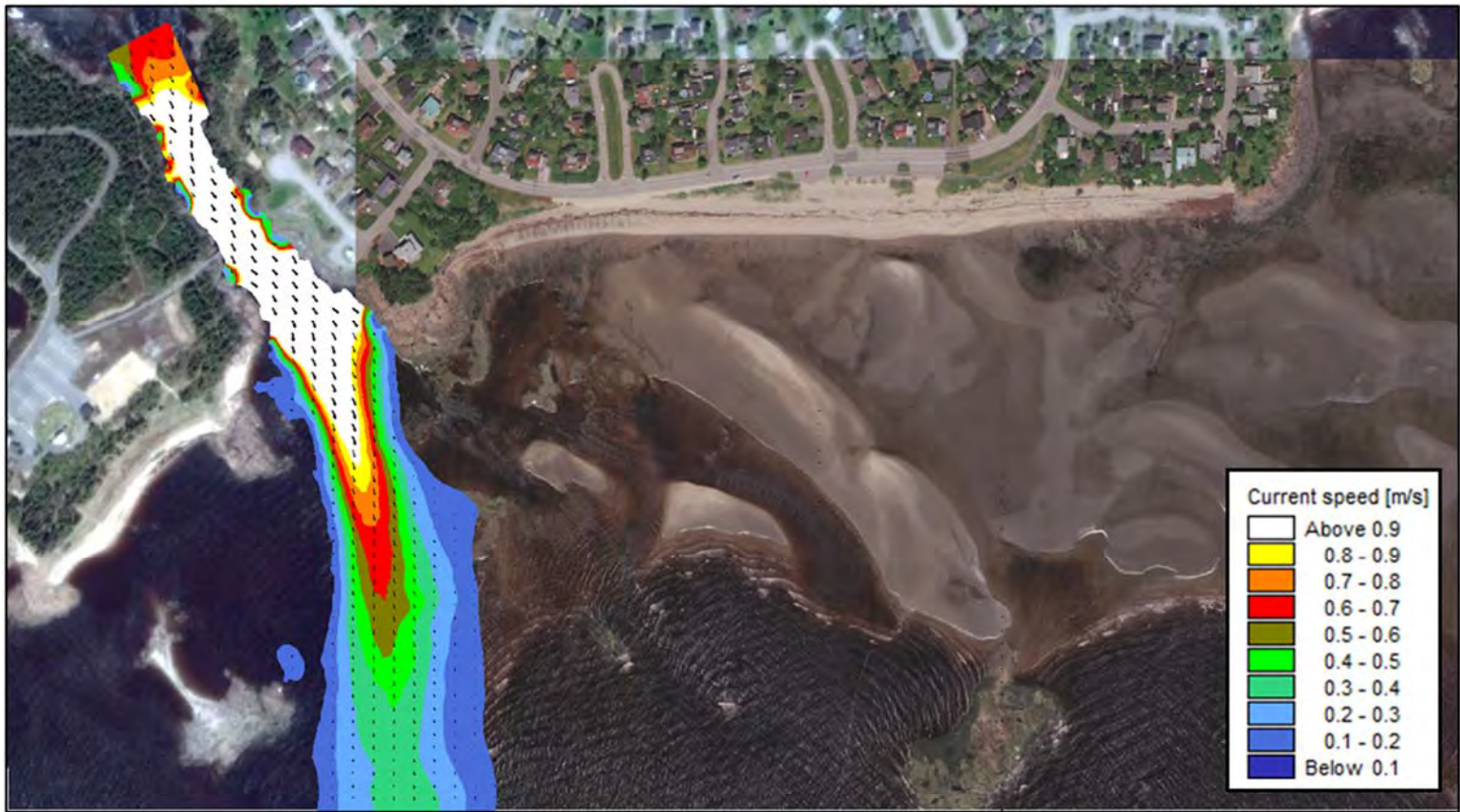


c) Évolution de la bathymétrie

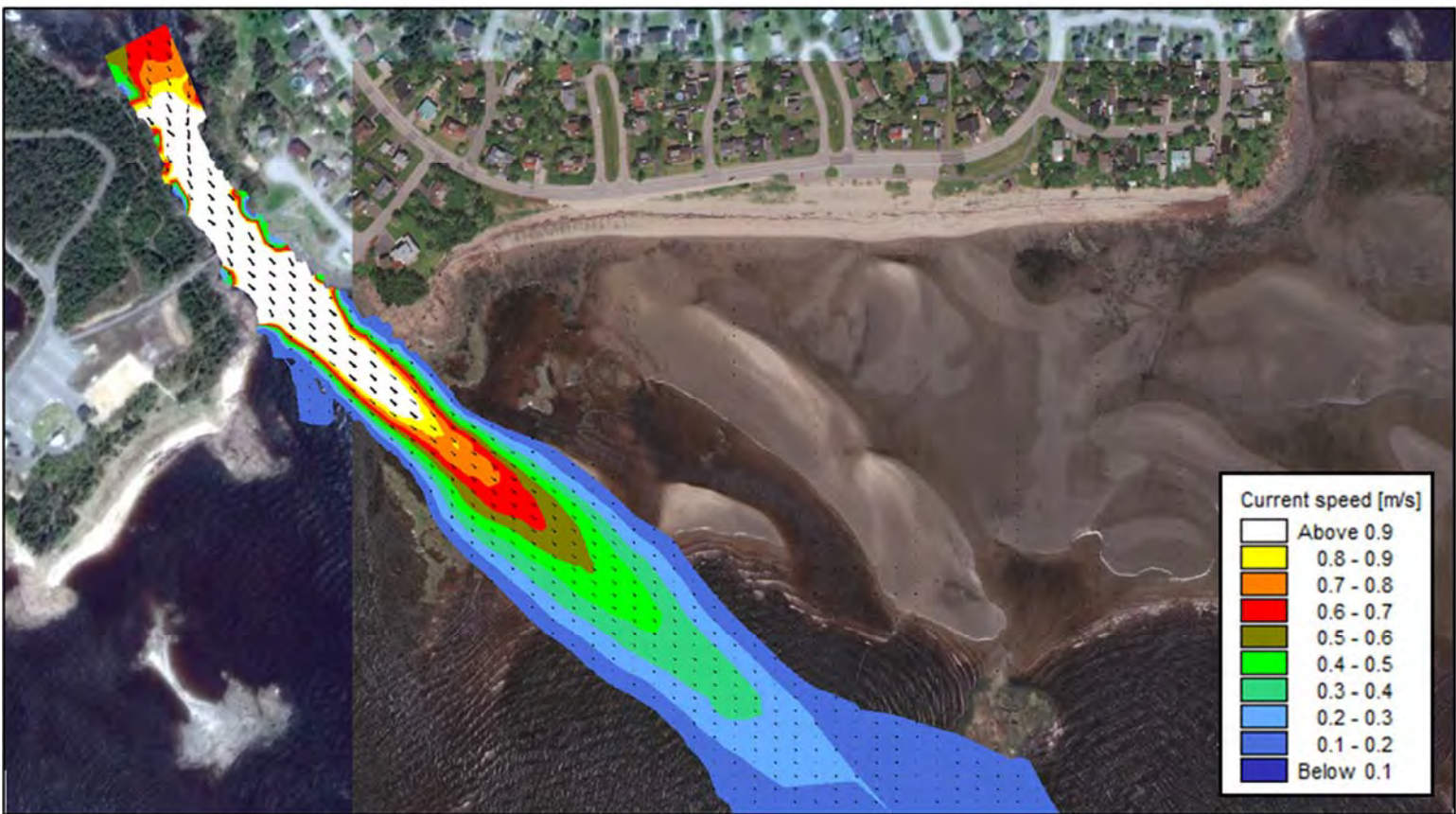
Figure 6.12: Résultats de modélisation 2D de l'événement #72 en conditions actuelles



a) Niveau bas (-1 m NMM)



b) Niveau moyen (0 m NMM)



c) Niveau haut (+1 m NMM)

Figure 6.13: Résultats de modélisation 2D de l'impact du débit moyen de la rivière aux rochers

6.3 Modélisation (1D & 2D) des fortes tempêtes

Les simulations des événements de fortes tempêtes ont été effectués à l'aide d'outils de modélisation 1D (XBeach par Deltares) et 2D (Mike 21 par DHI). Ces deux modèles offrent des fonctionnalités différentes permettant de compléter l'analyse des impacts engendrés par les fortes tempêtes.

En conditions actuelles (section 6.3.1), les modules SW (*spectral Waves*), HD (*Hydrodynamics*), et ST (*Sand Transport*) de Mike 21 ont été utilisés. Ce modèle, étant bidimensionnel, permet de tenir compte des effets hydrodynamiques complexes à proximité de la plage Rochelois. En contrepartie, ce modèle ne permet pas de modéliser la hauteur du run-up des vagues sur la plage. L'ensemble des simulations a été effectué en considérant un d_{50} de 0.5 mm.

En conditions futures incluant la recharge granulaire V3 (section 6.3.2), seuls les modules SW (*spectral Waves*) et HD (*Hydrodynamics*) de Mike 21 ont été utilisés. En fait, le module ST (*Sand Transport*) de Mike 21, tout comme les autres modèles de transport sédimentaires 2D existant sur le marché actuel, ne permet pas de modéliser le transport de matériaux grossiers tels que le gravier et le galet. Tel qu'expliqué à la section 2.3.4, ce type de matériau possède un comportement différent par rapport à celui du sable pour ce qui a trait au transport sédimentaire.

Jusqu'à présent, il n'existe pas encore de modèle bidimensionnel ayant été validé qui permet de modéliser adéquatement le transport de gravier et de galet en deux dimensions. Le transport de ce type de matériau peut toutefois être simulé à l'aide de modèle unidimensionnel tel que XBeach-G, qui a été utilisé dans le cadre de la présente étude.

Ainsi pour modéliser l'attaque frontale des vagues sur la recharge granulaire V3, le modèle XBeach-G (1D) a été utilisé en considérant un d_{50} de 15 mm (section 6.3.3).

6.3.1 Modélisation 2D des conditions hydro-sédimentaires en conditions actuelles

Les figures 6.15 à 6.19 affichent les résultats de modélisation 2D pour 5 cas de tempêtes (définis antérieurement au tableau 5.8 p.44) en conditions actuelles. Les résultats de transport sédimentaire ont été obtenus en utilisant un d_{50} de 0.5 mm.

Les tempêtes A, C, D et E, celles-ci étant toutes en provenance de l'ESE, engendrent des courants littoraux orientés vers l'Ouest alors que la tempête B, en provenance du Sud, provoque des courants vers l'Ouest et vers l'Est avec un point d'inversion au milieu de la plage. Dans tous les cas, les courants littoraux sont relativement faibles (0 à 0.5 m/s) en raison de la direction des vagues qui terminent pratiquement perpendiculaire à la plage sous les effets de réfraction.

L'ensemble des résultats de modélisation 2D montre une érosion significative des berges de la plage. En effet, les sédiments du haut de plage sont arrachés sous l'effet des vagues puis transportés vers le large pour finalement être déposés au pied du talus de la plage (voir côté gauche des figures 6.15 à 6.19). Il faut toutefois spécifier que, puisque le modèle 2D ne simule pas le run-up des vagues, les processus d'érosion survenant au-delà du niveau d'eau (à l'extérieur de la surface mouillée du modèle) ne sont pas très bien

résolus. Ainsi, bien que le patron général d'érosion soit bien schématisé par le modèle 2D, le recul du haut de talus peut être sous-estimé par celui-ci.

Des simulations exploratoires ont également été réalisées avec le modèle 1D XBeach. Bien que ce modèle ne permette pas de tenir compte des effets hydrodynamiques complexes à proximité de la plage, il permet de mieux représenter les processus d'érosion survenant au-delà du niveau d'eau en incluant le run-up des vagues dans la formulation du transport sédimentaire. D'une manière générale, les résultats issus de ce modèle demeurent similaires à ceux générés par le modèle 2D en termes de volume d'érosion.

Tel que mentionné à la section 6.2, la section Ouest de la plage Rochelois est impactée plus sévèrement par les tempêtes puisqu'il n'y a pas d'îlot rocher pour dissiper l'énergie des vagues. Par exemple dans le cas de la tempête A (T=10 ans), le recul simulé est de 10 m au profil 1 (Ouest de la plage) et de 5 m au profil 3 (Est de la plage). Ces reculs sont d'un ordre de grandeur similaire à ce qui a été observé durant les visites de terrain du MSP en janvier 2017, soit à posteriori de la tempête de 2016.

Il avait été mentionné à la section 5.4 qu'en raison de la dépendance entre les variables de niveaux d'eau et de hauteur de vagues, les fortes tempêtes en provenance de l'ESE surviennent souvent durant des épisodes de niveaux d'eau anormalement élevés (plus de 3 m en NMM). En superposant l'énergie libérée par le déferlement des vagues à ces niveaux d'eau élevés, le run-up peut facilement dépasser une élévation de 5 m pour un événement de tempête d'une récurrence 10 ans. L'action des vagues peut ainsi endommager la végétation et les structures en haut de la plage par le dépôt de débris ou par l'érosion du talus ce qui mène éventuellement à un affaissement de la falaise.

La figure 6.14 révèle le processus de l'évolution d'un profil de plage soumis à une succession de tempêtes. Dans cet exemple, les vagues de la première tempête, d'une récurrence de 25 ans, érodent le haut de plage (élévation 2 m à 4 m) pour ensuite former une barre de sable en bas de plage (élévation -0.5 m à 2 m). Cette barre de sable offre ainsi une nouvelle source de sédiments qui sera remaniée durant les événements plus fréquents survenant à niveaux d'eau modérés. C'est d'ailleurs ce qui est observé sur la figure 6.14b : les sédiments localisés dans la section supérieure de la barre de sable (élévation 0.5 m à 1.5 m) se font éroder puis déposer un peu plus bas (élévation -0.5 m à 0.5 m) d'une manière à adoucir le profil de la plage afin d'atteindre la pente d'équilibre.

D'une manière plus générale, la section la plus active de la plage (soit entre -0.5 m et 1.5 m pour la plage Rochelois) sera remaniée fréquemment sous l'action des vagues durant les événements fréquents. Ainsi à l'intérieur d'une petite échelle de temps (moins de 1 an), il sera possible de constater une alternance entre l'érosion et l'accrétion pour cette section de la plage. Toutefois à plus long terme (plusieurs années), c'est le bilan sédimentaire qui dicte la tendance générale pour la portion de cette plage. Cet aspect est traité en détails à la section 6.4.

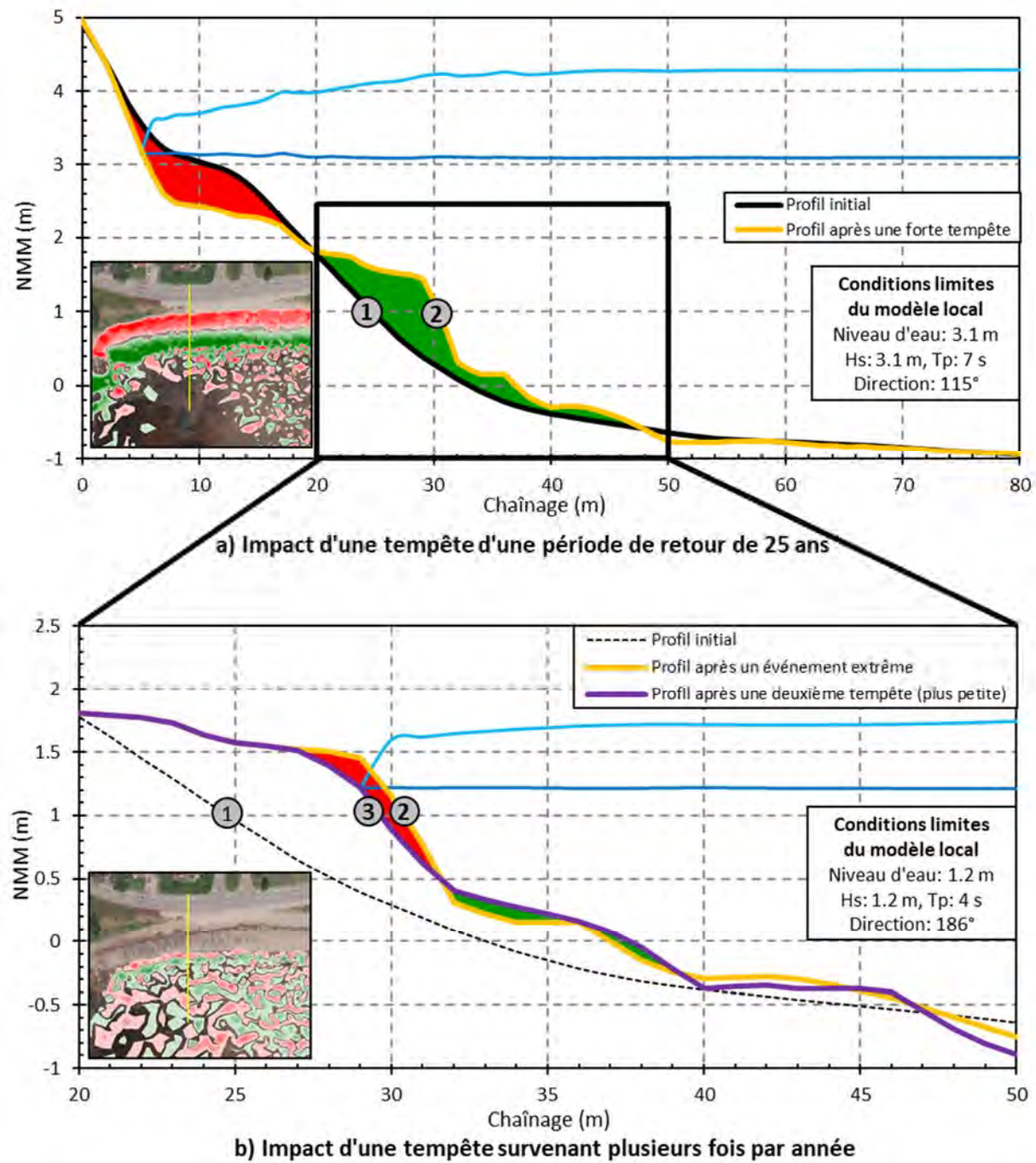


Figure 6.14 : Évolution du profil de plage suite à deux événements de tempête

6.3.2 Modélisation 2D de l'hydrodynamique en conditions futures (recharge granulaire)

La figure 6.20 offre une comparaison des courants littoraux modélisés en conditions actuelles ainsi qu'en conditions futures, c'est-à-dire en incluant la recharge granulaire V3. Les résultats issus de deux tempêtes sont affichés sur cette figure, soit les tempêtes B et C en provenance du Sud et de l'ESE respectivement.

La figure 6.20b montre qu'en conditions futures, la tempête B (Sud) engendre des courants littoraux orientés vers l'Est dans l'ensemble de la recharge granulaire. La vitesse des courants littoraux modélisés à l'extrémité Ouest de la plage est plus élevée en conditions futures (figure 6.20b) comparativement aux conditions actuelles (figure 6.20a) en raison de la nouvelle orientation de la plage, celle-ci étant plus inclinée par rapport aux vagues du Sud. Toutefois, la plage en conditions futures contiendra des matériaux beaucoup plus grossiers (gravier & galets) comparativement aux conditions actuelles (sable) ce qui limitera la mise en suspension des sédiments (et donc le transport sédimentaire).

La figure 6.20d montre qu'en conditions futures, la tempête C (ESE) engendre des courants littoraux vers l'Est et vers l'Ouest qui se rejoignent à la section Ouest de la plage. Ces patrons d'écoulement sont similaires aux conditions actuelles (figure 6.20c). Les courants littoraux modélisés sont plus élevés en conditions futures (figure 6.20d) comparativement aux conditions actuelles (figure 6.20c) en raison du lissage de la bathymétrie qui a été engendré par l'ajout de la recharge granulaire. Cette augmentation de la vitesse est toutefois temporaire après la construction de la plage puisque l'action des vagues permettra d'onduler la nouvelle plage ce qui permettra d'augmenter la rugosité et, en conséquence, de réduire les vitesses d'écoulement.

L'analyse des courants littoraux permet d'obtenir un portrait qualitatif du transport sédimentaire sur la plage Rochelois. À cet effet, la section 6.4 traite en détails de l'aspect quantitatif du transport sédimentaire (bilan sédimentaire) sur le long terme (plusieurs années). C'est d'ailleurs par cette analyse approfondie que l'orientation de la recharge granulaire a été révisée à deux reprises au courant de cette étude (recharge V1, V2 puis V3).

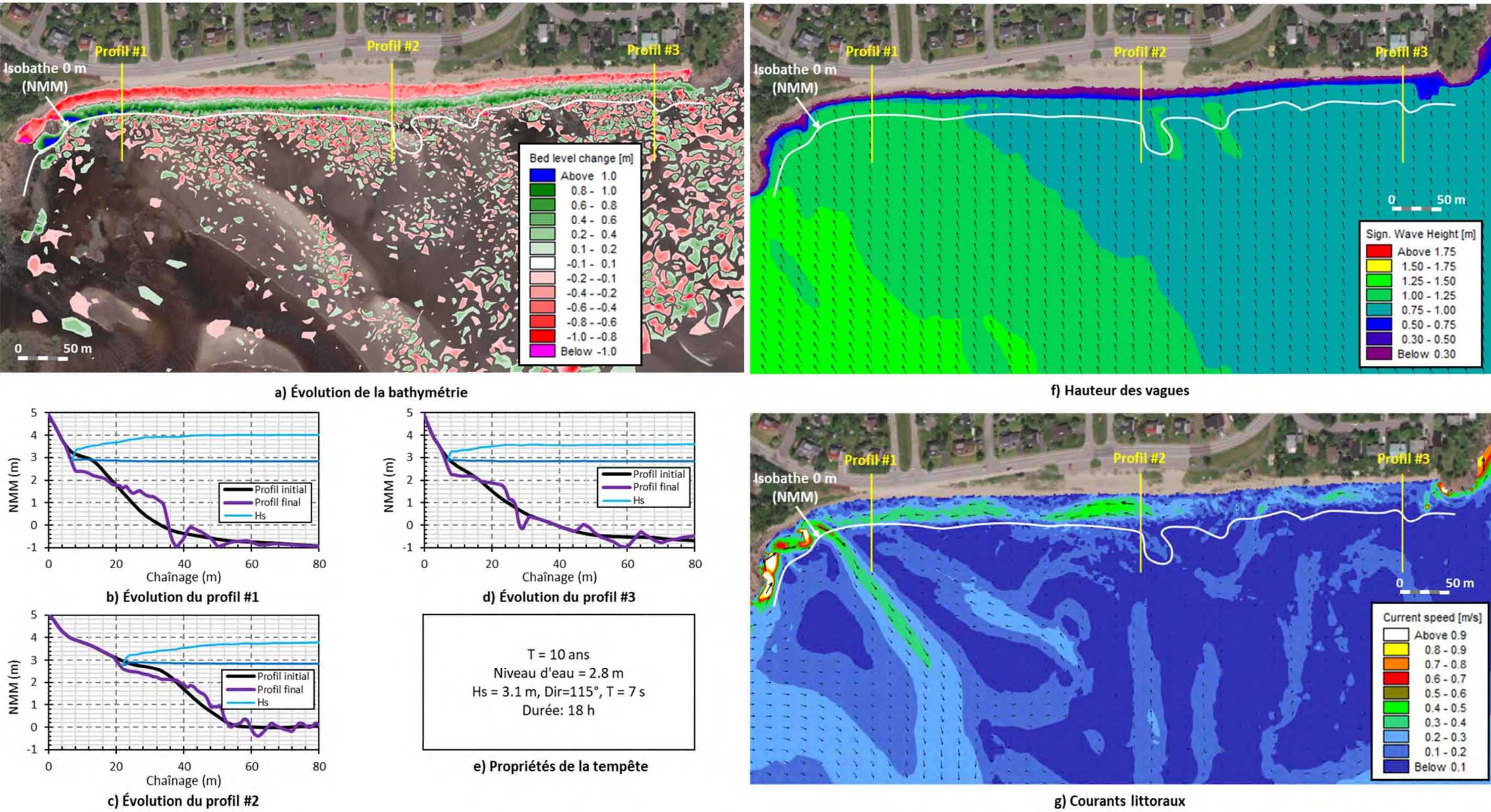


Figure 6.15 : Résultats de modélisation 2D de la tempête A en conditions actuelles

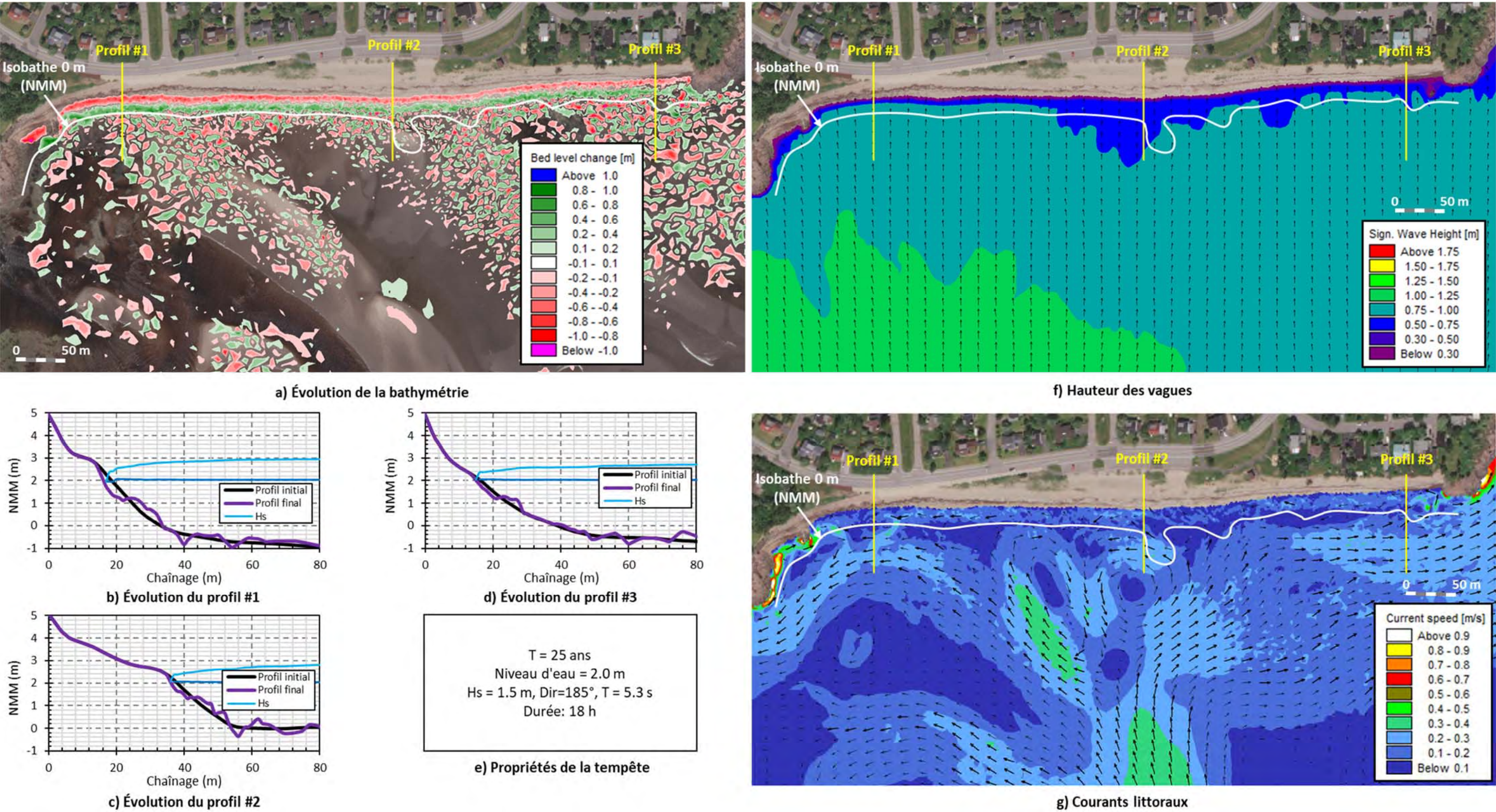


Figure 6.16: Résultats de modélisation 2D de la tempête B en conditions actuelles

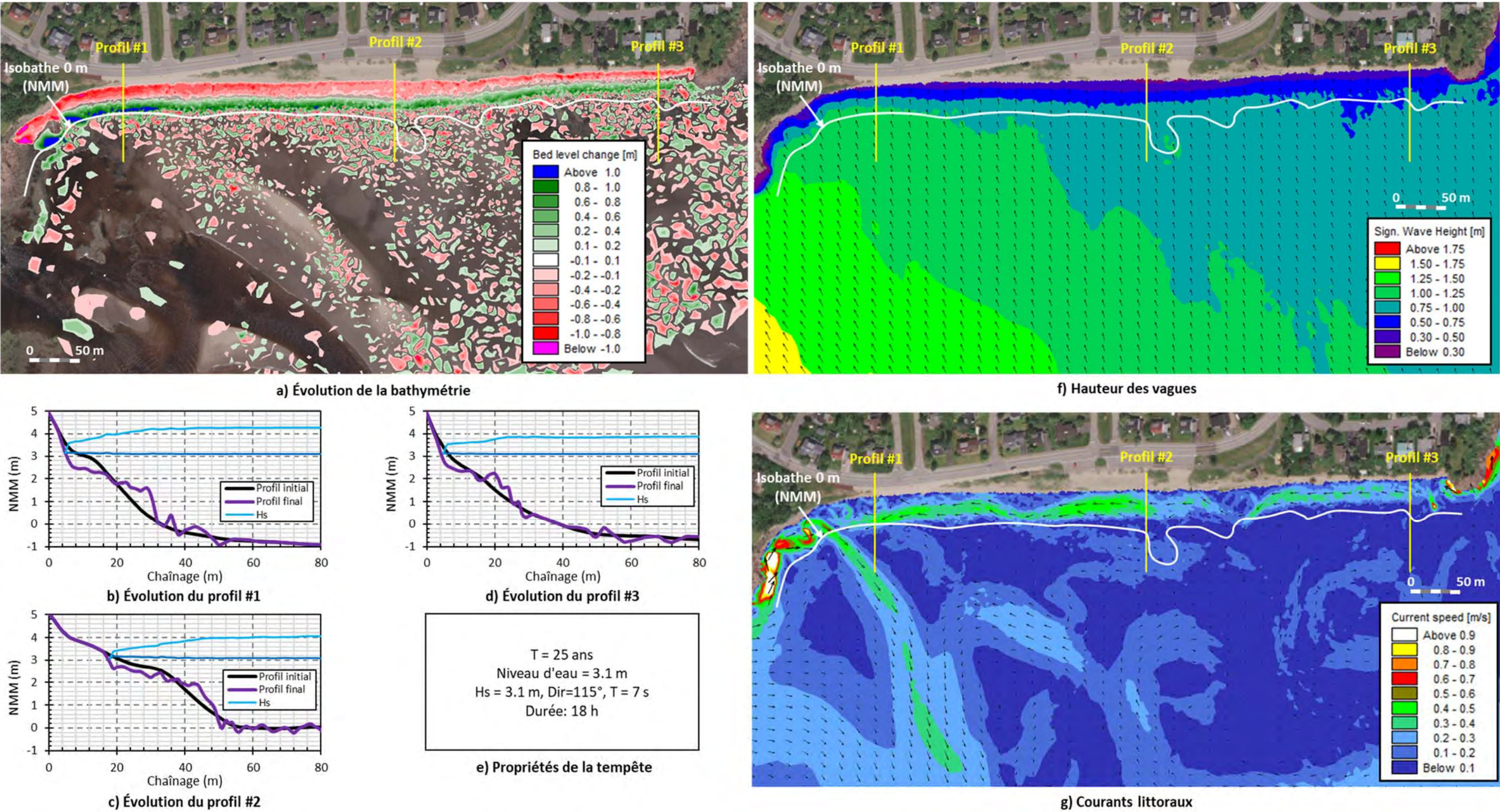


Figure 6.17: Résultats de modélisation 2D de la tempête C en conditions actuelles

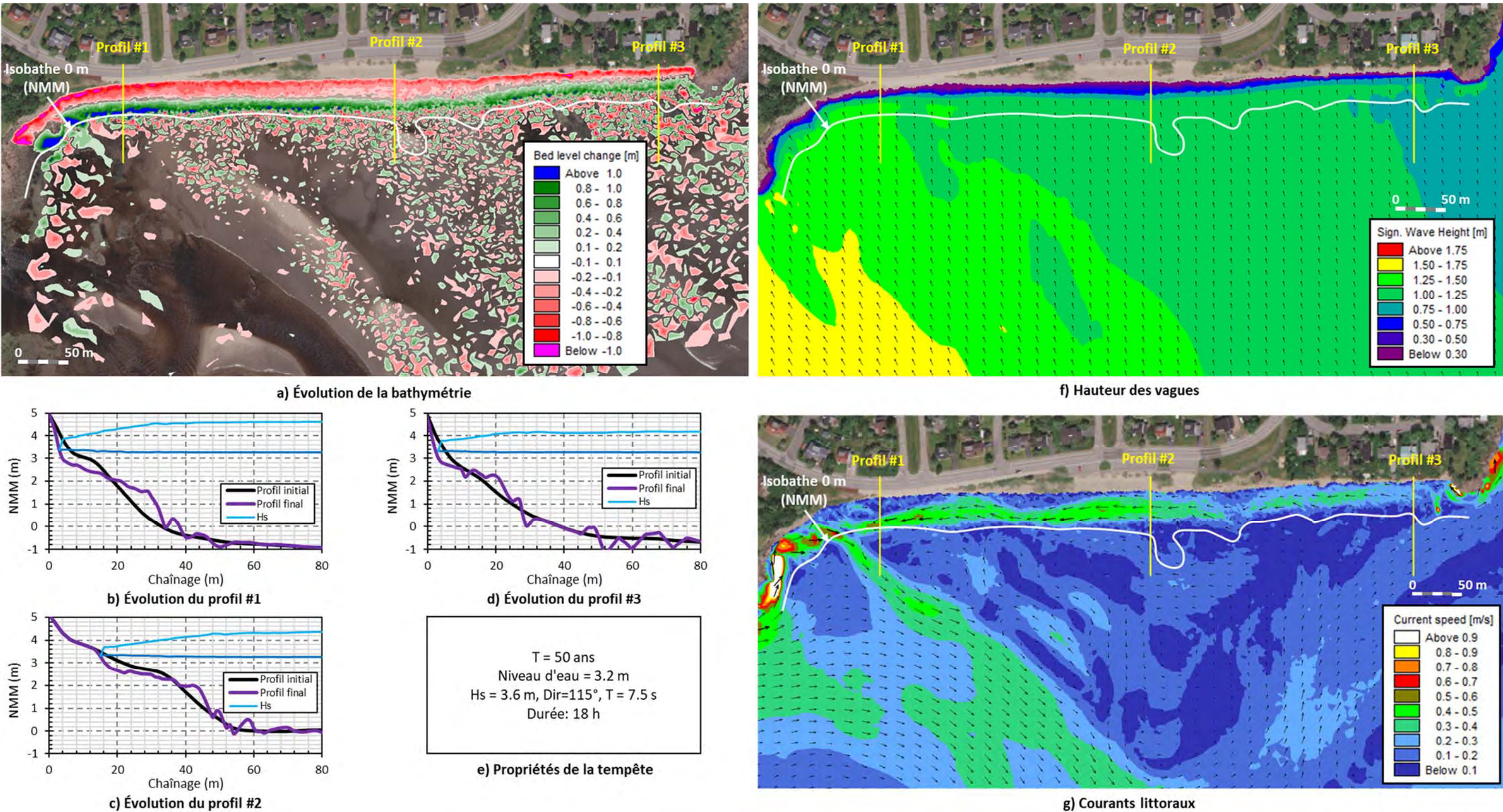


Figure 6.18: Résultats de modélisation 2D de la tempête D en conditions actuelles

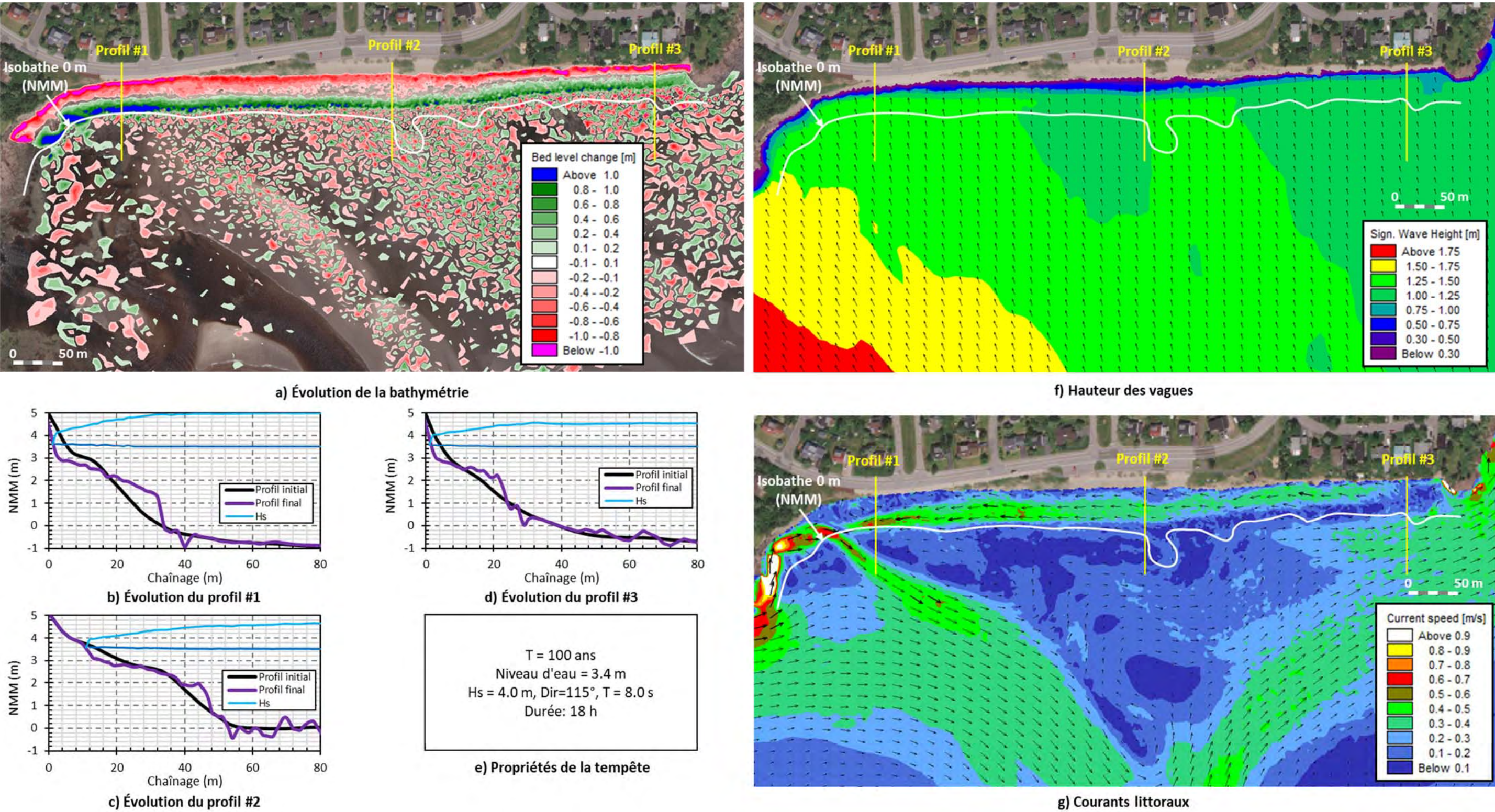
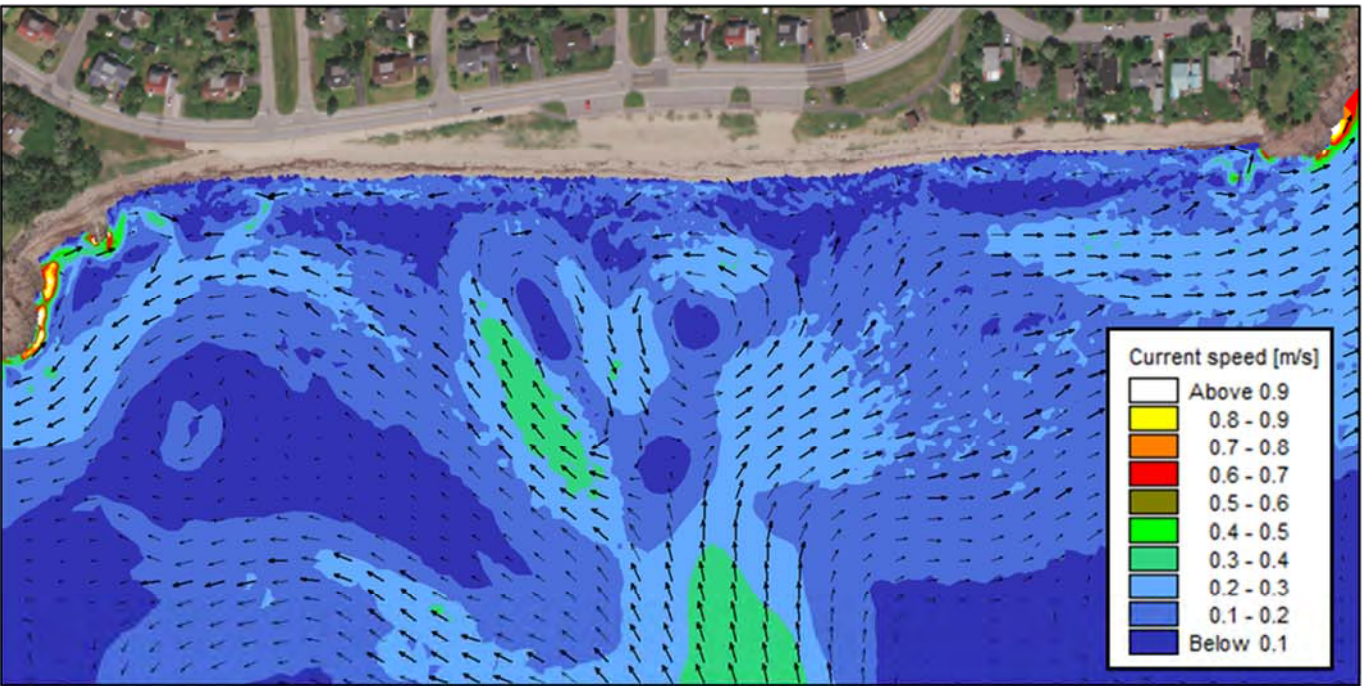
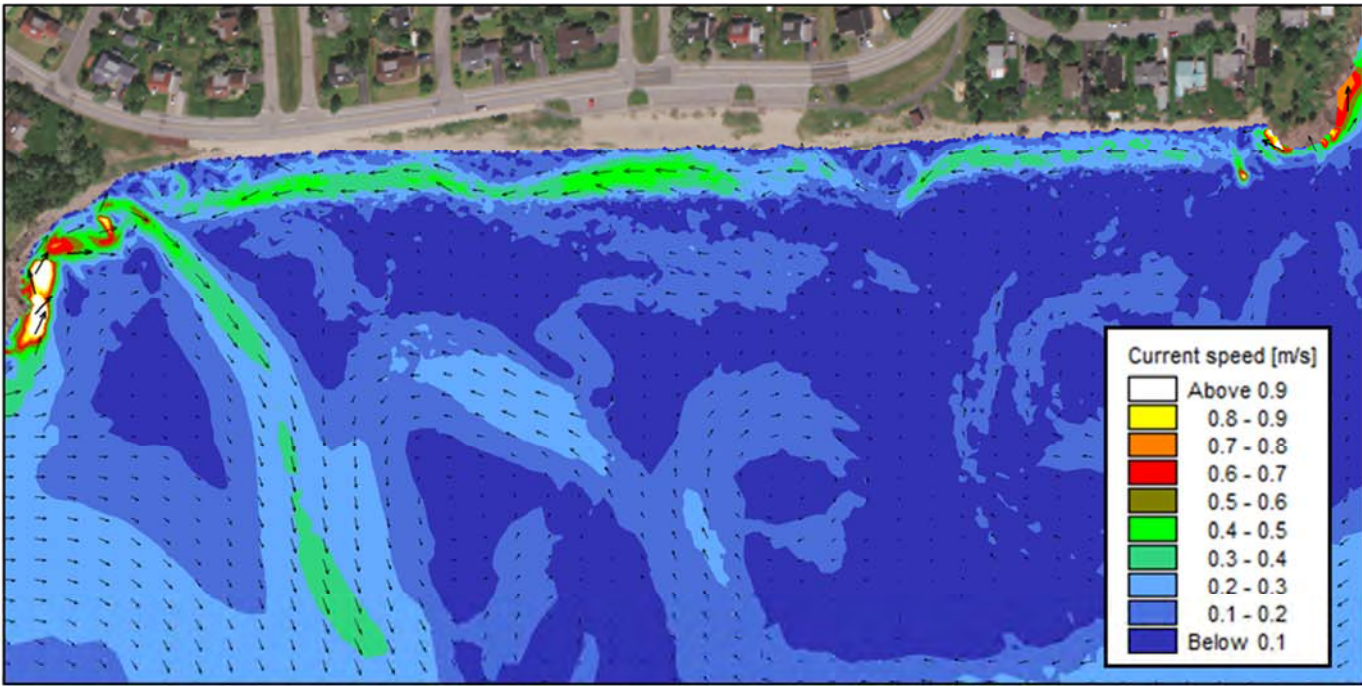


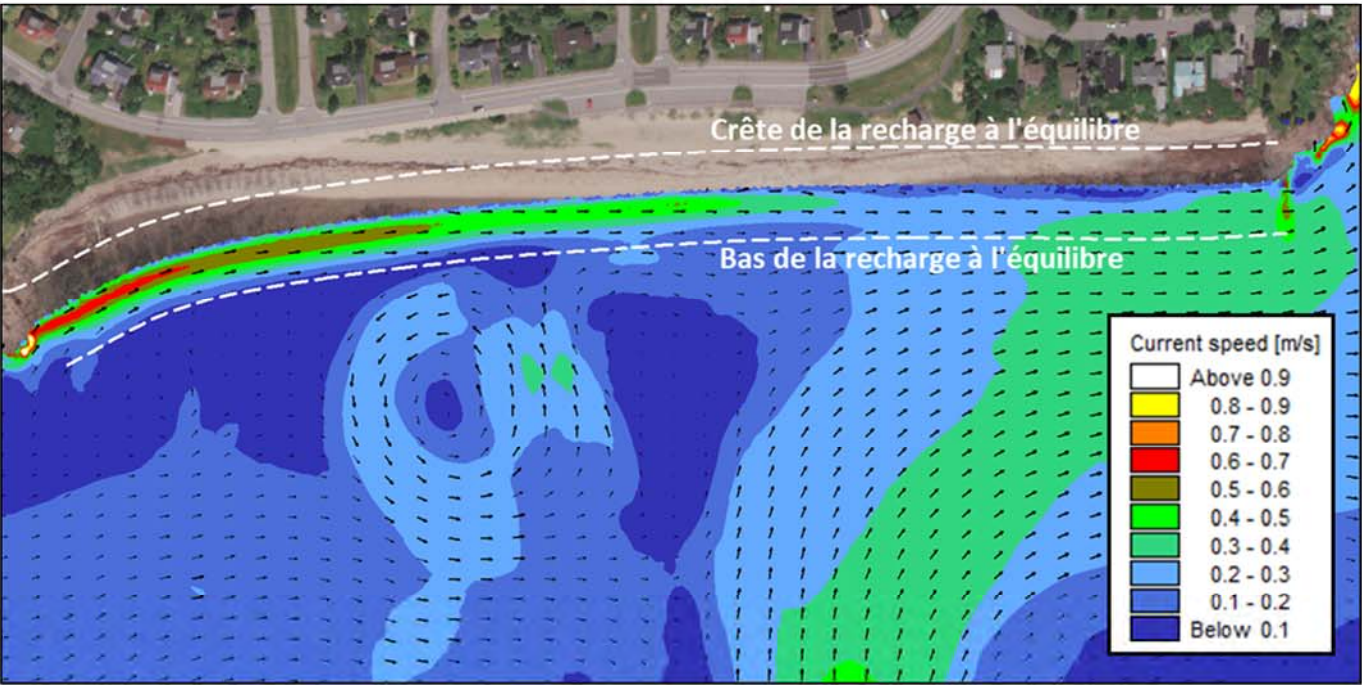
Figure 6.19: Résultats de modélisation 2D de la tempête E en conditions actuelles



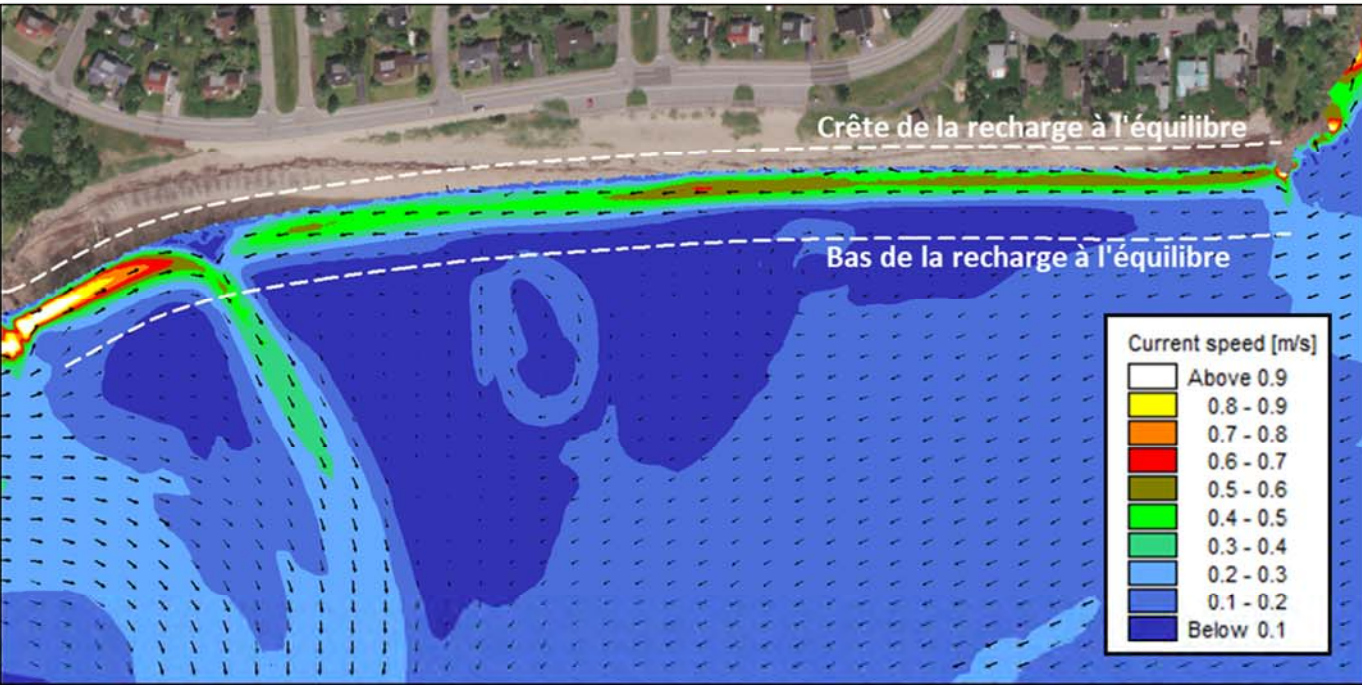
a) Tempête B (Hs=1.5 m & dir=185°) - Conditions naturelles



c) Tempête C (Hs=3.1 m & dir=115°) - Conditions naturelles



b) Tempête B (Hs=1.5 m & dir=185°) - Conditions futures (recharge granulaire V3)



d) Tempête C (Hs=3.1 m & dir=115°) - Conditions futures (recharge granulaire V3)

Figure 6.20 : Résultats de modélisation 2D des tempêtes B et C en conditions actuelles et futures

6.3.3 Modélisation 1D du transport transversal en conditions futures (recharge granulaire)

L'examen des photos historiques (section 6.1) ainsi que les résultats de simulations 2D (section 6.3.1) indiquent clairement que la problématique d'érosion aiguë ou ponctuelle issue des fortes tempêtes domine le processus de recul du haut de plage rendant les infrastructures et les propriétés riveraines vulnérables. Les résultats, indiquent notamment que la combinaison de vagues et de niveau d'eau d'événements extrêmes conduirait à des dommages importants pouvant compromettre l'intégrité de la route.

Pour les conditions actuelles, il a été possible de modéliser le transport transversal en 2D puisque les matériaux de la plage sont composés de sable (voir figures 6.14 à 6.20 à la section 6.3.1). Toutefois en conditions futures, la modélisation du transport transversal en 2D n'est plus possible en raison de la présence de matériaux grossier (gravier et galets), ceux-ci n'étant pas encore pris en compte par les modèles de transport sédimentaires 2D existant sur le marché (voir section 2.3.4 pour la comparaison entre le comportement des plages de sable et de matériaux grossiers). Pour cette raison, le transport transversal en conditions futures a été modélisée avec le modèle 1D XBeach-G spécialement conçu pour ce type d'analyse. Ce modèle permet aussi de modéliser le run-up des vagues ce qui permet de valider la hauteur de crête de la plage qui est nécessaire pour résister aux tempêtes d'une certaine récurrence donnée.

Aucune donnée de validation n'étant disponible pour la plage de Rochelois, les coefficients ont été réglés sur la base de cas de validation de XBeach-G présentant des similarités avec le site de Port-Cartier et publiés dans le cadre du développement du modèle [3].

Les cinq tempêtes de références établies à la section 5.4.2 ont été simulées pour deux types de profils distincts :

- Profil de construction de la recharge avec un matériau granulaire d'un diamètre typique de 15 mm;
- Profil théorique d'équilibre ($h=Ay^{2/3}$) de la recharge avec matériau granulaire d'un diamètre typique de 15 mm.

Profil de construction

Face à l'action des vagues, il est prévu que le profil initial de la recharge granulaire subisse une déformation afin d'éventuellement atteindre un certain état d'équilibre. Pour cette raison, le comportement du profil initial (à la construction) est d'abord évalué afin de valider que la position du pied de la recharge soit suffisamment éloignée vers le large et que le niveau de crête soit suffisamment élevé pour assurer la protection des infrastructures en haut de plage lors des fortes tempêtes.

La figure 6.21 illustre les résultats de modélisation de l'attaque frontale des vagues fournis par le modèle XBeach-G pour 5 événements de tempête. En guise de rappel, la tempête B est la seule en provenance du Sud (les autres étant en provenance de l'ESE).

Les résultats indiquent que le profil de construction se déforme rapidement sous l'action des tempêtes et tend à s'aligner avec le profil théorique d'équilibre. Cette constatation devient plus évidente à apercevoir dans le cas des tempêtes de forte intensité de l'ESE (tempêtes C, D et E d'une période de retour de 25, 50 et 100 ans respectivement). En effet, le haut de plage a tendance à subir un recul significatif (érosion) alors que le pied de plage subit une avancée (dépôt de sédiments). Le mécanisme induit un transfert de volume du haut de plage vers le pied de la plage avec une courbure générale qui tend vers le profil théorique d'équilibre. Les combinaisons de niveau d'eau et de hauteur de vagues pour les tempêtes A à C (10 ans à 25 ans) conduisent à une figure classique d'érosion de plage alors que les deux plus fortes tempêtes de la série (D et E) conduisent à la formation d'un bourrelet de gravier (swash bar) en haut de plage, à une érosion en milieu de plage et à une accumulation en bas de plage.

Dans le cas des tempêtes A à C (10 à 25 ans), l'action des vagues est maintenue en deçà de la crête de la pente de construction (élévation 5.4 m). À cet effet, l'élévation atteinte par le run-up des vagues (2% du temps) est de 5.2 m, 3.4 m et 5.4 m pour les tempêtes A, B et C respectivement. Ainsi, la combinaison de l'élévation atteinte par le run-up des vagues et de la pente raide de la plage ne permet pas la formation d'un bourrelet de gravier en haut de plage (swash bar) puisque les sédiments poussés vers le haut ont tendance à être ramenés vers le bas de plage.

Dans le cas des tempêtes D et E (50 à 100 ans), l'élévation atteinte par le run-up des vagues (2% du temps) est de 5.7 m et 6.0 m respectivement. Puisque le run-up excède la crête de la pente de construction (élévation 5.4 m), il se forme un bourrelet de gravier en haut de plage (swash bar) s'élevant grossièrement jusqu'à l'élévation du run-up de vagues. La formation du bourrelet de gravier se produit lorsque l'énergie de la remontée des vagues est dissipée en partie dans le mécanisme de transport des sédiments et en partie par percolation dans le massif de gravier, ce qui limite largement le transport des sédiments du haut de plage vers le bas de plage lorsque l'eau se retire, l'énergie de l'écoulement n'étant plus assez grande.

Les résultats de modélisation montrent qu'à partir de la crête de la pente de construction (élévation 5.4 m), le profil sera impacté sur une distance d'environ 20 m vers la terre (recul et bourrelet de gravier). Tel qu'illustré à la figure 4.7 à la p.22, la distance entre la crête de la pente de construction et le terrain existant peut atteindre 50 m pour la section Ouest de la page rochelois (section la plus exposée). Cela laisse donc une zone tampon de 30 m de recharge granulaire à l'intérieur duquel le modèle numérique ne prévoit pas d'impact au niveau du transport transversal. Toutefois, il est important de garder à l'esprit que le modèle numérique contient une certaine incertitude d'où la nécessité de maintenir cette zone tampon. De plus, cette zone tampon sera en mesure de recevoir les débris échoués issus des fortes tempêtes ce qui épargnera l'état des infrastructures routières. Un autre aspect à considérer est aussi le recul supplémentaire de la plage qui pourrait survenir en raison d'un gradient de transport littoral. Cet aspect est traité en détails à la section 6.4.

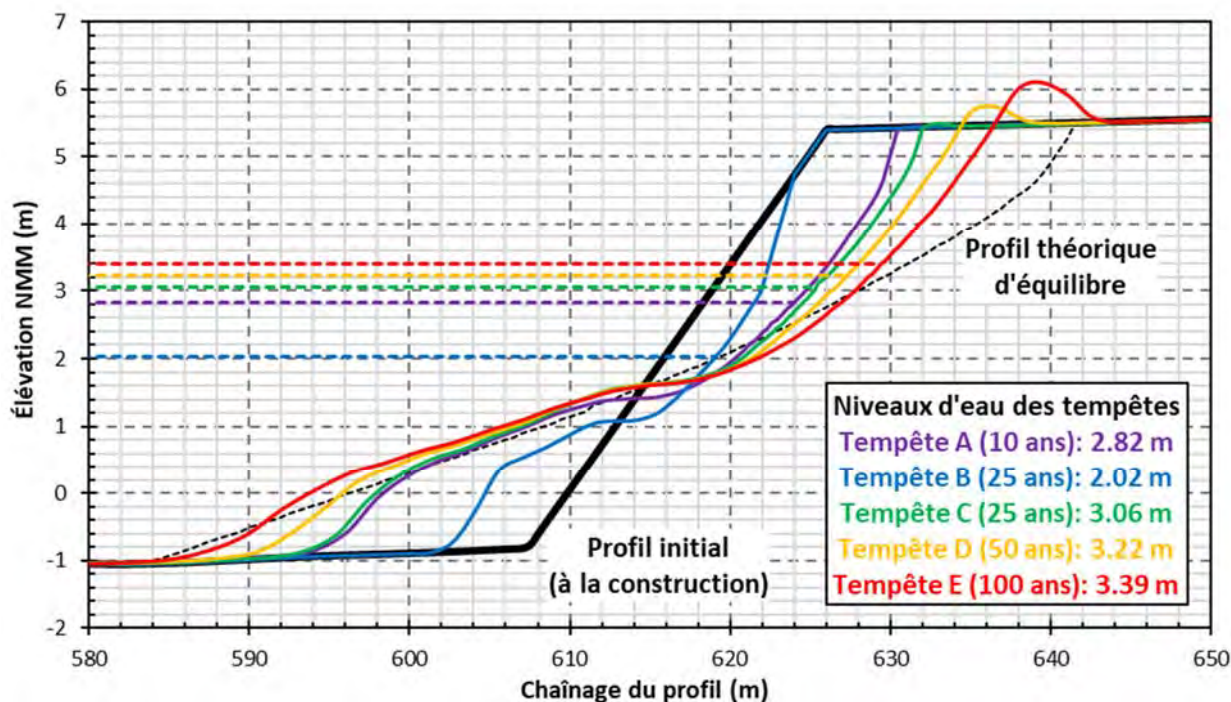


Figure 6.21 : Évolution du profil de construction sous différentes tempêtes

Profil d'équilibre ou profil adapté

Les résultats des simulations effectuées en considérant un profil d'équilibre sont présentées à la figure 6.22. Contrairement au profil de construction, les variations morphologiques sont relativement limitées et se traduisent pour tous les cas par la formation d'un bourrelet de gravier correspondant à la limite de la remontée des vagues en haut de plage. Aucun des cas simulés ne conduit à une érosion du haut de plage. La région du profil qui subit une érosion plus marquée est située directement sous le niveau considéré pour chaque cas. Pour le cas de tempête extrême (tempête E) le recul maximal est de l'ordre de 5 m à l'élévation 2 m soit près de 1,4 m sous le niveau simulé (3,4 m). Les résultats de la tempête B, moins intense et surtout survenant à niveau plus bas (2,02 m), conduit à une évolution morphologique similaire : il se crée un bourrelet de gravier juste au-dessus du niveau d'eau simulé et une érosion en dessous avec un recul maximal de près de 5 m à une profondeur de 1,5 m sous le niveau simulé, le haut de plage n'est pas atteint par la remontée des vagues ni par les mouvements morphologiques.

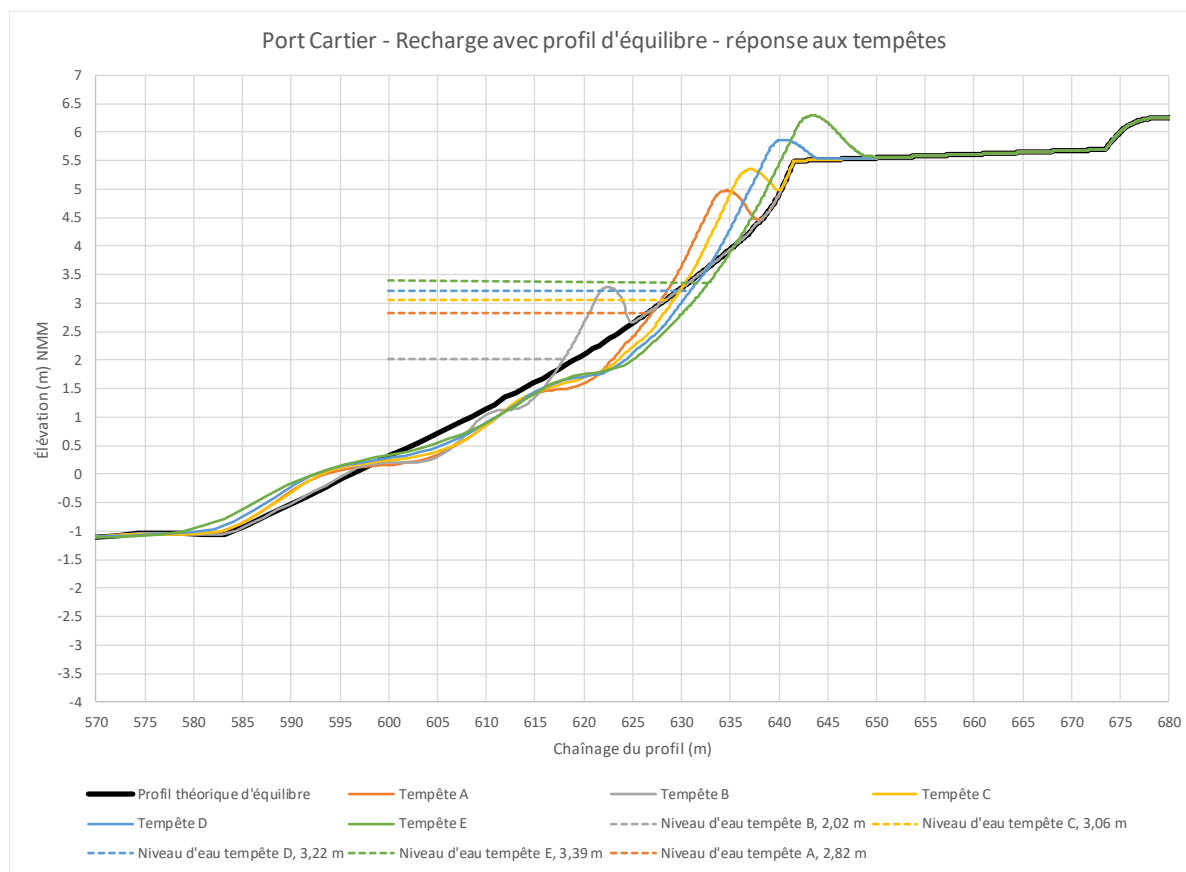


Figure 6.22 : Évolution du profil d'équilibre sous différentes tempêtes

Des essais de sensibilité ont été réalisés pour évaluer la succession de deux tempêtes : tempête B (faible période de retour et niveau d'eau bas de 2,02 m) suivi par la tempête E (très énergétique et niveau d'eau élevé de 3,39 m) et l'inverse, soit tempête E suivi par tempête B. La figure 6.23 illustre les résultats. Ces derniers montrent que la portion érodée du profil s'est adaptée à la tempête E et fait l'objet d'une accumulation lors de la tempête B qui suit du fait de la formation du bourrelet de gravier. La région inférieure du profil subit quant à elle une érosion. Ainsi le comportement de la plage de gravier conduit à un renforcement du haut de plage et du bas de plage et une érosion en milieu de plage. Les résultats pour le deuxième cas de succession de tempête indiquent que la morphologie du profil modelée par la première tempête de moindre intensité a peu d'influence sur la morphologie finale due à la tempête extrême qui suit. En effet on retrouve le profil engendré par la tempête E seulement.

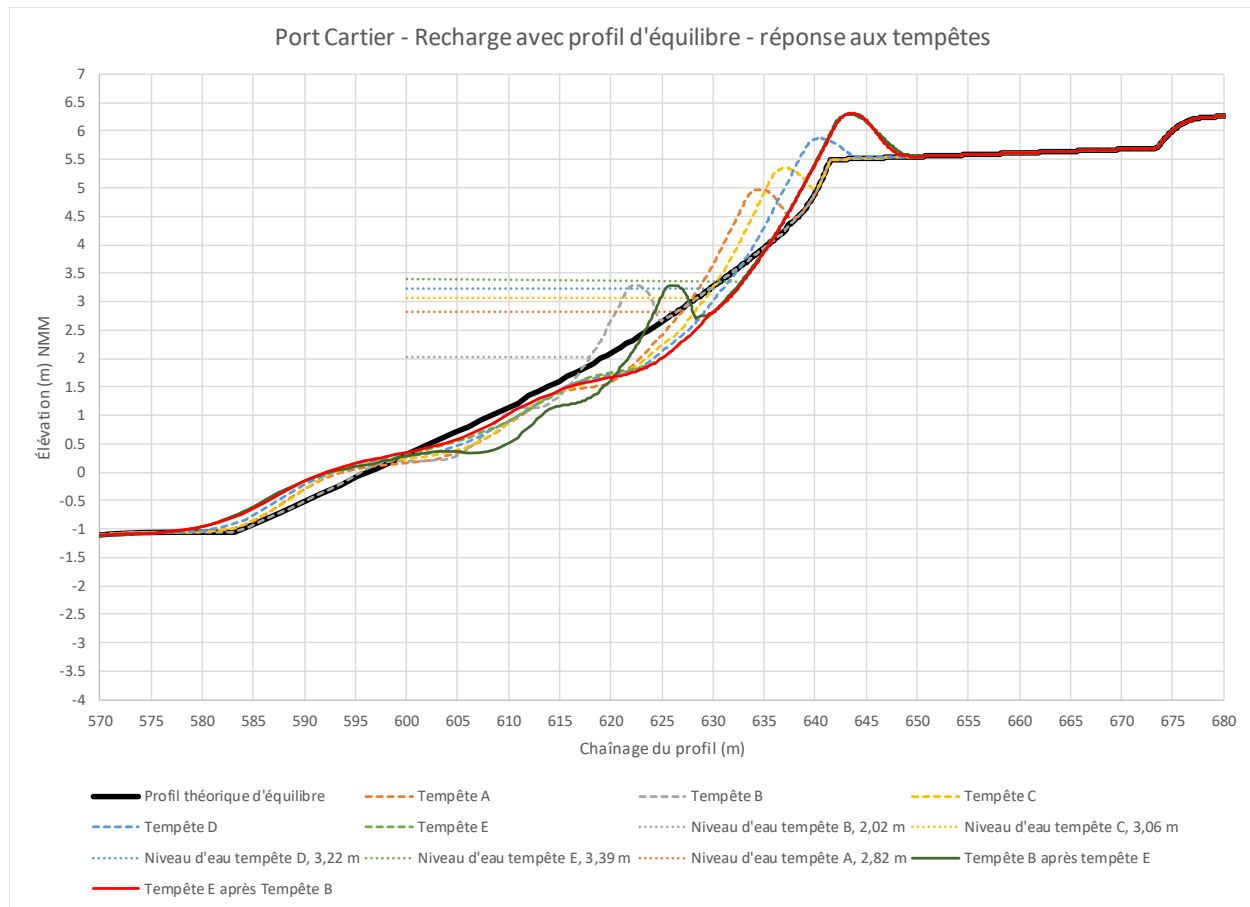


Figure 6.23 : évolution du profil d'équilibre sous différentes tempêtes – essais de sensibilité

Les résultats précédents proviennent de simulations qui ont été effectuées en considérant un niveau d'eau fixe pendant la durée de la tempête établie à 18 heures (voir détails section 5.3.4). Afin d'évaluer les effets du marnage en période de vive en eau de l'ordre de 3,3 m, les simulations ont été reprises en appliquant la hauteur de vague pendant 1,5 cycles de marée comprenant deux marées hautes, dont le niveau maximum correspondant au niveau fixe simulé précédemment. L'exercice a été effectué pour les tempêtes C et E. Les résultats obtenus, illustrés à la figure 6.24, montrent que le bourrelet de gravier est plus important en haut de plage et que la région érodée est plus basse dans le profil avec un recul plus marqué qu'avec le niveau fixe, soit près de 8 m contre près de 5 m précédemment. L'évolution morphologique du profil traduit l'impact des vagues sur une plus grande région du profil, ce qui tend vers un comportement plus réaliste qu'un niveau d'eau fixe pendant 18 heures.

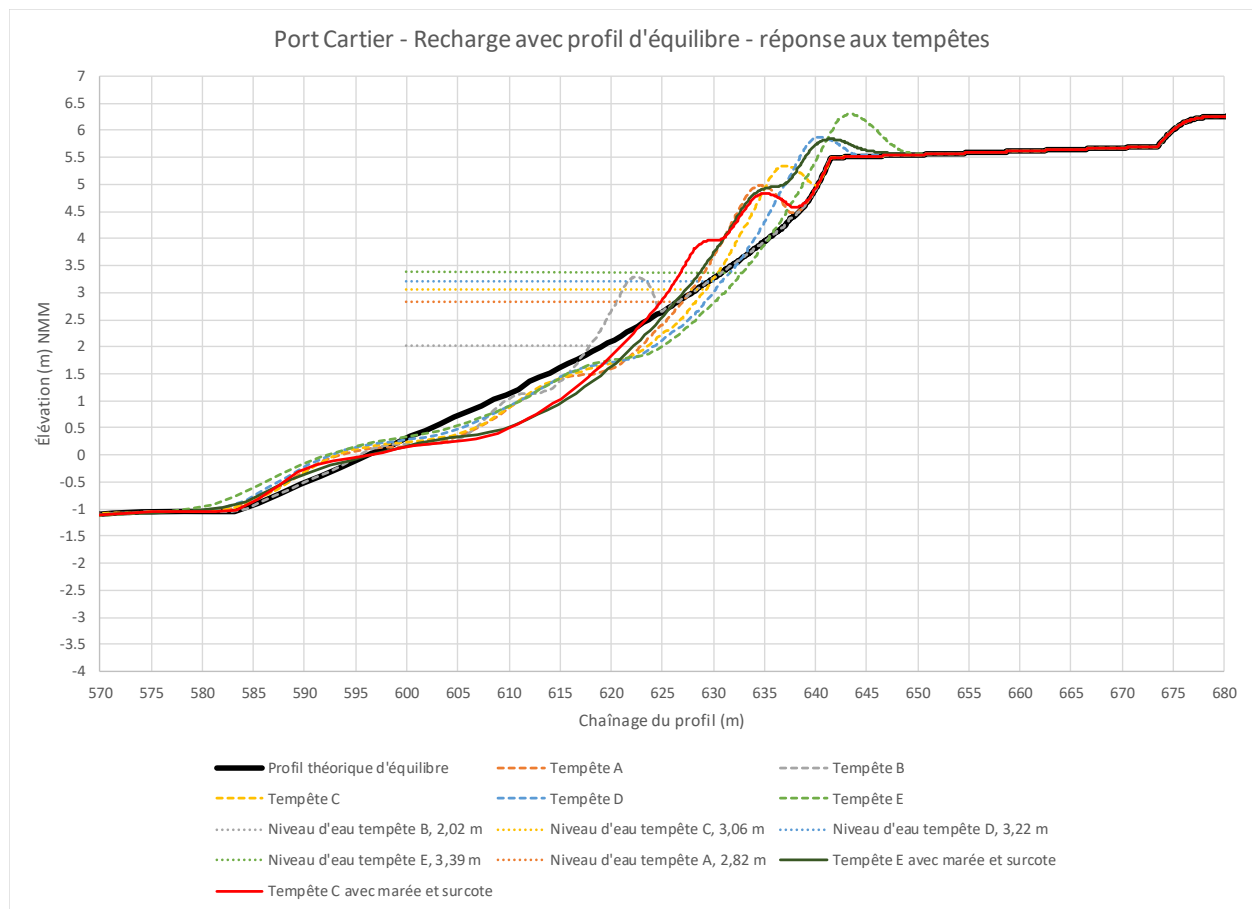


Figure 6.24 : évolution du profil d'équilibre sous différentes tempêtes – essais de sensibilité des marées

Une simulation combinant la succession des tempêtes A à E et des niveaux d'eau variables en fonction de la marée (période de vive eau) et des surcotes associées aux tempêtes a été réalisée afin de tester la stabilité du profil. La figure 6.25 illustrant les résultats indique que le profil se déforme de manière analogue à celui obtenu avec la tempête E avec le niveau d'eau variable en fonction du signal de marée incluant la surcote (figure 6.24) en présentant un bourrelet de gravier en haut de plage qui reflète la variabilité du niveau d'eau et une zone en recul d'environ 8 m à l'élévation 0,5 m.

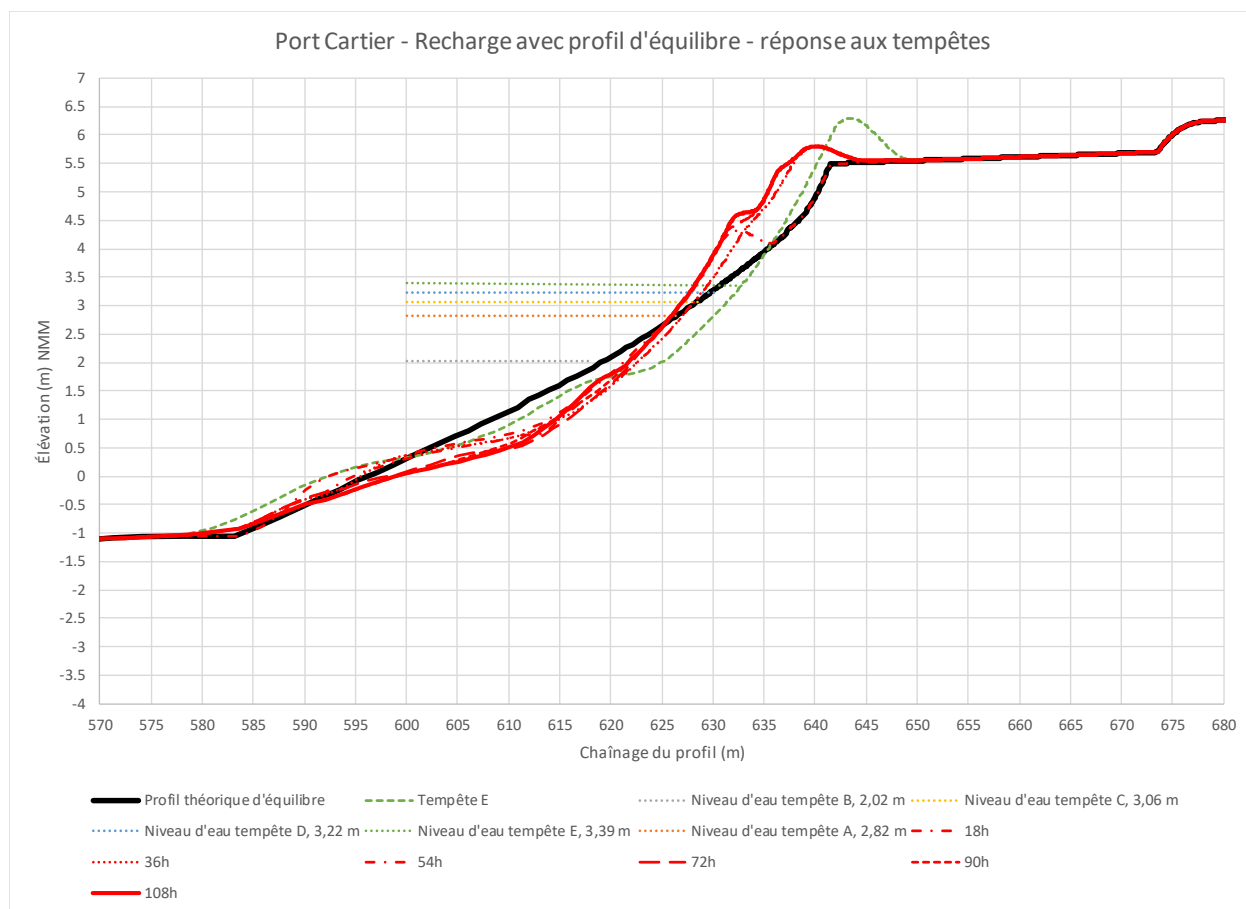


Figure 6.25 : évolution du profil d'équilibre lors de la succession des différentes tempêtes – essais de sensibilité des marées

L'ensemble des résultats indiquent que le profil théorique d'équilibre tend à se déformer sous l'action de tempêtes extrêmes. Toutefois les variations morphologiques conduisent à des profils d'adaptation aux tempêtes qui s'approchent du profil théorique initial. Soulignons que c'est la tempête la plus intense qui a tendance à dominer l'évolution morphologique, la succession des autres tempêtes conduit à des mouvements sédimentaires le long du profil sans réellement contribuer à augmenter le recul puisque la zone sous l'élévation 2 m est alternativement en érosion et en accumulation. Notons aussi que les profils post-tempête obtenus s'apparentent à ceux décrits par le modèle empirique de Powell [13].

Les résultats montrent essentiellement que la recharge avec un gravier de calibre $d_{50}=15$ mm et une berme à l'élévation 5,4 m d'une largeur pouvant atteindre 50 m offre une protection adéquate du haut de talus existant et des infrastructures routières adjacentes.

6.4 Modélisation 1D du transport littoral (long-terme)

6.4.1 Méthodologie employée

La modélisation du transport littoral à long-terme (plusieurs années) permet d’anticiper l’évolution de la ligne de côte au fil des années. Les modèles conventionnels de transport sédimentaire bidimensionnels ne permettent pas d’effectuer ce type d’analyse puisqu’à long-terme, l’accumulation des petites erreurs numériques sur une longue période devient problématique envers le calcul de l’évolution morphologique.

Afin de calculer l’évolution morphologique à long-terme, les modèles conventionnels de transport littoral utilisent une approche filaire (1D). Une telle approche consiste brièvement à discrétiser une ligne de côte en un nombre défini de transect et de calculer le transport littoral à chacun de ces transects. En analysant la variation du transport littoral d’un transect à un autre, il est ainsi possible de déduire si la ligne de côte sera en érosion ou en accrétion.

Il existe actuellement quelques modèles filaires sur le marché qui permettent de modéliser le transport littoral à long-terme et le modèle LITPACK par la firme DHI en est un exemple. Toutefois dans le cadre de l’étude de Port-Cartier, il ne s’est pas avéré possible d’utiliser cet outil puisque la bathymétrie à proximité de la plage Rochelois est trop complexe pour respecter l’hypothèse de quasi-uniformité de ce modèle.

Compte tenu de la spécificité du secteur de la plage Rochelois, une méthode hybride 1D-2D a été utilisée pour modéliser le transport littoral à long-terme. À cet effet, la transformation des vagues a été modélisée en 2D alors que le transport littoral (issu des vagues du modèle 2D) a été calculé en 1D. Les détails concernant la méthodologie utilisée suivent dans cette section.

Tel qu’illustré sur la figure 6.26, la plage Rochelois a été discrétisée en 70 profils perpendiculaires à celle-ci. L’espacement entre chacun de ces profils est de 10 m et leur résolution est 1 m.

Les 72 événements présentant différentes combinaisons de niveaux d’eau, hauteurs et directions de vagues (voir tableau 5.11 p.48) ont été modélisés en 2D. Pour chacun de ces 72 événements, les propriétés des vagues ont été extraites au point de déferlement et ce, pour chacun des 70 profils considérés de la plage Rochelois.

À partir des propriétés des vagues au point de déferlement, le transport littoral a été calculé à l’aide de l’équation Kamphuis 1986. À cet effet, l’équation Kamphuis 1991 n’a pas été utilisée dans la présente étude puisque les travaux de recherche effectués par Van Wellen en mars 2000 ont démontré que la version plus récente de cette équation surestime fortement le transport de gravier et galets puisque cette équation a originalement été dérivée pour le transport de sable [11], [12].

Équation Kamphuis 1986 :

$$Q = 1.28 \frac{m \times H_{sb}^{3.5}}{D} \sin 2\theta_b$$

Q: Transport littoral (kg/s)

m: Pente de la plage

H_{sb}: Hauteur significative de la vague au déferlement (m)

D: Diamètre du granulat (m)

θ_b : Angle entre la provenance de la vague et l'orientation de la ligne de côte (°)

La formulation de Kamphuis tient compte de l'orientation de la ligne de côte dans le calcul du transport littoral. Toutefois, il peut parfois être difficile de définir, pour un profil donné, l'angle de la ligne de côte à cet endroit et ce, particulièrement dans un cas où la bathymétrie est complexe. Pour cette raison, le calcul du transport littoral a été effectué en considérant différentes isobathes pour définir l'angle de la ligne de côte à utiliser. Une telle approche permet ainsi d'analyser le bruit induit par le paramètre de la direction.

À partir des résultats de transport littoral calculés pour les 72 événements de vagues, les occurrences (h/année) de chacun de ces 72 événements ont été utilisées pour calculer un bilan annuel. Cette opération a été réalisée pour chacun des 70 profils considérés de la plage Rochelois.

La méthodologie employée dans cette étude permet ainsi d'obtenir la magnitude (brut et net) du transport littoral, le gradient de transport ainsi que la direction dominante du transport. Cette méthodologie a été appliquée pour calculer le transport littoral en conditions actuelles ainsi qu'en conditions futures. À ce propos, les résultats obtenus en conditions futures ont permis d'optimiser l'orientation de la recharge granulaire afin d'obtenir les variantes V1, puis V2 et finalement V3. Les sections 6.4.2 et 6.4.3 présentent les résultats en conditions actuelles et futures respectivement.

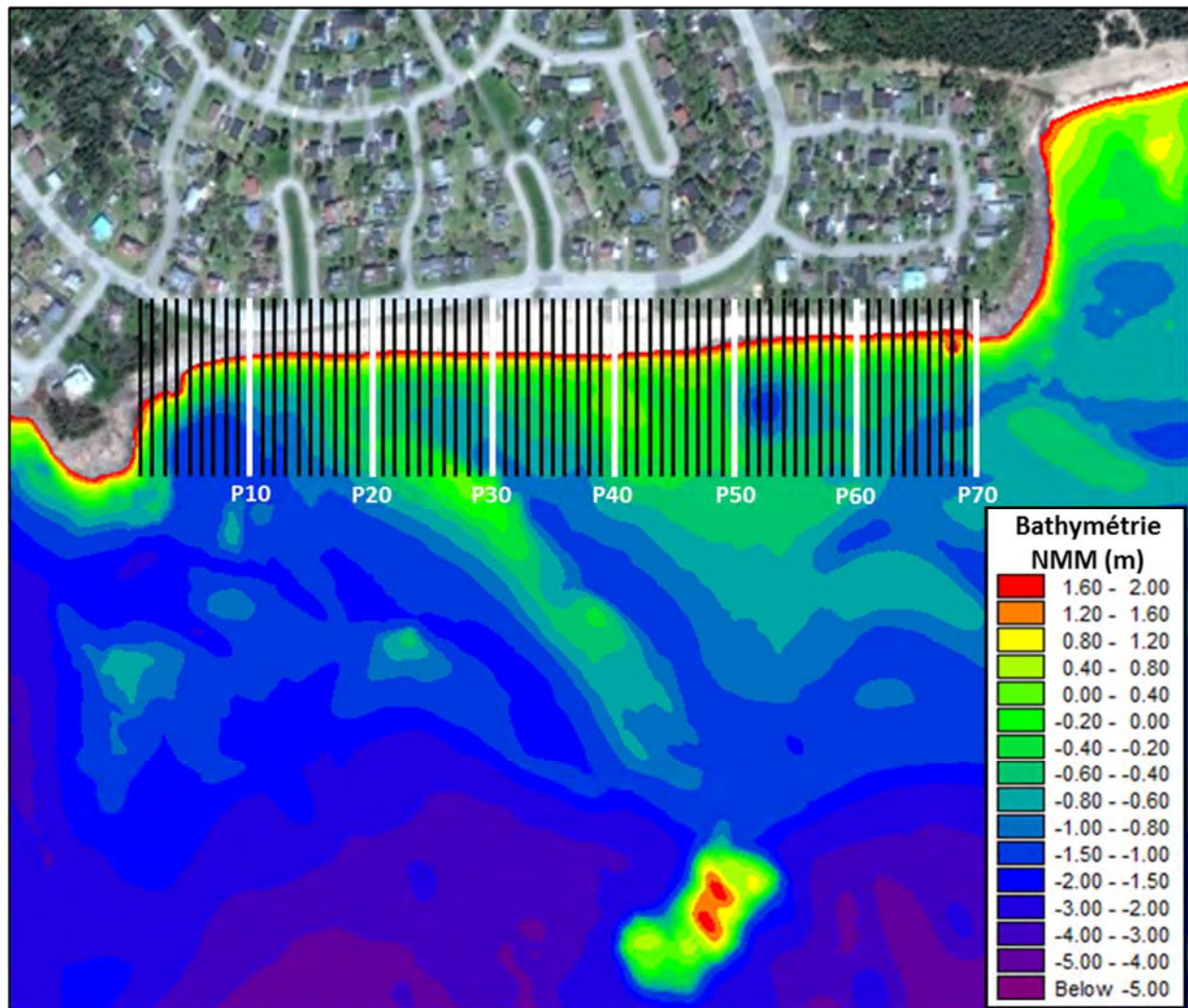


Figure 6.26 : Profils de calcul pour le transport littoral

6.4.2 Modélisation du transport littoral en conditions actuelles

La figure 6.27 présente les résultats de modélisation du transport littoral en conditions actuelles. Tel que mentionné précédemment, le calcul du transport littoral a été effectué en considérant différentes isobathes pour définir l'angle de la ligne de côte à utiliser pour un profil donné (lignes jaunes sur les graphiques). Ce même calcul a également été effectué en considérant l'angle moyen des isobathes (lignes rouges). L'ensemble de ces résultats ont été obtenus en considérant une granulométrie (d_{50}) constante à 0.5 mm.

Sur ces graphiques, un transport négatif indique que le transport est orienté vers la droite alors qu'un transport positif implique un transport orienté vers la gauche (l'axe des Y est inversée sur les graphiques).

Lorsque le gradient du transport littoral est positif (transport croissant de gauche à droite), il se produit un déficit en sédiments : la quantité de sédiments en provenance de l'amont est insuffisante pour combler le départ de sédiments vers l'aval. Une telle situation engendre une zone d'érosion (recul de la plage). À ce propos, un gradient élevé du transport (pente croissante abrupte) engendre une forte érosion alors qu'un gradient faible de ce transport (pente croissante douce) résulte en une faible érosion.

Lorsque, au contraire, le gradient du transport littoral est négatif (transport décroissant de gauche à droite), il se forme un excédent de sédiments : la quantité de sédiments en provenance de l'amont excède la quantité de sédiments nécessaires pour combler le départ de sédiments vers l'aval. Une telle situation engendre ainsi une zone d'accrétion (avancée de la plage). Une pente décroissante abrupte engendre une forte accrétion alors qu'une pente décroissante douce résulte en une faible accrétion.

La figure 6.27b montre que, d'une manière générale, le transport brut (dans les deux directions en valeur absolue) est plus important à l'Ouest du profil 20 (P20). En effet à l'Est de ce profil, l'énergie des vagues est dissipée par le rocher qui agit d'une manière analogue à un brise-lames détaché ce qui tend à réduire le transport littoral. Ces résultats concordent avec ceux issus de la modélisation 2D présentés précédemment à la section 6.3.2.

La figure 6.27a montre qu'entre les chaînages 0 m et 80 m, le transport littoral net est essentiellement orienté vers l'Est. Cela concorde avec la direction des courants littoraux modélisés en 2D, ceux-ci étant générés par les vagues qui frappent les rochers à l'extrémité Ouest de la plage Rochelois (voir section 6.3.2). Il faut toutefois mentionner que la magnitude du transport littoral modélisé pour cette section de la plage est fort probablement surestimée puisqu'une granulométrie constante de 0.5 mm a été considérée dans le calcul malgré le fait qu'une bonne portion de cette plage soit non érodable (présence de rochers).

La figure 6.27a montre qu'à l'est du chaînage 80 m, le transport littoral net tourne autour de 0 m³/année avec un léger penchant vers l'Ouest. Cette constatation concorde avec les résultats de modélisation 2D qui révèlent des courants littoraux de faible vitesse orientés vers l'Ouest. Ceci indique donc que le transport littoral de cette zone est faible par rapport au transport transversal ce qui concorde, encore une fois, avec les conclusions de l'analyse historique du site (section 6.1).

La figure 6.29 montre le transport littoral pour quelques événements de vagues. En comparant les événements 27 et 63 entre eux de même que les événements 36 et 72 ensemble (mêmes propriétés de vagues, mais niveau d'eau différent), il est possible de constater l'impact majeur du niveau d'eau sur la magnitude du transport sédimentaire. En effet lorsque le niveau d'eau est modéré (1.2 m), l'énergie des vagues a tendance à être dissipée plus facilement par la bathymétrie peu profonde au large de la plage Rochelois ce qui tend à réduire la magnitude du transport sédimentaire. Toutefois lorsque le niveau d'eau est relativement élevé (2.1 m), l'énergie des vagues a tendance à se maintenir davantage avant d'atteindre la plage Rochelois ce qui tend à augmenter le transport sédimentaire.

La figure 6.28 présente les propriétés moyennes des vagues (pondérées sur l'occurrence des événements) au point de déferlement pour l'ensemble de la plage Rochelois. La figure 6.28a montre que la hauteur moyenne des vagues (H_s) est plus élevée à la section Ouest de la plage puisque la section Est subit une certaine protection naturelle grâce à l'îlot rocher. La figure 6.28b montre, quant à elle, la direction moyenne des vagues et offre également une comparaison avec l'orientation de la ligne de côte. Cette figure révèle ainsi que la direction des vagues au point de déferlement est pratiquement perpendiculaire (à 10 degrés près) à la ligne de côte de la plage Rochelois. Cette constatation explique la faiblesse des vitesses des courants littoraux modélisés ce qui, en conséquence, se traduit en un faible transport littoral.

6.4.3 Modélisation du transport littoral en conditions futures (recharge granulaire)

Cette section présente les résultats de modélisation du transport littoral en conditions futures, c'est-à-dire en tenant compte de la géométrie de la recharge granulaire dans la méthodologie présentée à la section 6.4.1. Tel que mentionné à la section 4.5, les travaux de modélisation du comportement hydro-sédimentaire ont permis d'optimiser la recharge granulaire (initialement la variante V1) afin d'obtenir la « Variante V2 » en premier lieu, puis la « Variante V3 » en second lieu.

Cette présente section a pour but de présenter les éléments ayant permis d'optimiser la géométrie et l'orientation de la recharge granulaire. À cet effet, une plus grande emphase sera mise sur la présentation des résultats du transport littoral pour la recharge granulaire optimisée, soit la variante V3, dans le but de mettre en lumière le comportement qui sera prévu pour cette recharge granulaire dans le futur.

La figure 6.32 présente les résultats de modélisation du transport littoral en conditions futures (avec la recharge granulaire V3). Les figures 6.30 et 6.31 affichent, quant à elles, les résultats de modélisation pour les variantes de recharge intermédiaires (V1 et V2) permettant l'optimisation de la recharge granulaire. Dans tous les cas, les résultats ont été obtenus en considérant une granulométrie (d_{50}) constante à 15 mm.

Recharge granulaire V1 (variante intermédiaire)

La variante V1 de la recharge granulaire, présentée à la figure 6.30, s'étend de l'émissaire (à l'Ouest de la plage) jusqu'à l'extrémité Est de la plage rochelais où est prévue un épi.

La figure 6.30 révèle une discontinuité au niveau du transport littoral à l'extrémité Ouest de la recharge granulaire. Cette discontinuité est due à l'orientation de la ligne de côte qui varie brusquement à l'extrémité Ouest de la recharge granulaire, celle-ci n'étant pas appuyée sur des rochers ou un épi.

Un gradient positif du transport littoral net est ainsi observé au chaînage 50 m sur la figure 6.30a ce qui se traduit en une zone d'érosion. À cet effet, cette section de la recharge est jugée comme étant instable puisqu'en se basant sur les gradients de transport calculés ($+7 \text{ m}^3/\text{m}/\text{année}$), le recul anticipé serait de 3,5 m pour la première année¹. La recharge granulaire serait donc remodelée très rapidement à son extrémité Ouest, un secteur critique étant donné la forte exposition aux vagues.

Afin de bonifier la protection du littoral à long-terme, la prochaine variante (V2) présente quelques ajustements au niveau de la géométrie afin de corriger la problématique de la discontinuité à l'extrémité Ouest de la recharge.

Recharge granulaire V2 (variante intermédiaire)

La variante V2 de la recharge granulaire, présentée à la figure 6.31, s'étend des rochers à l'Ouest de la plage Rochelois jusqu'à l'extrémité Est de cette plage. Contrairement à la version antérieure, la variante V2 ne contient pas d'épi à son extrémité Est.

La figure 6.31a montre que la problématique de discontinuité à l'Ouest de la recharge a été réglée en prolongeant la recharge jusqu'aux rochers à l'Ouest de la plage Rochelois. Toutefois, un gradient positif important ($+0,7 \text{ m}^3/\text{m}/\text{année}$) persiste au chaînage 50 m ce qui équivaut en un recul de 0,4 m pour la première année¹.

Un autre aspect à considérer est la possibilité de perte de matériaux granulaires par dérive littorale à l'extrémité Est de la recharge. En effet, la figure 6.31b révèle un transport littoral non-négligeable vers l'Est au chaînage 700 m, soit à l'extrémité de la recharge. De plus, la figure 6.31a montre que le transport littoral net (en intégrant les deux directions) n'est pas nul à cet endroit ce qui indique que les matériaux étant transportés vers l'Est durant une tempête ne seront pas nécessairement ramenés vers l'Ouest durant une autre tempête.

Dans le but d'augmenter la stabilité de la recharge, une autre variante (V3) permet de régler la problématique du gradient de transport au chaînage 50 m en plus de traiter de la possibilité de perte de matériaux granulaires par dérive littorale à l'extrémité Est de la recharge.

¹ Ce recul est calculé uniquement sur la base du gradient de transport littoral et ne tient pas compte du recul supplémentaire engendré par le transport transversal issu des tempêtes ponctuelles.

Recharge granulaire V3 (variante optimisée)

La variante V3 de la recharge granulaire, présentée à la figure 6.32, s'étend des rochers à l'Ouest de la plage Rochelois jusqu'à l'extrémité Est de cette plage où est prévue un épi submersible.

La figure 6.32b montre que le transport littoral brut est orienté vers l'Est entre les chaînages 0 et 400 m et vers l'Ouest entre les chaînages 400 et 700 m. Un point de convergence est ainsi localisé vers le milieu de la recharge, soit au chaînage 400 m. Un tel patron de transport littoral est bénéfique puisque cela permet à la recharge granulaire de conserver ses matériaux à l'intérieur de son périmètre plutôt que de les perdre par dérive littorale vers ses extrémités.

La figure 6.32a montre trois zones de gradient de transport positif. La première zone est située à l'extrémité Ouest (chaînage 10 m) de la recharge granulaire. Ce gradient positif est dû à la transition de la zone non-érodable (rocher à l'Ouest de la plage Rochelois) vers le début de la recharge granulaire (son extrémité Ouest). Cela résulte ainsi en un gradient positif ($+3,6 \text{ m}^3/\text{m}/\text{année}$) résultant en un recul de 1,8 m pour la première année². La vitesse de recul devrait toutefois diminuer au fil des années puisque l'orientation de la ligne de côte s'adaptera d'une manière à se rapprocher de son état d'équilibre. De plus, il est important de préciser que cette section est très éloignée des infrastructures vulnérables telles que la route.

La deuxième zone, localisée au chaînage 320 m, se caractérise par un gradient positif faible ($+0,13 \text{ m}^3/\text{m}/\text{année}$) ce qui équivaut à un recul de 6 cm pour la première année². La troisième, localisée au chaînage 650 m, se caractérise par un gradient positif faible ($+0,19 \text{ m}^3/\text{m}/\text{année}$) ce qui équivaut à un recul de 9 cm pour la première année². Dans les deux cas, le recul anticipé demeure d'un ordre de grandeur inférieur au recul pouvant être généré par le transport transversal issu des fortes tempêtes (recul aux alentours de 10 m).

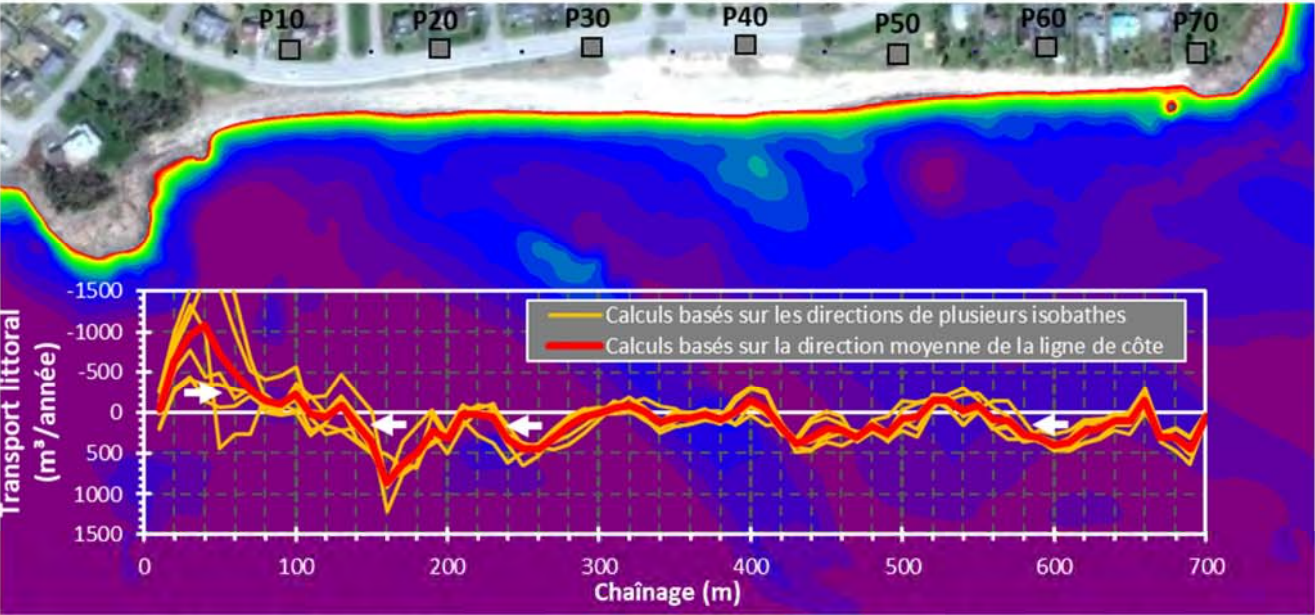
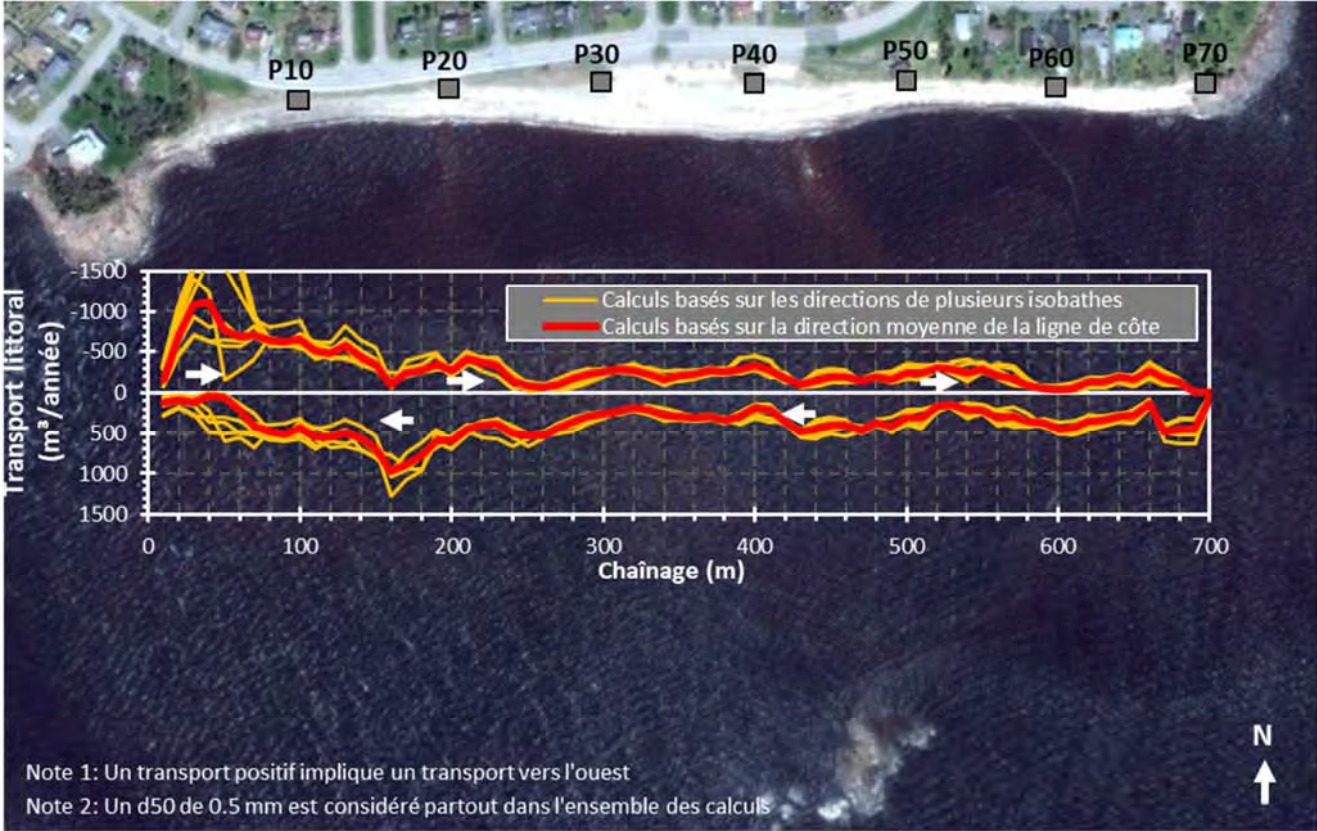
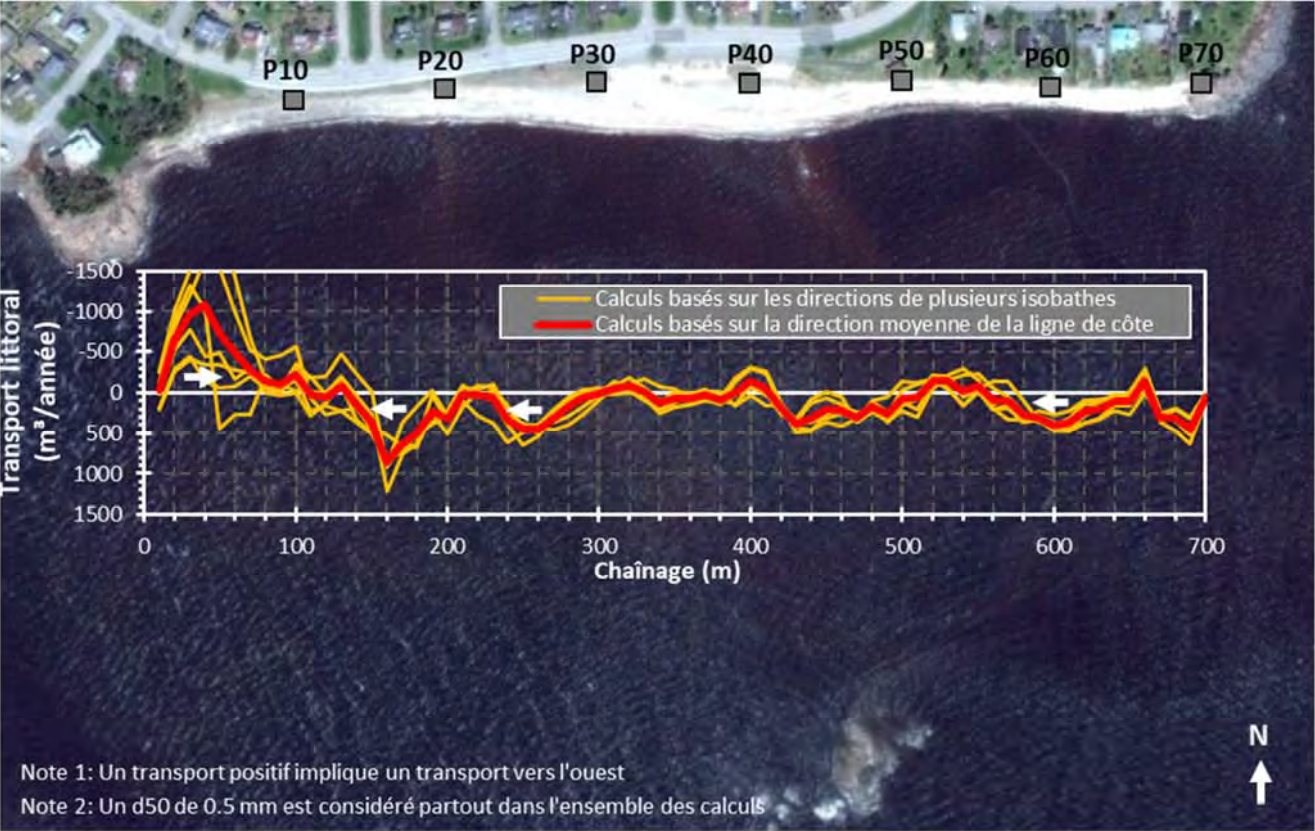
Les résultats de modélisation du transport littoral permettent ainsi de valider l'efficacité de la configuration de la recharge granulaire V3. Bien que cette variante exige davantage de matériaux granulaires par rapport aux variantes précédentes, sa stabilité est améliorée, son intégration visuelle est bonifiée grâce à l'utilisation d'un épi submersible (au lieu d'un épi conventionnel) et la grande majorité des matériaux granulaires demeureront à l'intérieur du périmètre de la recharge granulaire.

Dans le but de documenter la performance de cet ouvrage de protection dans le futur, il est recommandé d'effectuer un suivi de l'évolution morphologique de la recharge granulaire. Ce suivi doit contenir au minimum:

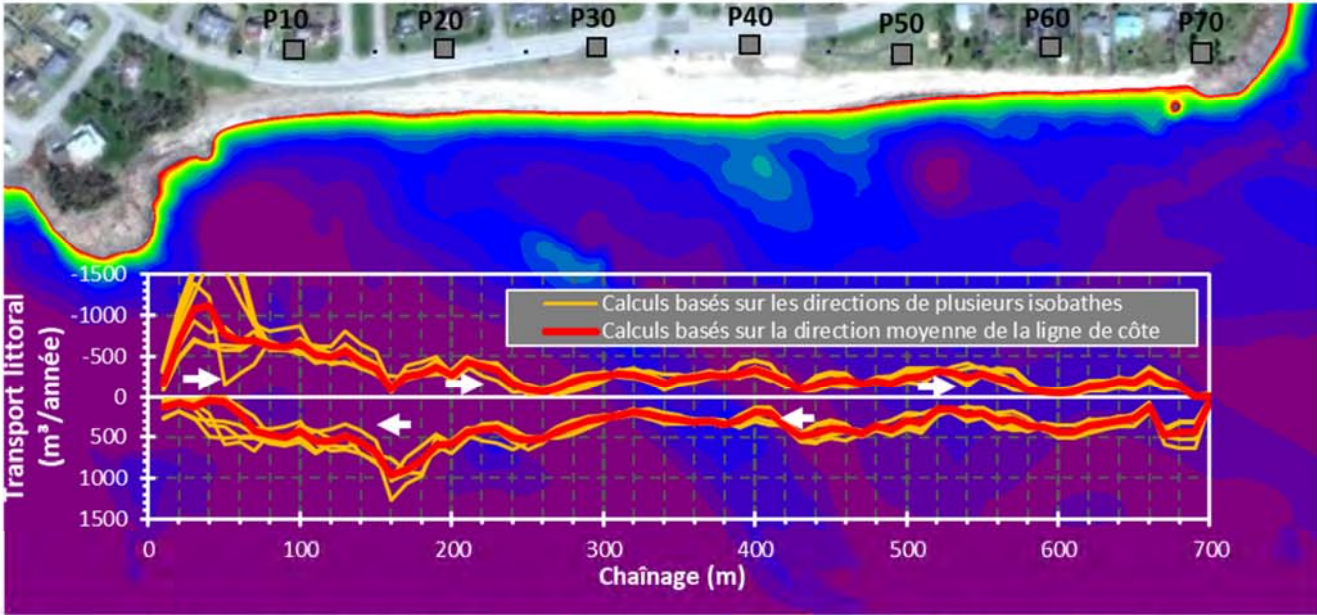
- Un registre des interventions d'entretien de la recharge;

² Ce recul est calculé uniquement sur la base du gradient de transport littoral et ne tient pas compte du recul supplémentaire engendré par le transport transversal issu des tempêtes ponctuelles.

-
- Des campagnes de mesures annuelles durant les premières années (photos géoréférencées et mesures d'élévation à plusieurs transects).

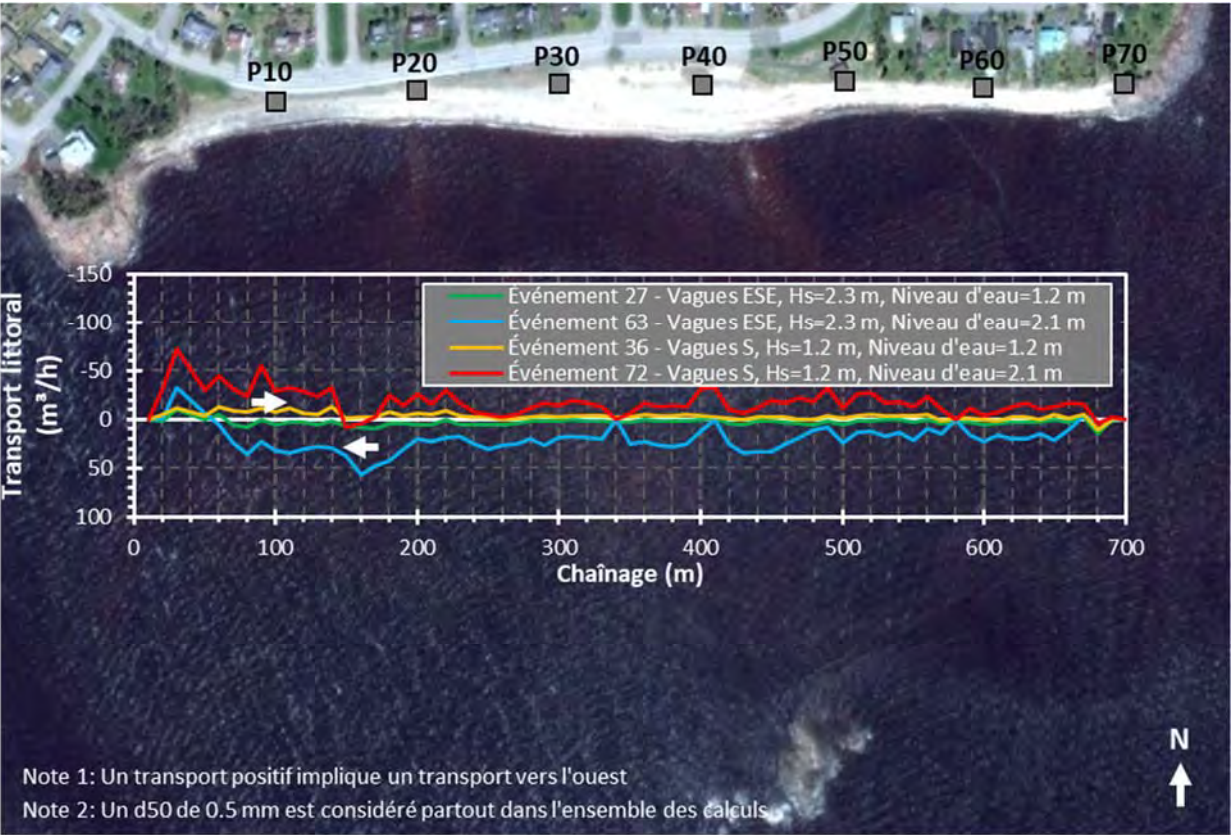


a) Transport littoral net - Image satellite (haut) et bathymétrie (bas) en arrière plan

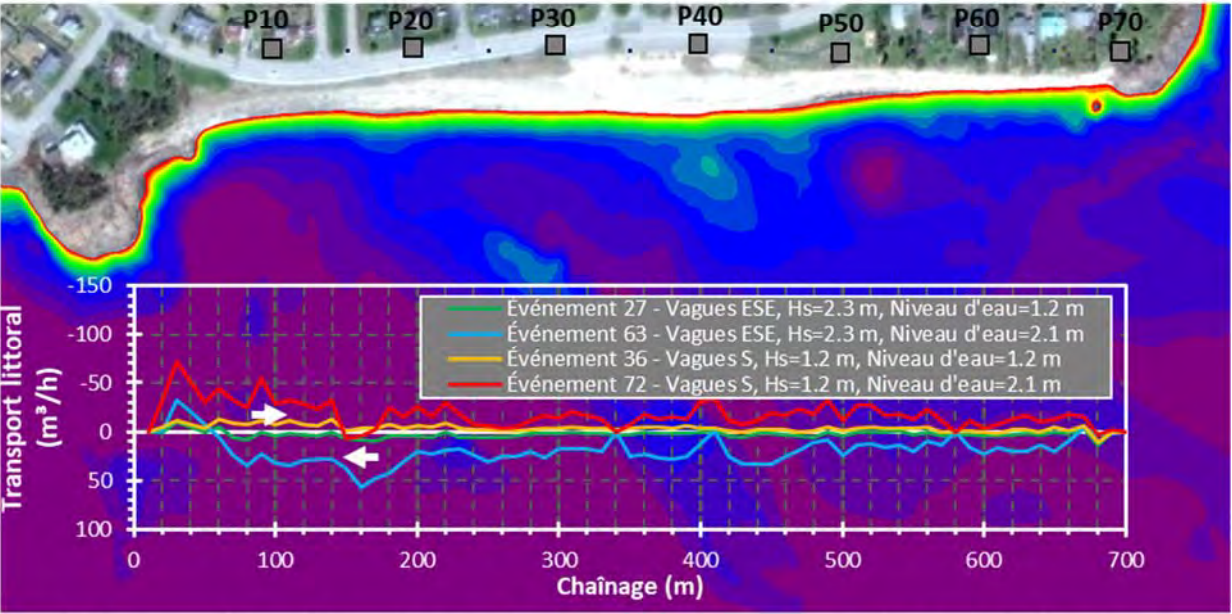


b) Transport littoral brut - Image satellite (haut) et bathymétrie (bas) en arrière plan

Figure 6.27 : Résultats de modélisation du transport littoral en conditions actuelles

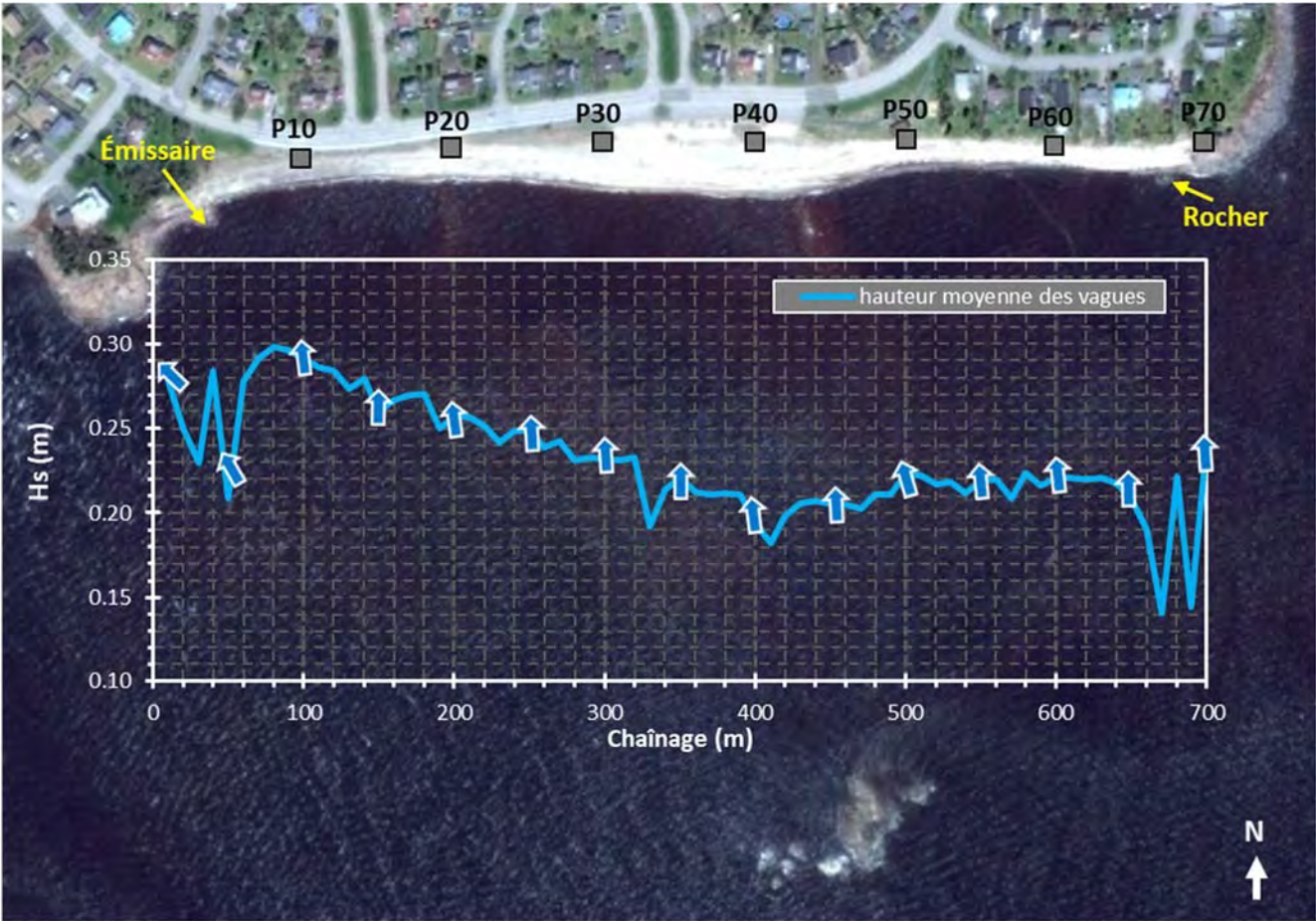


a) Transport littoral de quelques événements typiques de vagues - Vue Google Earth

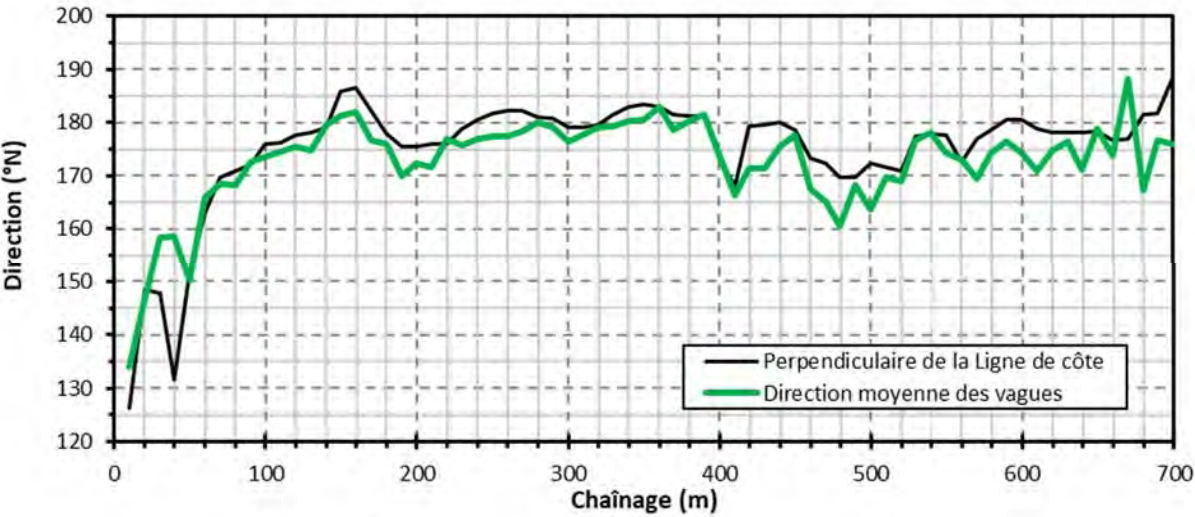


b) Transport littoral de quelques événements typiques de vagues - Vue sur la bathymétrie

Figure 6.29 : Transport littoral pour quelques événements typiques de vagues

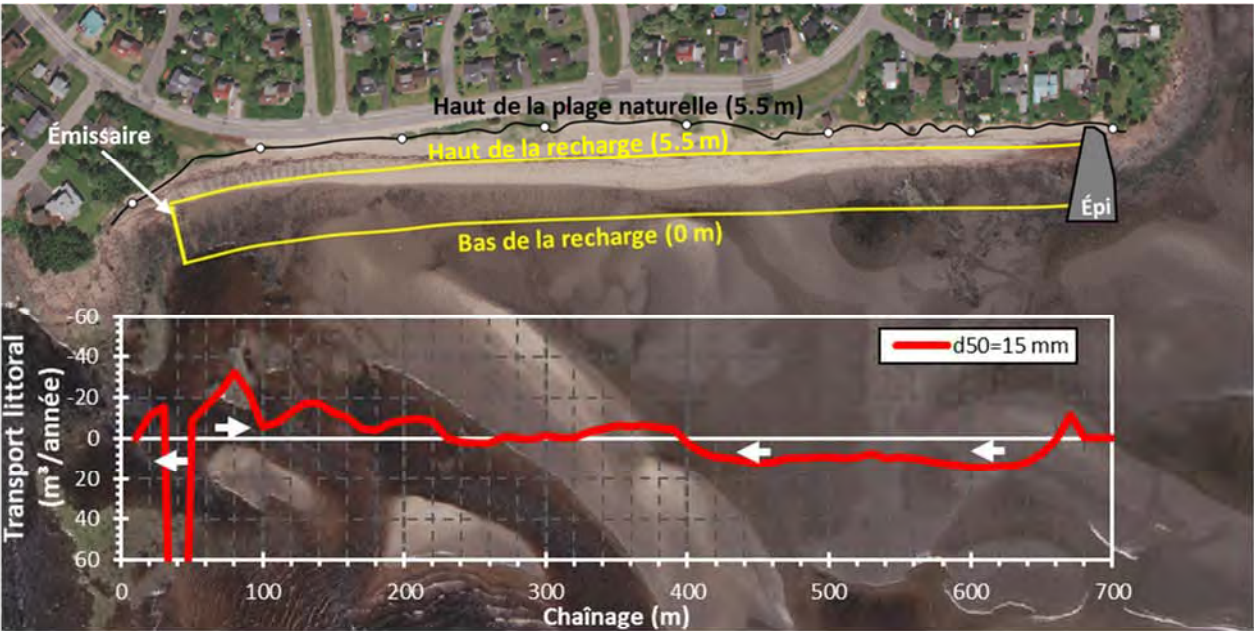


a) Hauteur des vagues au déferlement

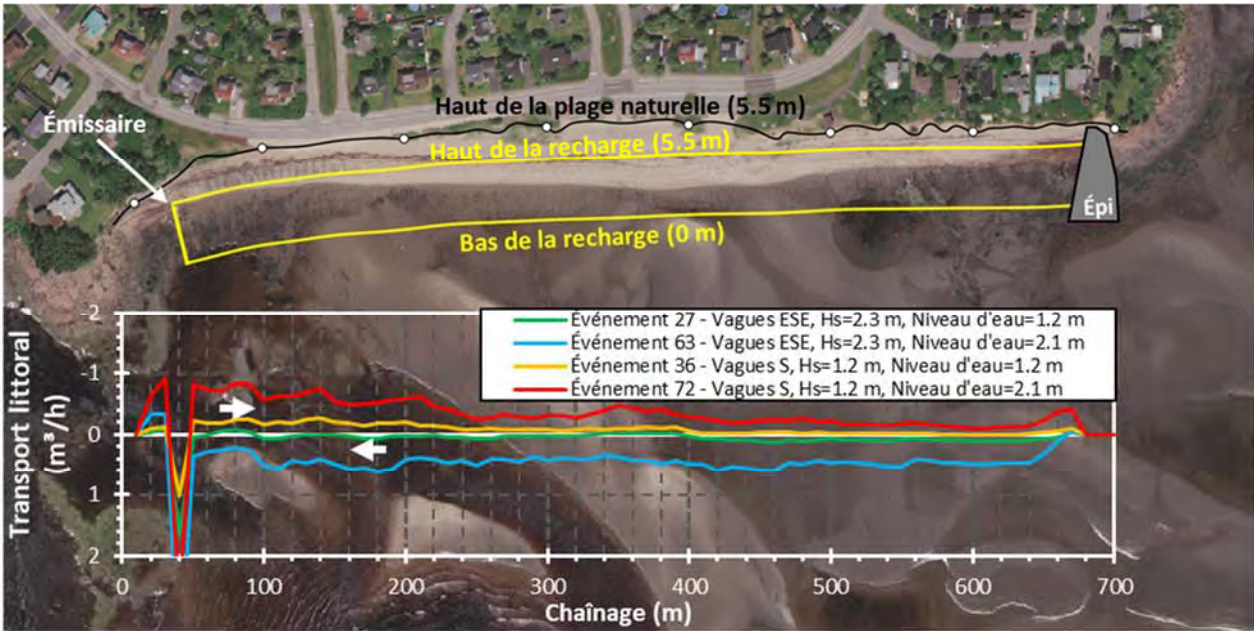


b) Direction des vagues au déferlement

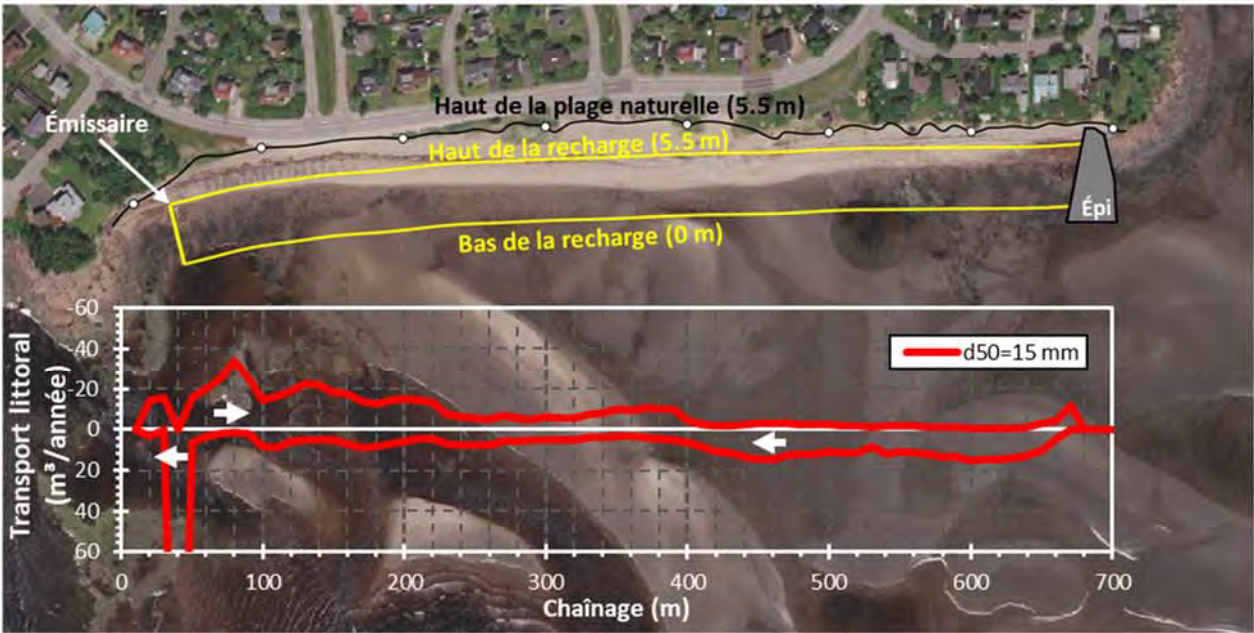
Figure 6.28 : Hauteur (Hs) et direction des vagues au déferlement en conditions actuelles



a) Transport littoral net

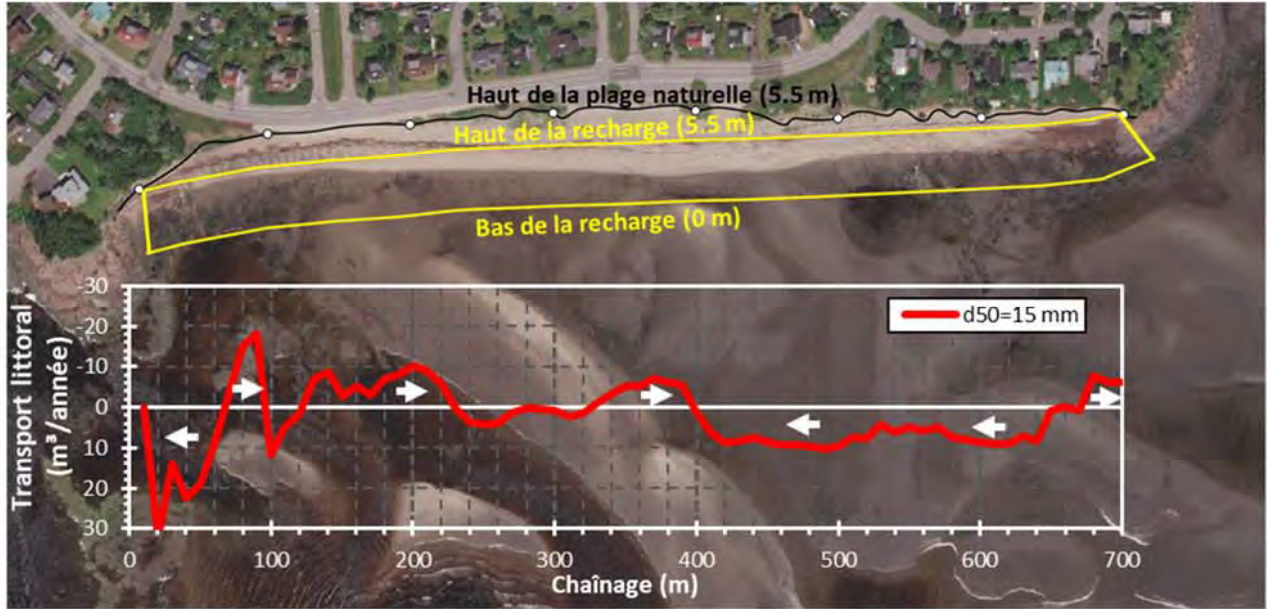


c) Transport littoral de quelques événements typiques de vagues

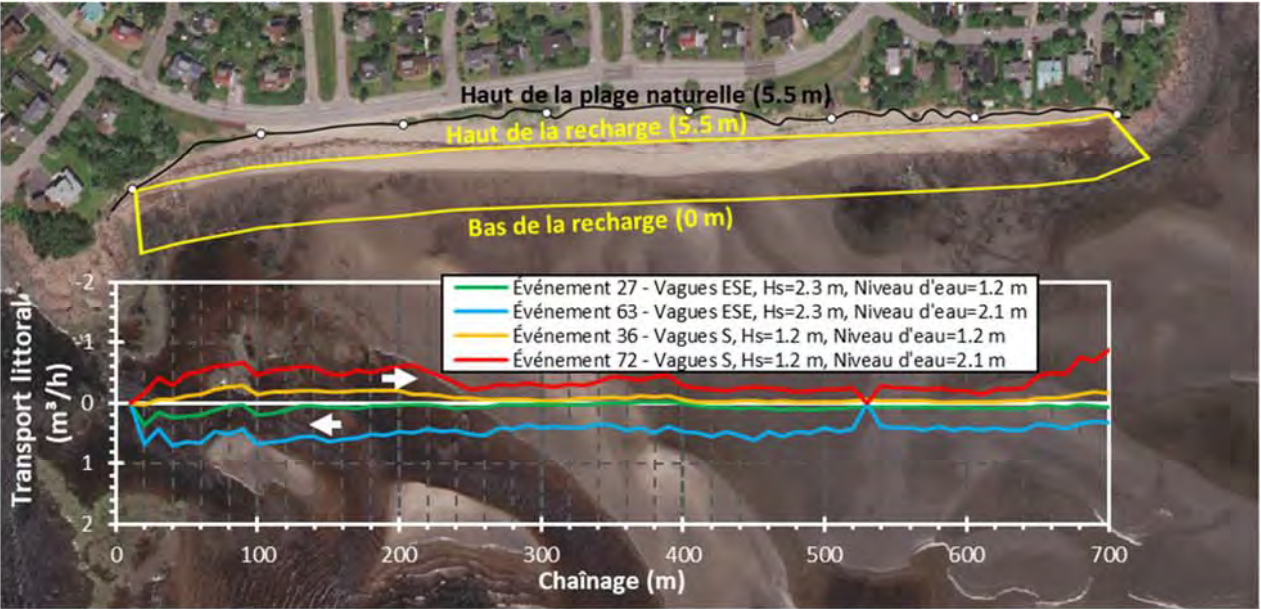


b) Transport littoral brut

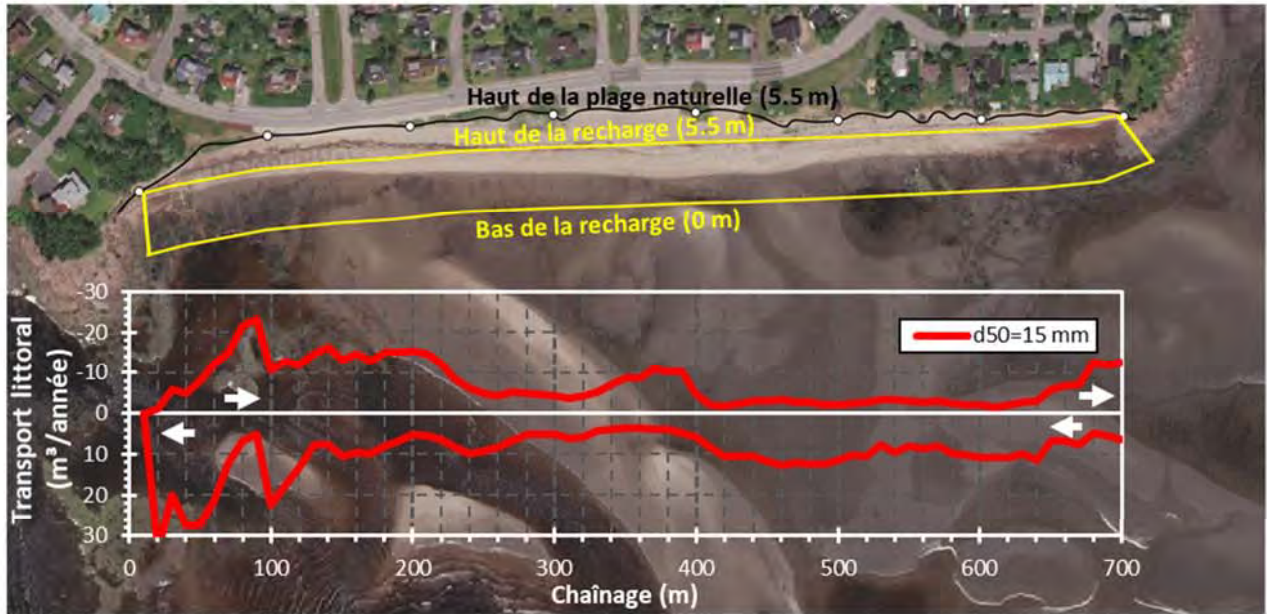
Figure 6.30 : Résultats de modélisation du transport littoral de la recharge granulaire V1 (variante intermédiaire)



a) Transport littoral net



c) Transport littoral de quelques événements typiques de vagues



b) Transport littoral brut

Figure 6.31 : Résultats de modélisation du transport littoral de la recharge granulaire V2 (variante intermédiaire)

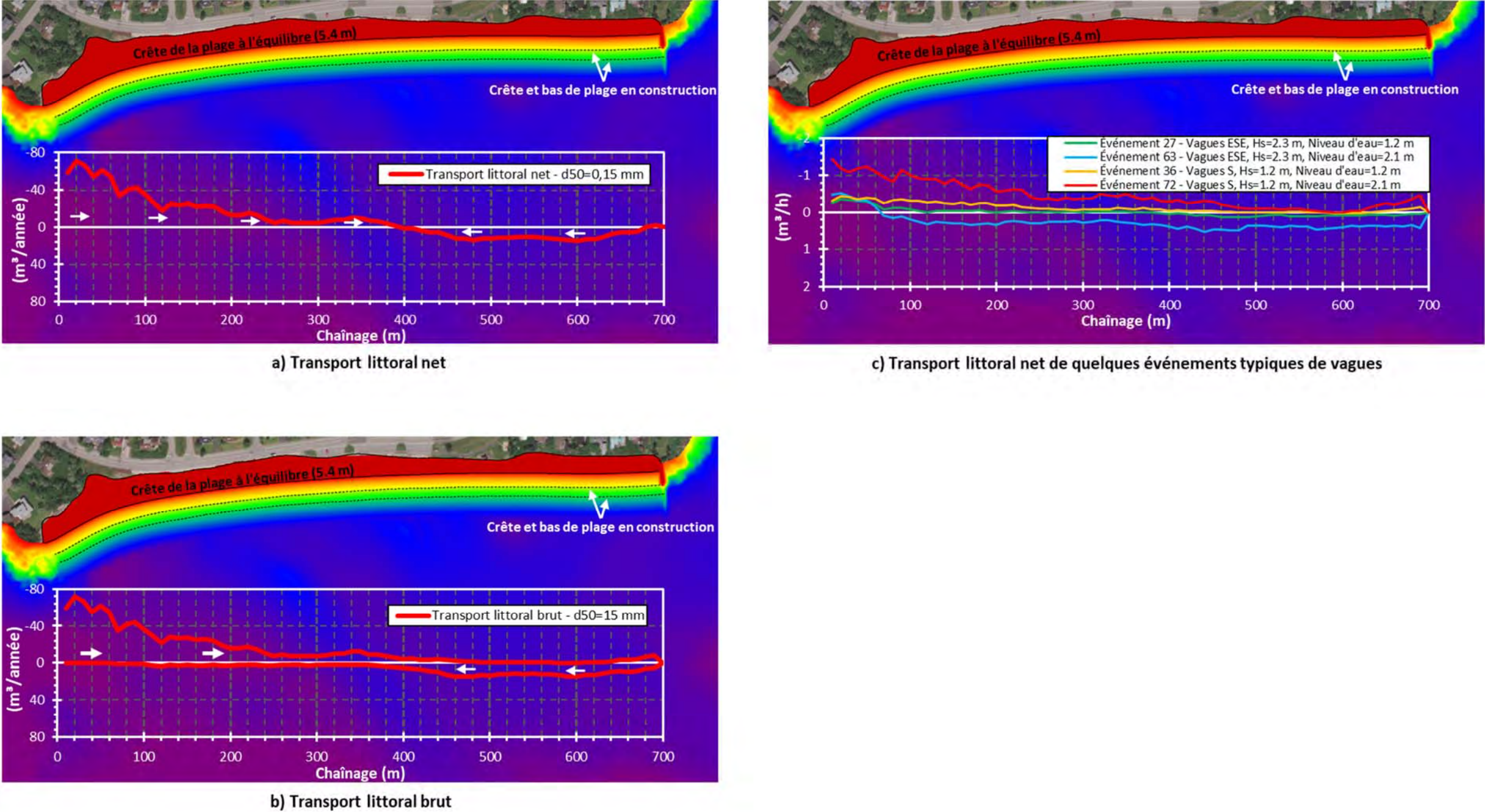


Figure 6.32: Résultats de modélisation du transport littoral en conditions futures - Recharge granulaire V3

6.5 Récapitulatif de la dynamique sédimentaire & recommandations

Les éléments clés à retenir sont les suivants :

Problématique d'érosion observée au courant des dernières années

- La vitesse des courants littoraux générée par les vagues est relativement faible puisque l'effet de réfraction fait en sorte que la direction des vagues qui déferlent sur la plage Rochelois est pratiquement perpendiculaire à celle-ci.
- Le transport transversal, issu de l'attaque frontale des vagues, est dominant par rapport au transport littoral.
- La problématique d'érosion observée au courant des dernières années n'est pas le produit d'une érosion chronique engendrée par un mécanisme de transport littoral longitudinal conduisant à un bilan sédimentaire déficitaire.
- Les fortes tempêtes, qui surviennent très souvent à niveau d'eau élevé en raison de la dépendance entre les vagues et les niveaux d'eau, peuvent générer des reculs importants de la ligne de végétation. À titre d'exemple, la tempête 2016 a généré des reculs de plus de 10 m à certains endroits.
- La section Ouest de la plage Rochelois est plus fortement exposée aux vagues par rapport à la section Est puisque cette dernière subit une certaine protection naturelle par un îlot rocher qui agit d'une manière analogue à un brise-lames détaché.

Intervention de protection proposée

- L'intervention recommandée est la recharge granulaire V3 (voir figures 4.7 et 4.8 à la p.22).
- La recharge granulaire V3 nécessite un volume total d'environ 113 000 m³ de gravier. Les échantillons des bancs d'emprunt de la recharge granulaire indiquent un d₅₀ variant entre 7 mm et 20 mm pour une moyenne d'environ 15 mm.
- L'élévation recommandée de la crête de la pente de construction est de 5.4 m (NMM).
- La recharge granulaire V3 nécessite aussi la construction d'un épi submersible à l'extrémité Est de la plage Rochelois.
- L'émissaire devra être déplacé afin de permettre la mise en place de la recharge granulaire.

Évolution morphologique anticipée de la recharge granulaire proposée

- Face à l'action des vagues, il est prévu que le profil initial de la recharge granulaire subisse une déformation afin d'éventuellement atteindre un certain état d'équilibre. À partir de la crête de la pente de construction (élévation 5.4 m), le profil sera impacté sur une distance d'environ 20 m vers la terre (recul et bourrelet de gravier).
- Un recul supplémentaire (estimé à 1.8 m pour la première année) est également prévu à l'extrémité Ouest de la recharge granulaire en raison d'un gradient de transport littoral. La vitesse de recul devrait toutefois diminuer au fil des années puisque l'orientation de la ligne de côte s'adaptera d'une manière à se rapprocher de son état d'équilibre.

- En raison du recul anticipé de la crête de la pente de construction, il est important d'empêcher toute construction sur les nouveaux terrains offerts par la mise en place de la recharge granulaire.

Suivi de l'évolution de la recharge granulaire

- Dans le but de documenter la performance de cet ouvrage de protection dans le futur, il est recommandé d'effectuer un suivi de l'évolution morphologique de la recharge granulaire. Ce suivi doit contenir au minimum:
 - Un registre des interventions d'entretien de la recharge;
 - Des campagnes de mesures annuelles durant les premières années (photos géoréférencées et mesures d'élévation à plusieurs transects).

7. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Les berges de la municipalité de Port-Cartier subissent une érosion notable, en particulier à cause de l'impact des tempêtes automnales et hivernales qui surviennent dans le golfe du Saint-Laurent. Dans ce contexte, le Gouvernement du Québec (Ministère de la Sécurité Publique) envisage présentement une intervention de protection sous la forme d'une recharge de plage à l'aide de matériaux granulaires de façon à stabiliser le littoral.

Lasalle|NHC a été mandaté par le Ministère de la Sécurité Publique afin d'étudier les conditions hydro-sédimentaires de la plage Rochelois. Pour ce faire, plusieurs outils de modélisation numérique (1D & 2D) ont notamment été utilisés pour réaliser l'étude.

L'étude des conditions maritimes de la région de Port-Cartier a permis de constater que le climat de vagues à Port-Cartier se caractérise par deux directions dominantes, soit l'ESE et le Sud. Les vagues de l'ESE sont plus énergétiques et plus fréquentes. Aussi, les vagues de l'ESE d'une hauteur importante ont souvent tendance à être accompagnées par un niveau d'eau élevé en raison de la dépendance entre ces deux éléments.

L'analyse historique de la dynamique sédimentaire met en évidence une problématique d'érosion qui est particulièrement engendrée par les événements de fortes tempêtes à niveau d'eau élevé. Dans de telles circonstances, le phénomène du transport transversal (attaque frontale des vagues) devient dominant par rapport à celui du transport littoral (bilan sédimentaire déficitaire).

La modélisation numérique du transport sédimentaire a couvert les composantes transversales et littorale. La modélisation du transport transversal a été réalisée en 2D pour les conditions actuelles (plage de sable) et en 1D en conditions futures (recharge de gravier). La modélisation du transport littoral à long-terme a été réalisée par une méthode hybride 1D-2D qui a permis de modéliser la transformation des vagues en 2D et le transport littoral en 1D. Une telle approche fut nécessaire en raison de la complexité de la bathymétrie à proximité de la plage Rochelois.

Les résultats de modélisation ont permis d'optimiser la configuration et les dimensions de la recharge granulaire. À la lumière des résultats de modélisation numérique, la variante V3 de la recharge est celle qui est recommandée. Cette variante nécessite un volume total d'environ 113 000 m³ de gravier ($d_{50}=15$ mm), la mise en place d'un épi submersible à l'Est de la plage Rochelois et le déplacement de l'émissaire existant dans la section Ouest de la plage. L'élévation recommandée de la crête de la pente de construction est de 5.4 m (NMM).

Les résultats de modélisation montrent qu'à partir de la crête de la pente de construction (élévation 5.4 m), le profil sera impacté sur une distance d'environ 20 m vers la terre (recul et bourrelet de gravier). Un recul supplémentaire (estimé à 1.8 m pour la première année) est également prévu à l'extrémité Ouest de la recharge granulaire. La vitesse de recul devrait toutefois diminuer au fil des années puisque l'orientation de la ligne de côte s'adaptera d'une manière à se rapprocher de son état d'équilibre. En raison du recul anticipé de la crête de la pente de construction, il est important d'empêcher toute construction sur les nouveaux terrains offerts par la mise en place de la recharge granulaire.

Dans le but de documenter la performance de cet ouvrage de protection dans le futur, il est recommandé d'effectuer un suivi de l'évolution morphologique de la recharge granulaire. Ce suivi doit contenir au minimum:

- Un registre des interventions d'entretien de la recharge;
- Des campagnes de mesures annuelles durant les premières années (photos géoréférencées et mesures d'élévation à plusieurs transects).

8. RÉFÉRENCES

- [1] Z. Xu et D. Lefavre, « Prévion des niveaux d'eau dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent en fonction des changements climatiques », janv. 2015.
- [2] Y. Ropars, « Rochelois - Recharge de plage - Port-Cartier, Québec », mars 2018.
- [3] R. T. McCall, « Process-based modelling of storm impacts on gravel coasts », nov. 2015.
- [4] J. Williams *et al.*, « BARDEX (Barrier Dynamics Experiment): Taking the Beach into the Labotary », 2009.
- [5] J. Williams, D. Buscombe, G. Masselink, I. Turner, et C. Swinkels, « Barrier Dynamics Experiment (BARDEX): Aims, Design and Procedures », 2010.
- [6] J. T.S., H. J.A., L. L.J., D. A., F. D.L., et C. M., « Relative Sea-level Projections in Canada and the Adjacent Mainland United States », 2014.
- [7] ISMER & UQAR, « Modélisation du régime des vagues du golfe et de l'estuaire du Saint-Laurent pour l'adaptation des infrastructures côtières aux changements climatiques », sept. 2013.
- [8] L. Benedet, J. P. F. Dobrochinski, D. J. R. Walstra, A. H. F. Klein, et R. Ranasinghe, « A morphological modeling study to compare different methods of wave climate schematization and evaluate strategies to reduce erosion losses from a beach nourishment project », 2016.
- [9] Lasalle|NHC, « RS&DE - Discrétisation d'une rose de vagues - Analyse des paramètres de discrétisation », nov. 2019.
- [10] Queensland Government, « Coincident Flooding in Queensland: Joint probability and dependence methodologies », 2012.
- [11] E. Van Wellen, A. J. Chadwick, M. Lee, B. Braily, et J. Morfett, « Evaluation of Longshore Sediment Transport Models on Coarse Grained Beaches Using Fields Data: A Preliminary Investigation », 1998.
- [12] E. V. Wellen, A. J. Chadwick, et T. Mason, « A review and assessment of longshore sediment transport equations for coarse-grained beaches », 2000.
- [13] K.A. Powell, "Predicting Short Term Profile Response For Shingle Beaches", 1990

ANNEXE A – DÉPENDANCE ENTRE LES VARIABLES

		Résiduel à Port-Cartier (m)									
		0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8
Hs à proximité de Port-Cartier (m)	0.25	14%	19%	20%	19%	18%	16%	15%	13%	11%	4%
	0.5	19%	30%	36%	36%	34%	30%	27%	23%	21%	12%
	0.75	22%	37%	47%	49%	47%	42%	39%	34%	32%	22%
	1	22%	40%	52%	56%	55%	51%	48%	44%	42%	32%
	1.25	23%	41%	54%	60%	60%	56%	53%	48%	46%	38%
	1.5	22%	41%	56%	63%	62%	60%	56%	52%	49%	37%
	1.75	21%	40%	57%	64%	65%	63%	61%	55%	52%	40%
	2	20%	39%	56%	65%	68%	67%	64%	59%	55%	28%
	2.25	19%	37%	55%	64%	68%	68%	67%	61%	58%	
	2.5	18%	35%	54%	64%	68%	70%	69%	63%	58%	
	2.75	17%	34%	52%	60%	62%	65%	67%	66%	64%	
	3	16%	32%	49%	55%	58%	62%	67%	69%	67%	
	3.25	15%	30%	46%	48%	51%	58%	66%	66%	67%	
	3.5	13%	28%	43%	45%	53%	62%	69%	68%	70%	

*Toutes directions de vagues confondues

		Niveau d'eau à Port-Cartier (m)										
		0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3
Résiduel à Port-Cartier (m)	0	22%	25%	27%	27%	26%	26%	24%	19%	15%	14%	12%
	0.2	23%	27%	32%	35%	38%	40%	41%	37%	31%	28%	25%
	0.4	23%	26%	32%	39%	44%	49%	53%	54%	49%	44%	40%
	0.6	23%	26%	32%	39%	46%	53%	61%	65%	63%	57%	53%
	0.8	23%	26%	31%	38%	47%	55%	64%	70%	72%	68%	63%
	1	21%	26%	30%	37%	46%	56%	66%	73%	77%	76%	71%
	1.2	19%	24%	30%	36%	45%	56%	67%	75%	80%	81%	79%
	1.4	17%	24%	30%	37%	45%	56%	68%	78%	83%	84%	81%
	1.6	16%	22%	28%	36%	43%	53%	65%	77%	83%	83%	80%
	1.8	14%	19%	25%	32%	39%	49%	60%	73%	81%	84%	79%

		Niveau d'eau à Port-Cartier (m)										
		0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3
Marée PC (m)	0	87%	80%	67%	54%	42%	33%	25%	19%	16%	14%	13%
	0.3	80%	87%	81%	68%	54%	43%	34%	26%	21%	19%	18%
	0.6	66%	80%	86%	81%	68%	55%	44%	34%	29%	26%	24%
	0.9	52%	65%	78%	86%	81%	69%	57%	44%	36%	33%	31%
	1.2	40%	52%	64%	78%	85%	81%	69%	56%	45%	41%	39%
	1.5	29%	39%	50%	63%	75%	83%	78%	65%	54%	48%	46%
	1.8	20%	26%	35%	45%	57%	69%	75%	69%	51%	50%	51%

Annexe G Mesures d'atténuation

Mesures d'atténuation

PHASE DE CONSTRUCTION
Mesures générales
<ul style="list-style-type: none"> • Communiquer préalablement les périodes de travaux aux citoyens et aux usagers du site non seulement pour éviter des surprises, mais aussi pour informer la population de la possibilité de contacter un représentant de la municipalité en cas de dérangement ou de problèmes rencontrés; • Rendre public le calendrier de réalisation des travaux et communiquer rapidement tout changement non prévu; • Au tout début des travaux, une réunion de chantier devra être organisée avec le personnel affecté au projet afin de l'informer des exigences contractuelles en matière d'environnement et de sécurité. Lors de l'exécution des travaux, l'entrepreneur doit respecter les exigences du contrat relatives à la protection de l'environnement, notamment celles relevant de la Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., c. Q-2) et de Loi sur les pêches (L.R.C. (1985), ch. F-14).
Mobilisation du chantier
<ul style="list-style-type: none"> • Éviter de laisser tourner inutilement des camions durant la phase de mobilisation des installations lorsqu'ils ne sont pas utilisés; • Mettre en place un plan d'urgence, qui soit cohérent avec celui de la Ville, pour les déversements accidentels de contaminants et autres situations à risque, qui comprend au moins un schéma d'intervention et une structure d'alerte. Ce plan devra être placé à la vue des employés et il devra être communiqué à ces derniers ainsi qu'aux sous-traitants avant le début des travaux; • Baliser les installations temporaires et mettre en place les infrastructures nécessaires pour éviter toute intrusion; • S'assurer des conditions de bon fonctionnement des camions lors du transport des installations, et qu'un entretien optimal a été réalisé afin de limiter les émissions de gaz et de poussières; • Favoriser une aire dénudée (ex. : stationnement) pour la mise en place des installations de chantier; • Communiquer préalablement les périodes de travaux aux citoyens et aux usagers du site afin de limiter les impacts sur l'usage de la plage et les activités récréatives rattachées; • Communiquer préalablement les périodes de travaux aux citoyens et aux usagers du site afin d'éviter des surprises, aussi pour informer la population de la possibilité de contacter un représentant de la municipalité en cas de dérangement ou de problèmes rencontrés; • Rendre public le calendrier de réalisation des travaux et communiquer rapidement tout changement non prévu; • Conserver l'état du chantier propre, sans débris ou éléments à risque pour la sécurité, en dehors des heures de travail.
Gestion de la circulation
<ul style="list-style-type: none"> • Élaborer un plan de gestion de la circulation et le présenter aux services impliqués dans la mise en place de mesures d'urgence; • Au besoin, mettre en place une signalisation appropriée ou toute autre mesure jugée pertinente afin de limiter les perturbations potentielles à la circulation routière locale; • Avoir un surveillant de chantier qui contrôle les entrées et sorties des camions du site vers la rue des Rochelois; • Déplacer la piste cyclable le temps de la phase de construction et le temps qu'il y aura une circulation accrue de camion dans le secteur; • Éviter les zones sensibles comme les zones scolaires, les parcs et les voies commerciales les plus achalandées dans la planification du trajet retenu, lorsque possible; • Nettoyer régulièrement les rues avec un camion-balai pour assurer la propreté du secteur et éviter qu'il n'y ait une émission de poussières par temps venteux ou de gravier sur la chaussée; • Limiter la vitesse des véhicules sur le chantier et à proximité à 15 km/h pour la sécurité des citoyens résidants aux alentours et pour ne pas soulever de la poussière au passage des véhicules; • Circuler uniquement aux endroits prédéterminés et identifiés par le plan de gestion de la circulation (chemins d'accès et aires désignées pour les travaux); • Informer les citoyens du trajet emprunté par les véhicules lourds et de l'horaire des transports; • Installer des panneaux de signalisation à l'approche du chantier pour aviser les automobilistes et les cyclistes de la présence du chantier et des voies de contournement au besoin afin de prévenir tout accident; • Utiliser des véhicules bien entretenus pour circuler, réaliser l'entretien de ces camions dans des endroits désignés (ex. : garage).

Préparation du site
<ul style="list-style-type: none"> • Baliser les aires de travail pour protéger les aires végétalisées; • Utiliser, dans la mesure du possible, des chemins, des bandes défrichées ou des sentiers déjà existants pour diminuer la perturbation de la végétation riveraine et éviter le compactage du sol; • Acheminer les résidus de végétation échoués sur la plage vers un lieu autorisé par le MELCC; • Protéger les arbres et les arbustes situés à proximité du site d'intervention pour ne pas les endommager; • Baliser les chemins d'accès à l'aide de panneaux de signalisation et de clôtures de chantier; • Au besoin, poser un recouvrement anti-érosion sur les sols dénudés en attendant la remise en état des lieux; • Contrôler l'accès au site en balisant les accès et en mettant en place les infrastructures nécessaires pour éviter toute intrusion.
Utilisation et circulation de machinerie lourde
<ul style="list-style-type: none"> • Au besoin, entretenir, réparer et ravitailler les équipements et la machinerie dans une aire désignée et imperméable, à l'extérieur de tout cours d'eau, fossé, rive ou plaine inondable; • Entreposer les produits pétroliers ou toute autre matière dangereuse à plus de 30 m de cours d'eau à l'abri des intempéries; • Prévoir un plan d'intervention en cas de déversement accidentel de contaminants; • Avoir en tout temps sur le site des travaux une trousse d'urgence (produits absorbants, sacs étanches, obturateurs, gants, etc.) en cas de déversement accidentel afin de confiner et de récupérer rapidement les produits qui pourraient être déversés. Si une telle situation se produit, éliminer les résidus dans un site autorisé et restaurer le site perturbé; • Éviter de laisser tourner inutilement les moteurs des engins de chantier et des véhicules lorsqu'ils ne sont pas utilisés; • Limiter la circulation de la machinerie et des véhicules lourds aux chemins d'accès et aux aires désignées pour les travaux qui ont été déterminés et identifiés; • Utiliser de la machinerie adaptée au terrain; • Éviter la création d'ornières et la compaction des sols qui favorisent le ruissellement de l'eau de surface et limitent son infiltration dans le sol en ayant recours à des véhicules et de la machinerie adaptée à la capacité portante du sol et en évitant de circuler sur un sol mouillé; • Utiliser de la machinerie et des véhicules bien entretenus et en bon état de fonctionnement, afin de minimiser les déversements d'huile ou d'essence, de préférence munie de chicanes, de système de silencieux en bon état (afin de minimiser l'émission de contaminants atmosphériques), d'échappement et de couvercles de moteur; • Réparer la machinerie et les véhicules défectueux dès que possible dans un endroit désigné; • Utiliser une bâche fixée solidement au camion durant le transport des matériaux contenant des particules fines ou en attente de leur transport; • Surveiller visuellement l'émission de poussières et intervenir, au besoin, afin de la contrôler; • Aviser les résidents si des travaux doivent être réalisés en dehors des périodes de travail habituelles (6 h à 18 h du lundi au vendredi) • Utiliser des dispositifs d'atténuation du bruit, lorsque possible, sur les véhicules et la machinerie; • Utiliser les équipements bruyants le plus loin possible des résidences, si possible; • Circuler et effectuer les travaux, le plus possible, à partir de la terre ferme ou sur les surfaces les plus stables possible (haut de la plage et crête de la recharge); • Ne pas faire circuler la machinerie dans l'eau et éviter de circuler sur les substrats silteux; • Utiliser le sommet de la recharge comme surface de roulement afin que les camions puissent se décharger directement sur la plage à mesure que le chantier progressera, de manière à éviter de manipuler les matériaux plusieurs fois; • Effectuer les travaux lorsque la marée est suffisamment basse afin de ne pas travailler dans l'eau; • Utiliser une huile hydraulique végétale ou biodégradable pour la machinerie travaillant à proximité du fleuve.
Recharge de plage
<ul style="list-style-type: none"> • Effectuer les travaux lorsque la marée est suffisamment basse afin de ne pas travailler dans l'eau; • Utiliser des matériaux exempts de contaminants; • Déposer une couche de sable à la surface des matériaux granulaires plus grossiers de la crête; • Prendre les mesures nécessaires pour éviter le rejet ou le transport de débris ou matériaux par l'eau, le vent, le ruissellement ou tout autre moyen durant les travaux; • Retirer tous les débris qui sont accidentellement introduits dans le milieu aquatique dans les plus brefs délais; • Conserver l'état du chantier propre, sans débris ou éléments à risque pour la sécurité, en dehors des heures de travail;

<ul style="list-style-type: none"> • Avoir en tout temps sur le site des travaux une trousse d'urgence (produits absorbants, sacs étanches, obturateurs, gants, etc.) en cas de déversement accidentel afin de confiner et de récupérer rapidement les produits qui pourraient être déversés. Si une telle situation se produit, éliminer les résidus dans un site autorisé et restaurer le site perturbé.
Construction de l'épi
<ul style="list-style-type: none"> • Effectuer les travaux lorsque la marée est suffisamment basse afin de ne pas travailler dans l'eau; • Utiliser des matériaux exempts de contaminants; • S'assurer que les roches utilisées pour l'enrochement sont de la bonne dimension; • S'assurer d'harmoniser le début (amont) et la fin (aval) des ouvrages d'enrochement de l'épi avec la ligne naturelle du rivage; • Aménager les extrémités de l'épi de façon à harmoniser la nouvelle ligne de rivage avec celle existante afin d'éviter les cassures brusques susceptibles de générer des retours de courants pouvant potentiellement générer de nouveaux foyers d'érosion; • Utiliser des roches exemptes de particules fines; • Stabiliser et recouvrir le matériel tout-venant avec des matériaux grossiers avant la fin de chaque journée de travail et avant la venue de la marée haute suivante; • Prendre les mesures nécessaires pour éviter le rejet ou le transport de débris ou matériaux par l'eau, le vent, le ruissellement ou tout autre moyen durant les travaux; • Retirer tous les débris qui sont accidentellement introduits dans le milieu aquatique dans les plus brefs délais; • Conserver l'état du chantier propre, sans débris ou éléments à risque pour la sécurité, en dehors des heures de travail; • Avoir en tout temps sur le site des travaux une trousse d'urgence (produits absorbants, sacs étanches, obturateurs, gants, etc.) en cas de déversement accidentel afin de confiner et de récupérer rapidement les produits qui pourraient être déversés. Si une telle situation se produit, éliminer les résidus dans un site autorisé et restaurer le site perturbé.
Relocalisation de l'émissaire
<ul style="list-style-type: none"> • Effectuer les travaux lorsque la marée est suffisamment basse afin de ne pas travailler dans l'eau; • Contrôler l'accès au site en balisant les accès et en mettant en place les infrastructures nécessaires pour éviter toute intrusion; • Éviter les travaux d'excavation lors de forts vents, de fortes marées ou de fortes pluies afin de minimiser le transport des sédiments vers le fleuve; • Utiliser des matériaux de remblai exempt de particules fines et de contaminants; • Installer un empiérement de protection à la sortie de la nouvelle conduite pour éviter l'érosion des sols; • Mettre les tuyaux de béton aux rebus dans un lieu autorisé; • Prendre les mesures nécessaires pour éviter le rejet ou le transport de débris ou matériaux par l'eau, le vent, le ruissellement ou tout autre moyen durant les travaux; • Retirer tous les débris qui sont accidentellement introduits dans le milieu aquatique dans les plus brefs délais; • Conserver l'état du chantier propre, sans débris ou éléments à risque pour la sécurité, en dehors des heures de travail; • Avoir en tout temps sur le site des travaux une trousse d'urgence (produits absorbants, sacs étanches, obturateurs, gants, etc.) en cas de déversement accidentel afin de confiner et de récupérer rapidement les produits qui pourraient être déversés. Si une telle situation se produit, éliminer les résidus dans un site autorisé et restaurer le site perturbé.
Gestion des matières résiduelles
<ul style="list-style-type: none"> • Interdire le brûlage des déchets à ciel ouvert; • Installer des poubelles à déchets (matériaux secs et domestiques) et des conteneurs pour les débris encombrants sur le chantier; • Éliminer les matières résiduelles à un endroit désigné à cette fin par la réglementation.
Gestion des matières résiduelles dangereuses
<ul style="list-style-type: none"> • Respecter la réglementation relative à l'entreposage et au transport des matières dangereuses (notamment les hydrocarbures), et entreposer les matières dangereuses à un endroit désigné à cette fin; • Prévoir un plan d'intervention d'urgence en cas de déversement accidentel de contaminants; • Avoir en tout temps sur le site des travaux une trousse d'urgence (produits absorbants, sacs étanches, obturateurs, gants, etc.) en cas de déversement accidentel afin de confiner et de récupérer rapidement les produits qui pourraient être déversés. Si une telle situation se produit, éliminer les résidus dans un site autorisé et restaurer le site perturbé.
Remise en état des lieux
<ul style="list-style-type: none"> • Démonter et retirer toutes les infrastructures et les balises et panneaux de signalisation;

<ul style="list-style-type: none"> • Démontez les chemins d'accès et remettez en état les lieux; • Nettoyez le site pour retirer tout débris ou tout déchet; • Enlevez tous les matériaux de construction du site après l'achèvement du projet; • Remplacez les matériaux retirés de la rive et mis de côté à leur emplacement initial; • Restaurez le couvert végétal de l'ensemble des surfaces où il aura été détruit sur le haut de talus ou au niveau du chemin d'accès en effectuant des plantations d'arbres et d'arbustes indigènes ou effectuant un ensemencement hydraulique d'herbacées indigènes adaptées à la région et aux conditions du site (pente, berge, talus, bord de route, etc.). • Effectuez les travaux de revégétalisation au printemps ou tard à l'automne lorsque la végétation est en dormance, afin d'éviter les périodes sèches; • Protégez le sol de la pluie et du ruissellement (ex. : matelas anti-érosion), les segments de rive et du littoral mis à nu dans l'attente de la reprise de la végétation permanente.
PHASE D'EXPLOITATION
Présence des ouvrages
<ul style="list-style-type: none"> • Aucune mesure d'atténuation.
Entretien
<ul style="list-style-type: none"> • Selon la nature des travaux, les mesures d'atténuation applicables seront les mêmes que celles présentées pour la phase de construction

