



ANNEXE 8
RAPPORT R.0235 - MODÉLISATION NUMÉRIQUE DES
CONDITIONS HYDRO-SÉDIMENTAIRES

LASALLE|NHC – AVRIL 2020



PROJET DE PROTECTION LITTORALE DE LA PLAGE DE POINTE-AUX-OUTARDES

MODÉLISATION NUMÉRIQUE DES CONDITIONS HYDRO-SÉDIMENTAIRES

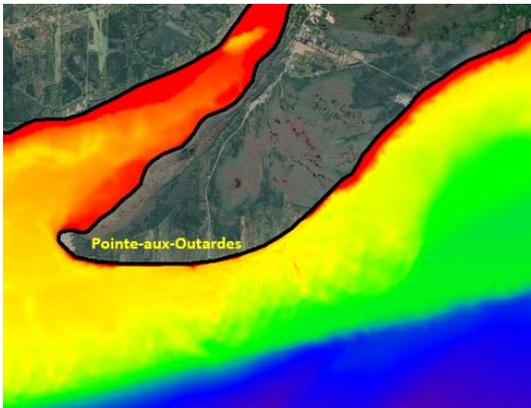
RAPPORT R.0235



Préparé pour:

**Ministère de
la Sécurité publique**

Québec 



Avril 2020

No reference lasalle | NHC 08003855

**PROJET DE PROTECTION DU LITTORAL DE POINTE-AUX-OUTARDES
MODÉLISATION NUMÉRIQUE DES CONDITIONS HYDRO-SÉDIMENTAIRES**

RAPPORT R.0235

VERSION FINALE

Préparé pour:

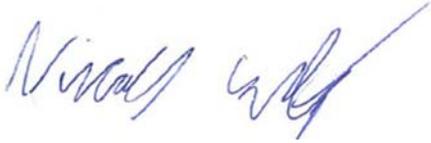
Ministère de la Sécurité Publique
Québec, Québec

Préparé par:

Lasalle | NHC
Montréal, Québec

Avril 2020

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 protection du littoral de Pointe-aux-Outardes – 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	2
LISTE DES TABLEAUX	4
1. INTRODUCTION	1
2. MISE EN CONTEXTE	3
2.1 Secteur à l'étude.....	3
2.2 Résumé de la problématique observée.....	4
2.3 Érosion côtière – Principes de base.....	5
3. MÉTHODOLOGIE	10
3.1 Données utilisées.....	10
3.2 Outils de modélisation.....	10
3.3 Résumé de la méthodologie employée.....	12
4. MODÈLE NUMÉRIQUE DE TERRAIN.....	15
4.1 Provenance des données.....	15
4.2 Montage du MNT	18
4.3 Conditions aux limites du MNT.....	18
5. CLIMAT MARITIME	22
5.1 Concepts généraux	22
5.2 Niveaux d'eau	22
5.3 Régime des vagues	25
5.4 Probabilité combinée des niveaux d'eau et des vagues.....	33
5.5 Récapitulatif des conditions maritimes	37
6. CARACTÉRISATION DE LA DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE ACTUELLE	39
6.1 Analyse historique de la dynamique sédimentaire du site	39
6.2 Modélisation du transport littoral à long terme	52
6.3 Modélisation de l'attaque frontale des vagues (tempêtes ponctuelles)	67
6.4 Récapitulatif de la dynamique sédimentaire actuelle	79
7. ANALYSE DES VARIANTES DE TRAVAUX D'INTERVENTION	80
7.1 Recharge de gravier de 10 mm.....	80
7.2 Champs d'épis.....	94
7.3 Récapitulatif de l'analyse des variantes d'intervention et recommandations.....	103
8. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	104
9. RÉFÉRENCES	106

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1 : Localisation du secteur à l'étude	3
Figure 2.2 : illustration de la problématique d'érosion	4
Figure 2.3 : Illustration du phénomène de réfraction des vagues	6
Figure 2.4 : Illustration du processus d'attaque frontale des vagues (transport transversal).....	6
Figure 3.1 : Résumé de la méthodologie employée	14
Figure 4.1: Provenance des données bathymétriques	16
Figure 4.2 : Différence entre les relevés Lidar de 2015, 2017 et 2018	17
Figure 4.3 : Modèle numérique de terrain (MNT)	20
Figure 4.4 : Maillage du MNT.....	21
Figure 5.1: Amplitude de la marée à Baie-Comeau (environ 30 km à l'est de Pointe-aux-Outardes).....	23
Figure 5.2: Occurrence des niveaux d'eau à Baie-Comeau (environ 30 km à l'Est de Pointe-aux-Outardes)	25
Figure 5.3 : Rose des vagues à Pointe-aux-Outardes.....	27
Figure 5.4 : Occurrence des vagues à Pointe-aux-Outardes	28
Figure 5.5 : : Nombre de tempête à Pointe-aux-Outardes en fonction du mois de l'année	30
Figure 5.6: Couvert de glace sur le golfe de Saint-Laurent le 9 février 2015 (tiré de NASA Worldview) ...	31
Figure 5.7: Variation de la hauteur de vagues des 150 tempêtes les plus énergétiques entre 1980 et 2011	32
Figure 5.8: Corrélation entre la hauteur de vagues et la durée de la tempête	32
Figure 5.9 : Dépendance entre la hauteur de vagues et les surcotes.....	35
Figure 5.10: Dépendance entre la hauteur de vagues et les niveaux d'eau.....	36
Figure 6.1 : Définition des lignes de plage, de bas de talus et de haut de talus.....	39
Figure 6.2 : Photos aériennes et satellites historiques	42
Figure 6.3 : Érosion dans le secteur Ouest de Pointe-aux-Outardes	43
Figure 6.4 : Comparaison des photos obliques prises en 2010 et en 2017	44
Figure 6.5: Comparaison des photos obliques prises en 2010 et en 2017 – suite 1.....	45
Figure 6.6: Comparaison des photos obliques prises en 2010 et en 2017 – suite 2.....	46
Figure 6.7 : Comparaison de la position du haut de talus entre 2001 et 2017	47
Figure 6.8 : Illustration du mécanisme d'érosion engendré par un déficit au niveau du bilan sédimentaire	50
Figure 6.9 : Impacts engendrés par un perré en enrochement.....	51
Figure 6.10 : Limites des divers modèles filaires de transport littoral (LITPACK)	54
Figure 6.11 : Profondeur active de la plage de Pointe-aux-Outardes.....	55
Figure 6.12 : Validation du modèle de transport littoral à long-terme (Modèle #0/3)	58
Figure 6.13: Validation du modèle de transport littoral à long-terme (Modèle #1/3).....	59
Figure 6.14: Validation du modèle de transport littoral à long-terme (Modèle #2/3).....	60
Figure 6.15: Validation du modèle de transport littoral à long-terme (Modèle #3/3).....	61
Figure 6.16 : Résultats de modélisation du recul de la ligne de haut de talus entre 1980 et 2011 (32 ans) – Conditions actuelles	62
Figure 6.17: Résultats de modélisation du recul de la ligne de plage entre 1980 et 2011 (32 ans) – Conditions historiques (avant la mise en place de murs en enrochement)	65

Figure 6.18 : Réfraction des vagues d’une tempête de l’ENE (D1)	68
Figure 6.19: Réfraction des vagues d’une tempête du SO (B2)	69
Figure 6.20 : Résultats de modélisation 2D de la tempête A1 (MIKE 21)	70
Figure 6.21: Résultats de modélisation 2D de la tempête B1 (MIKE 21)	71
Figure 6.22: Résultats de modélisation 2D de la tempête C1 (MIKE 21)	72
Figure 6.23: Résultats de modélisation 2D de la tempête D1 (MIKE 21)	73
Figure 6.24: Résultats de modélisation 2D de la tempête E1 (MIKE 21)	74
Figure 6.25: Résultats de modélisation 2D de la tempête B2 (MIKE 21)	75
Figure 6.26: Résultats de modélisation 2D de la tempête C2 (MIKE 21)	76
Figure 6.27: Résultats de modélisation 1D de la tempête C1 (XBeach)	78
Figure 7.1 : Présentation des variantes V1 et V2 des recharges de gravier	81
Figure 7.2 : Évolution de la ligne de plage de la recharge granulaire V1 et transport littoral à long-terme (modélisée avec LITPACK)	85
Figure 7.3 : Évolution de la ligne de plage de la recharge granulaire V1 et variation du transport littoral net en fonction des années (modélisée avec LITPACK)	86
Figure 7.4: Évolution de la ligne de plage de la recharge granulaire V2 et transport littoral à long-terme (modélisée avec LITPACK)	87
Figure 7.5: Évolution de la ligne de plage de la recharge granulaire V2 et variation du transport littoral net en fonction des années (modélisée avec LITPACK)	88
Figure 7.6 : Résultats de modélisation de l’attaque frontale des vagues sur la recharge de gravier en temps de fortes tempêtes (modélisés avec XBeach-G)	90
Figure 7.7 : Localisation de la flèche sableuse	91
Figure 7.8 : Évaluation de l’emprise de la zone impactée par la recharge granulaire V2	93
Figure 7.9: Évolution de la ligne de plage et transport littoral à long terme pour la variante à 4 épis (modélisée avec LITPACK)	98
Figure 7.10: Évolution de la ligne de plage et variation du transport littoral net en fonction des années pour la variante à 4 épis (modélisée avec LITPACK)	99
Figure 7.11: Évolution de la ligne de plage et transport littoral à long terme pour la variante à 6 épis (modélisée avec LITPACK)	100
Figure 7.12: Évolution de la ligne de plage et variation du transport littoral net en fonction des années pour la variante à 6 épis (modélisée avec LITPACK)	101

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 5.1: Période de retour des niveaux d'eau maximums annuels à Baie Comeau (Loi Gumbel)	24
Tableau 5.2 : Période de retour des événements de vagues.....	28
Tableau 5.3: Périodes de retour d'événements de tempête.....	37
Tableau 7.1 : Comparaison entre les paramètres de calcul en conditions historiques et futures	82
Tableau 7.2 : Comparaison entre les variantes de recharge V1 et V2.....	84
Tableau 7.3 : Comparaison entre les paramètres de calcul en conditions historiques et futures	95

1. INTRODUCTION

Le littoral de la Municipalité de Pointe-aux-Outardes fait l'objet d'une érosion notable depuis de nombreuses années en particulier à cause de l'impact des tempêtes automnales et hivernales qui surviennent dans le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent. Le Gouvernement du Québec (Ministère de la Sécurité publique) et la Municipalité cherchent actuellement à confirmer un concept de protection durable du littoral et des infrastructures avoisinantes, tout en minimisant les impacts potentiels sur les secteurs adjacents.

Deux approches sont à évaluer, l'une s'inscrivant dans la continuité des concepts précédents (2008-2012) avec champ d'épis et l'autre sous la forme d'une recharge de plage, méthode plus douce qui favorise une meilleure continuité dans les processus sédimentaires côtiers.

Le Ministère de la Sécurité publique (MSP), a mandaté Lasalle|NHC pour réaliser une étude de modélisation numérique des conditions hydro-sédimentaires en vue d'évaluer les performances de ces deux approches et de mieux définir les concepts, ainsi que d'appuyer les travaux de conception. De plus, comme ce projet se situe dans la réserve aquatique projetée de Manicouagan (RAPM), qui comprend plusieurs milieux riches et diversifiés, le MSP a demandé à Lasalle|NHC d'évaluer les impacts des deux approches sur les secteurs adjacents.

L'étude a été réalisée en étroite collaboration avec M. Yann Ropars de la firme CRI, spécialiste des aménagements côtiers et également mandaté par le MSP pour la conception des ouvrages.

L'étude comprend essentiellement 4 grandes étapes

- La première étape consiste à effectuer une analyse statistique du climat maritime à la hauteur de Pointe-aux-Outardes à l'aide des données de vagues, de marée, de surcotes (ondes de tempête) et de glace afin d'obtenir des périodes de retour d'événements de tempêtes typiques. Un total de 32 ans de données était disponible dans le cadre de cette étude;
- La deuxième étape consiste à bâtir et exploiter les modèles numériques de dynamique hydro-sédimentaire, sur la base d'un modèle numérique de terrain (MNT);
- La troisième étape consiste à analyser le transport littoral (parallèle à la plage) ainsi que l'évolution morphologique de la ligne de plage à long-terme (plusieurs années). Cette analyse est réalisée, en premier lieu, selon une analyse conceptuelle basée sur l'interprétation de photos aériennes historiques (remontant jusqu'à 1970). En second lieu, l'utilisation d'un modèle filaire (1D) de transport littoral a permis de modéliser l'évolution morphologique de la plage sur une période de 32 ans.
- La quatrième étape consiste à analyser le transport transversal (perpendiculaire à la plage) engendré par l'attaque frontale des vagues générées par les événements de tempête ponctuelle (quelques heures ou journées). Cette analyse est réalisée à l'aide d'une combinaison de modèles 1D et 2D dans le but de maximiser la superficie de la zone modélisée tout en offrant une bonne schématisation des phénomènes hydro-sédimentaires à l'échelle locale.

Les étapes trois et quatre sont réalisées autant en conditions historiques qu'en conditions futures, ce qui permet d'une part de les caractériser et évaluer les performances des concept proposés et d'autre part d'évaluer les impacts des différents concepts sur le littoral adjacent.

Le présent rapport est divisé en 7 chapitres. Le chapitre 2 présente une mise en contexte de la problématique observée à Pointe-aux-Outardes. Le chapitre 3 résume la méthodologie employée pour réaliser cette étude. Le chapitre 4 décrit le modèle numérique de terrain utilisé par le modèle numérique. Le chapitre 5 traite du climat maritime de la région à l'étude alors que le chapitre 6 enchaîne avec la caractérisation de la dynamique hydro-sédimentaire de ce secteur en conditions actuelles. Le chapitre 7 présente l'analyse des variantes de protection littorale. Finalement, la conclusion et les recommandations de cette étude sont exposées au chapitre 8.

2. MISE EN CONTEXTE

2.1 Secteur à l'étude

Le secteur à l'étude de la municipalité de Pointe-aux-Outardes est situé dans la portion ouest de la péninsule Manicouagan tel qu'illustré à la Figure 2.1 dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent. La zone d'intervention ciblée s'étend sur environ 1,5 km à l'est de l'actuel épi de mise à l'eau.



Figure 2.1 : Localisation du secteur à l'étude

2.2 Résumé de la problématique observée

La plage de Pointe-aux-Outardes subit une érosion marquée dont les mécanismes conduisent à faire reculer les falaises de terrain meuble située en haut de plage mettant ainsi en péril l'intégrité des infrastructures et constructions résidentielles longeant le littoral. La Figure 2.2 illustre typiquement la situation vécue.

Le jeu des tempêtes combinant des niveaux d'eau élevés à l'attaque des vagues contribue à long terme à façonner le littoral conséquemment à l'interaction avec les structures de protection locales érigées au cours des dernières décennies.

L'objectif de la présente étude est de recommander et de dimensionner un ouvrage offrant une protection adéquate du littoral tout en minimisant les impacts sur la plage adjacente à la zone des travaux, afin de préserver l'intégrité des écosystèmes riches, dont le marais salé de Pointe-aux-Outardes, ainsi que l'estran de la péninsule de Manicouagan avec ses herbiers de zostères et sa faune benthique.



Figure 2.2 : illustration de la problématique d'érosion

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 d'autres grains provenant de l'amont.

En milieu côtier, un forçage supplémentaire s'ajoute au portrait : 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 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 longues distances. 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 2.3). 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 outrepassse l'équilibre et la vague déferle (effet de déferlement illustré à la Figure 2.4). Ce phénomène survient généralement à proximité des plages dans une zone désignée par zone de déferlement.

Le déferlement des vagues libère une énergie qui met 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.

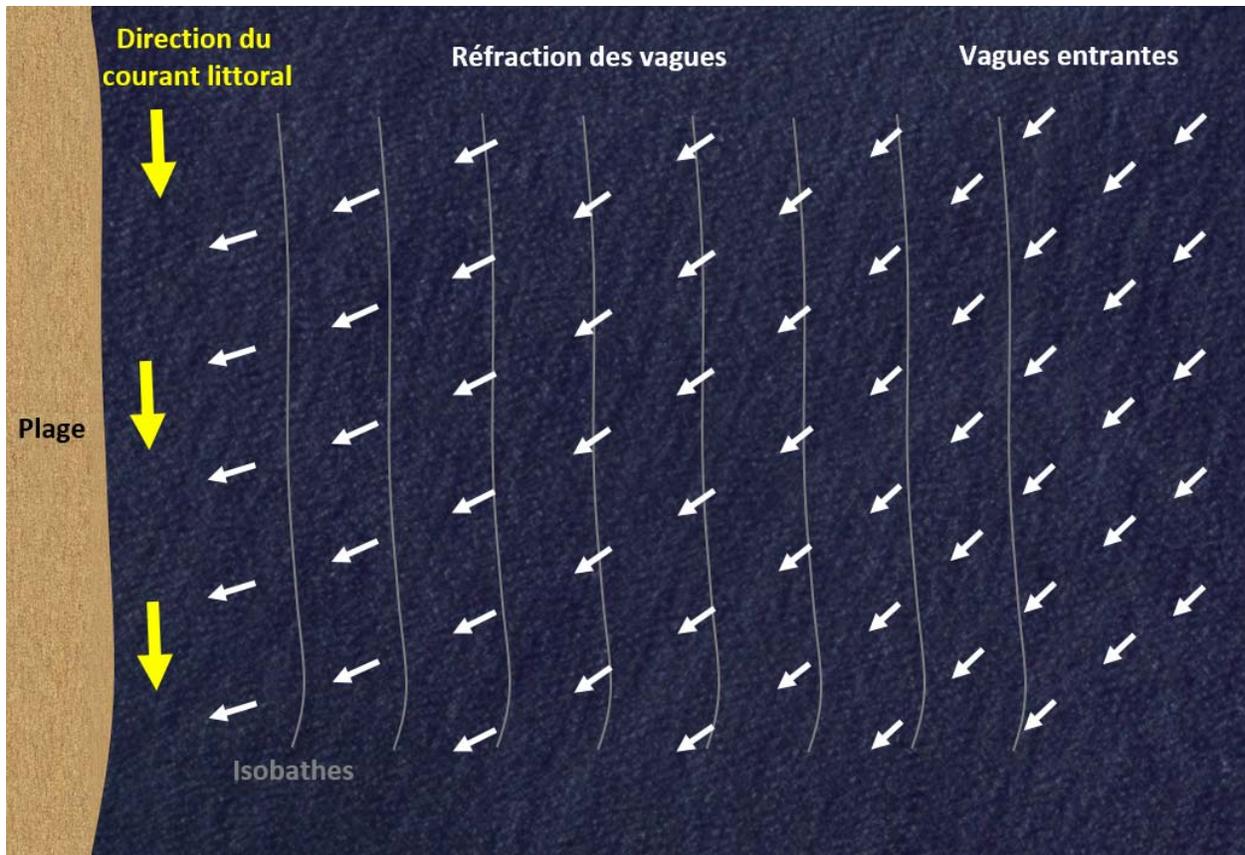


Figure 2.3 : Illustration du phénomène de réfraction des vagues

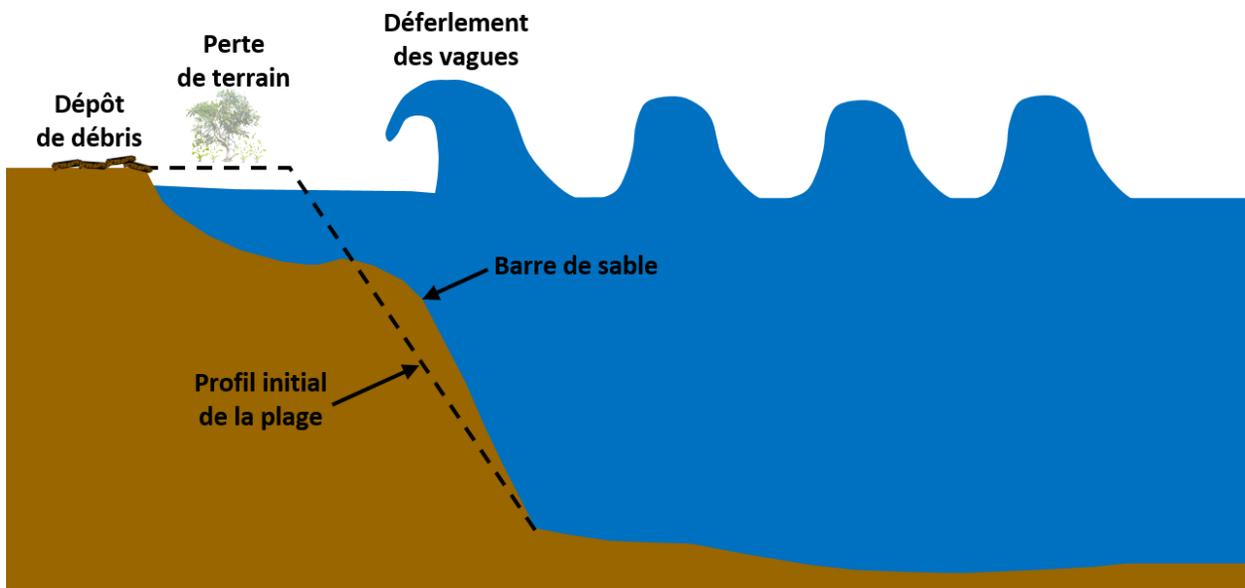


Figure 2.4 : Illustration du processus d'attaque frontale des vagues (transport transversal)

2.3.2 Transport sédimentaire

En milieu côtier, le transport sédimentaire se décompose en deux composantes : transversale (perpendiculaire à la ligne de plage) et littorale (parallèle à la ligne de plage). 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 (Figure 2.4). 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 caractérisant une tempête. 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 milieu 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 plage.

Le transport littoral peut être calculé le long de la plage 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 réalisée sur une grande échelle de temps.

La mise en place d'un épi a pour effet de diminuer le transport littoral vis-à-vis de 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 du brise-lames alors que la section en aval de celui-ci montre une tendance vers l'érosion.

Les murs en enrochement, étant non-érodable, diminuent 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 : la combinaison des vagues incidentes et des vagues réfléchies sur le mur 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'appivoiser 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'infrastructures 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 et 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.

3. MÉTHODOLOGIE

Le but visé par la présente étude est d’analyser l’efficacité de divers ouvrages de protection côtière afin d’atténuer les problématiques d’érosion observées à Pointe-aux-Outardes au cours des dernières années. Plus spécifiquement, cette étude permet de valider et d’optimiser certaines caractéristiques d’une recharge granulaire telles que la localisation géographique de celle-ci, sa forme sur le plan horizontal et sa hauteur de crête. Pour ce faire, l’étude se base sur une panoplie d’informations et d’outils disponibles (sections 3.1 et 3.2) pour élaborer une méthodologie (section 3.3) qui permettra d’accomplir l’objectif visé.

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 (à partir de 1970) disponibles sur Géoboutique.com;
- Photos obliques hélicoptérées prises par le MSP en 2010 et en 2017;
- Photos satellites publiées sur Google Earth;
- Anciens relevés bathymétriques du SHC (zones en eau profonde);
- Données lidar bathymétrique & terrestre relevées en 2015 et en 2017;
- 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;
- Relevés de terrain de l’UQAR entre 2000 et 2018 concernant les reculs de ligne de haut de talus;
- Plans des recharges granulaires proposées par M. Ropars.

3.2 Outils de modélisation

Divers outils de modélisation ont été utilisés dans le cadre de la présente étude. Mise à part les logiciels de pré-traitement et de post-traitement des données, les outils de modélisation utilisés peuvent se diviser en trois catégories principales, soit les modèles 2D (MIKE 21), les modèles filaires et 1D de transport sédimentaire littoral (LITPACK) et les modèles 1D d’attaque frontale des vagues sur la plage (XBeach).

3.2.1 MIKE 21 par DHI

Les travaux de modélisation 2D ont été réalisés à l’aide des divers modules de MIKE 21, conçus et commercialisés par la firme danoise *DHI Water & Environment*. Ces modules 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 de la morphologie littorale, etc.

Les travaux de modélisation de la présente étude ont été effectués avec les modules MIKE suivants:

1. **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;
2. **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;
3. **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 une interaction continue entre chacun de ces trois modules.

3.2.2 LITPACK par DHI

Les travaux de modélisation de l'évolution de la morphologie de la plage de Pointe-aux-Outardes à long-terme (plusieurs années) ont été réalisés à l'aide des modules *Littoral Drift* et *Coastline Evolution* de la suite LITPACK conçue et commercialisée par la firme danoise *DHI Water & Environment*.

1. ***Littoral Drift*** : modèle de transport littoral (parallèle à la plage) le long d'un profil perpendiculaire à la plage. Ce module repose sur la combinaison d'un modèle hydrodynamique et d'un modèle de transport de sédiments (STPQ3D) et résout par différences finies les équations de quantité de mouvement.
2. ***Coastline Evolution*** : modèle d'évolution (recul ou avancée) de la ligne de plage basée sur les équations de continuité du transport littoral issu du modèle *Littoral Drift*. Le module *Coastline Evolution* permet également de tenir compte de manière schématique des isobathes de la bathymétrie dans le calcul de la réfraction des vagues à l'approche de la plage. La présence d'ouvrages tels que les épis, brise-lames détachés et les revêtements en enrochement peut aussi être intégrée par une formulation paramétrique.

Les versions les plus récentes du modèle LITPACK permettent de simuler le transport littoral de gravier en utilisant une formulation différente de celle utilisée dans le cas du transport de sable. Le modèle LITPACK ne permet toutefois pas d'utiliser ces deux formulations distinctes dans une même simulation.

3.2.3 XBeach par Deltares

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 [2].

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 gravier ou 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 ([3] et [4]) et in-situ [2]).

3.2.4 Autres outils

- 1- **MIKE Zero** : construction du modèle de terrain, pré-traitement des données ainsi que post-traitement et présentation des résultats de simulation;
- 2- **HYFRAN** : 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 illustré sur la figure 3.1 résume les principales étapes de l'étude hydro-sédimentaire permettant de valider et d'optimiser les caractéristiques de la recharge granulaire. L'analyse a porté sur l'aspect du court-terme (réponse pendant les tempêtes ponctuelles) ainsi que sur le long-terme (évolution de la position de la ligne de plage sur plusieurs années) et ce, autant en conditions actuelles (plage de sable) que futures (avec recharge granulaire).

Il est à noter qu'avant de procéder aux diverses modélisations numériques affichées dans ce schéma, une analyse conceptuelle a d'abord été réalisée. 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 de Pointe-aux-Outardes. 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 :

Analyse statistique

- Utilisation des données du modèle de l'UQAR (vagues) et de l'ISMER (niveaux d'eau) entre 1980 et 2011 (32 ans).
- Création de la rose des vagues et détermination des directions dominantes des tempêtes.
- Analyse de l'amplitude du marnage et de l'occurrence des événements à niveau élevé.
- Détermination de la dépendance entre les variables de niveau d'eau et de hauteur de vagues.
- Calculs des probabilités d'occurrence des événements de tempête.

Montage du MNT (Modèle numérique de terrain)

- Compilation des données Lidar terrestre 2017, Lidar bathymétrique (2015) et anciens relevés bathymétriques du SHC. Construction du MNT.
- À partir du MNT, extraction de profils pour les modèles d'évolution de la ligne de plage (LITPACK) et d'attaque frontale des vagues (XBeach).
- Extraction de la ligne de plage pour le modèle d'évolution de la plage à long terme.

Évolution de la ligne de plage (long-terme)

- Triage de la série temporelle de vagues et de niveaux d'eau pour garder uniquement les événements possédant simultanément une hauteur de vagues (H_s) supérieure à 0,4 m ainsi qu'un niveau d'eau minimum de -1,5 m (NMM). Un total de 55 404 heures est considéré pour la série temporelle de 1980 à 2011 (32 ans).
- Modélisation 2D (MIKE 21 SW) de la réfraction des vagues issues de la série temporelle triée de 1980 à 2011. Extraction des vagues réfractées à une distance de 500 m de la ligne de plage.
- En utilisant les vagues extraites à 500 m de la ligne de plage, modélisation de l'évolution morphologique de la ligne de plage (LITPACK) sur 32 ans en conditions actuelles. Validation du modèle à l'aide des mesures de recul de haut de talus par l'UQAR sur une période de 19 ans.
- Adaptation des paramètres du modèle LITPACK pour simuler l'évolution de la ligne de plage en conditions futures (avec recharge de gravier).
- En se basant sur les résultats de LITPACK, optimisation et validation de la forme de la recharge granulaire proposée.

Attaque frontale des vagues (court-termes ou tempêtes ponctuelles)

- Modélisation 2D (MIKE 21 SW-HD-ST) du transport sédimentaire pour des événements de fortes tempêtes en conditions actuelles (plage de sable).
- Modélisation 1D (XBeach) du transport sédimentaire pour des événements de fortes tempêtes en conditions actuelles (plage de sable) et évaluation du run-up de vagues.
- Modélisation 1D (XBeach) du transport sédimentaire pour des événements de fortes tempêtes en conditions futures (avec recharge de gravier) et évaluation du run-up de vagues.
- En se basant sur les résultats de XBeach, validation de la hauteur de la crête de la recharge proposée.

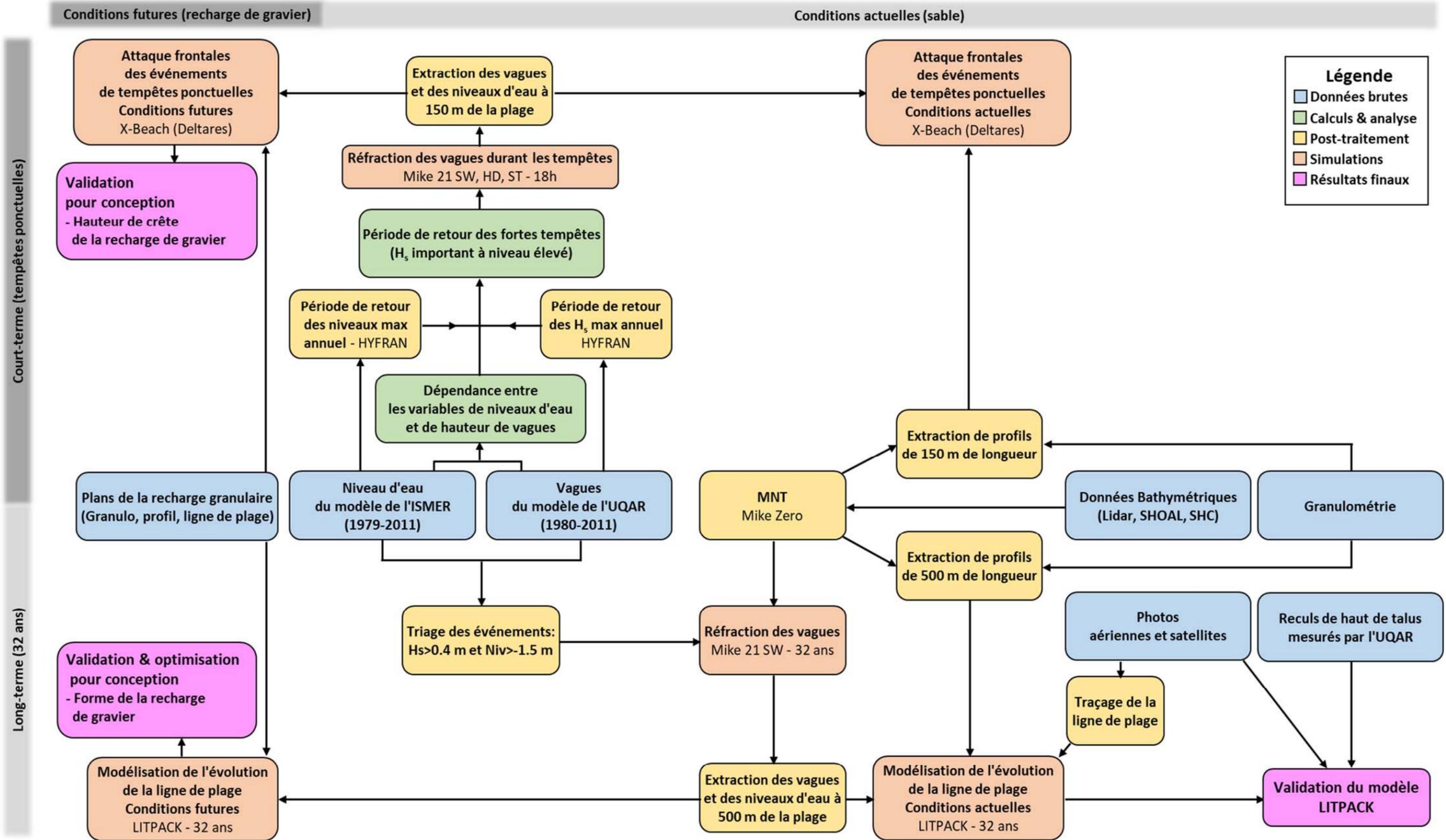


Figure 3.1 : Résumé de la méthodologie employée

4. MODÈLE NUMÉRIQUE DE TERRAIN

4.1 Provenance des données

Le montage du modèle numérique de terrain (MNT) a été effectué à l'aide de trois jeux de données bathymétriques (Figure 4.1) :

- Le Lidar terrestre à très haute résolution (30 cm sur le plan horizontal), relevé en 2017, pour les zones étant essentiellement situées à des élévations supérieures à +0.1 m (NMM);
- Le Lidar marin (SHOAL) à résolution moyenne (5 m sur le plan horizontal), relevé en 2015, pour les élévations supérieures à -10 m (NMM);
- Les données du SHC à résolution moyenne (20 m sur le plan horizontal) pour les zones en eau profonde.

Des différences majeures entre les relevés de 2017 et de 2015 sont observées au niveau des élévations (voir figure 4.2c). Les différences en bas de plage sont essentiellement dues aux phénomènes de transport sédimentaire qui sont présentés au chapitre 6. Les différences en haut de plage peuvent être attribuées, d'une part, à l'érosion des berges et, d'autre part, à l'imprécision du lidar marin (SHOAL 2015) dans les zones à élévation élevée abritant notamment des falaises et des arbres.

Les relevés Lidar 2017 et 2015 ont été joints d'une manière à éviter toute discontinuité qui serait engendrée par la différence majeure entre ces deux relevés. Le MNT ainsi obtenu illustre un hybride entre la bathymétrie de 2017 et celle de 2015. À cet effet, le MNT se base essentiellement sur le Lidar 2017 pour le haut de plage (incluant les falaises) et le Lidar 2015 (SHOAL) pour le bas de plage et la bathymétrie inférieure. À cet égard, il est à noter qu'il n'a pas été possible d'utiliser les données Lidar 2017 pour les élévations inférieures à +0.1 m (NMM) puisqu'une grande part des points de mesures situés en deçà de cette élévation semblait montrer l'élévation de la surface de l'eau et non celle de la bathymétrie.

Des données Lidar terrestres relevés en 2018 ont été transmises à Lasalle|NHC en fin d'étude (janvier 2020), donc seule une comparaison sommaire avec les autres jeux de données a pu être faite. L'évolution morphologique de la plage entre les années 2018 et 2017 ainsi qu'entre 2018 et 2015 a été effectuée (voir figures 4.2a et 4.2b). Les différences importantes entre les élévations mesurées en 2018 et en 2015 n'ont toutefois pas permis de joindre les données du Lidar terrestre 2018 à celles du lidar marin 2015 pour le montage du MNT.

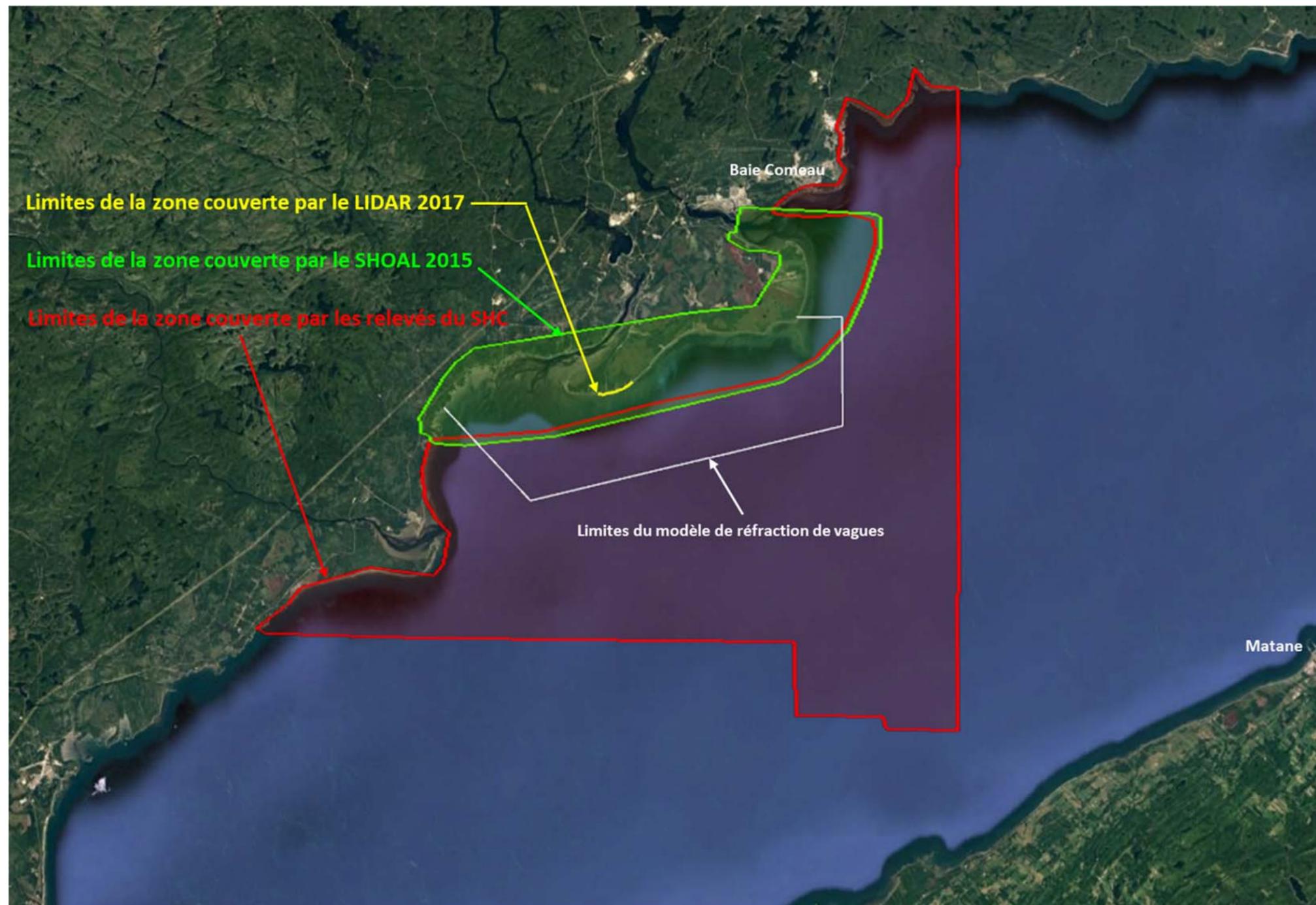


Figure 4.1: Provenance des données bathymétriques



c) Différence d'élévation entre le MNT de LIDAR 2018 et LIDAR 2017



c) Différence d'élévation entre le MNT de LIDAR 2018 et SHOAL 2015



c) Différence d'élévation entre le MNT de LIDAR 2017 et SHOAL 2015

Figure 4.2 : Différence entre les relevés Lidar de 2015, 2017 et 2018

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 en projection NAD1983 MTM6 et l'origine des élévations (*datum*) utilisée est celle du niveau moyen des mers (NMM).

4.2.2 Étendue du MNT

La figure 4.3 illustre le MNT qui a été utilisé pour la modélisation de la transformation des vagues. Tel qu'illustré sur cette figure, les limites ouest, sud et est du modèle correspondent aux points d'extraction des données de vagues du modèle de l'UQAR (voir section 5.3). Le MNT couvre ainsi une zone s'étendant sur 28 km en longueur par 15 km en largeur.

4.2.3 Maillage du MNT

Le MNT présenté à la figure 4.3 a été reproduit en deux versions distinctes afin de répondre à des besoins différents de modélisation numérique. À cet effet, les limites et les données utilisées demeurent les mêmes dans les deux versions; le maillage est le seul élément qui varie d'une version à l'autre. L'adaptation du maillage en fonction des besoins de modélisation permet d'obtenir le niveau de détails désiré pour les calculs numériques tout en maintenant des temps de calculs raisonnables. La figure 4.4 illustre les deux versions du MNT pour ce qui a trait au maillage utilisé.

La première version (figure 4.4a) a été utilisée pour modéliser la transformation (réfraction) des vagues issues du modèle de l'UQAR entre 1980 et 2011. Plus spécifiquement, le but de ce modèle est de fournir des intrants de vagues pour le modèle de transport littoral à long-terme (LITPACK); les conditions frontières de celui-ci étant localisées à environ 500 m au large de la plage (voir section 6.1.4). La largeur des mailles du MNT varie ainsi de 350 m pour les zones en eau profonde au large de la zone d'étude jusqu'à 50 m à proximité (à 1 km) de la berge. Des analyses de sensibilité ont révélées qu'un raffinement du maillage au-delà de ce critère ne conduisait pas à des différences notables au niveau des résultats de modélisation.

La deuxième version (figure 4.4b) a été utilisée pour modéliser l'impact des tempêtes ponctuelles (quelques heures) sur les berges de Pointe-aux-Outardes. Les phénomènes hydrodynamiques et de transport sédimentaire étant pris en compte dans ces simulations, un maillage plus fin a été implanté dans ce contexte. La largeur des mailles du MNT varie ainsi de 350 m pour les zones en eau profonde au large de la zone d'étude jusqu'à 1 m pour les zones de déferlement des vagues sur la plage.

4.3 Conditions aux limites du MNT

Tel que mentionné précédemment, les limites ouest, sud et est du MNT correspondent aux points d'extraction des données de vagues du modèle de l'UQAR. Ainsi pour le modèle de réfraction de vagues (MIKE 21 SW), la hauteur (H_s), la période (T_p) et la direction des vagues calculées par le modèle de l'UQAR

sont imposées aux limites du MNT. Puisque les propriétés des vagues varient d'un point d'extraction à un autre, ces dernières ont été interpolées le long des frontières selon une discrétisation de 100 m.

Le niveau d'eau est quant à lui fixé à une valeur constante dans l'espace (mais pas dans le temps).

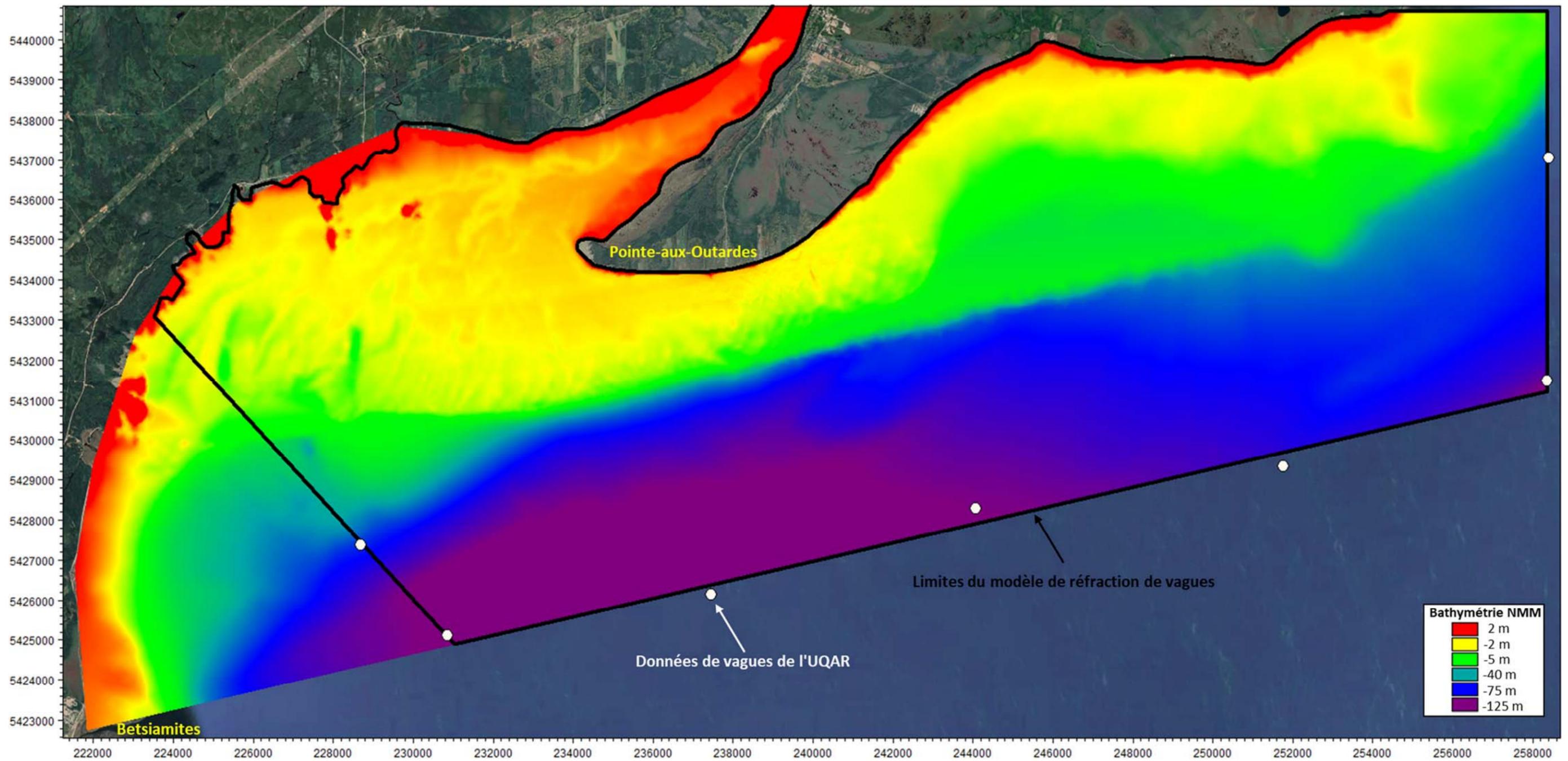
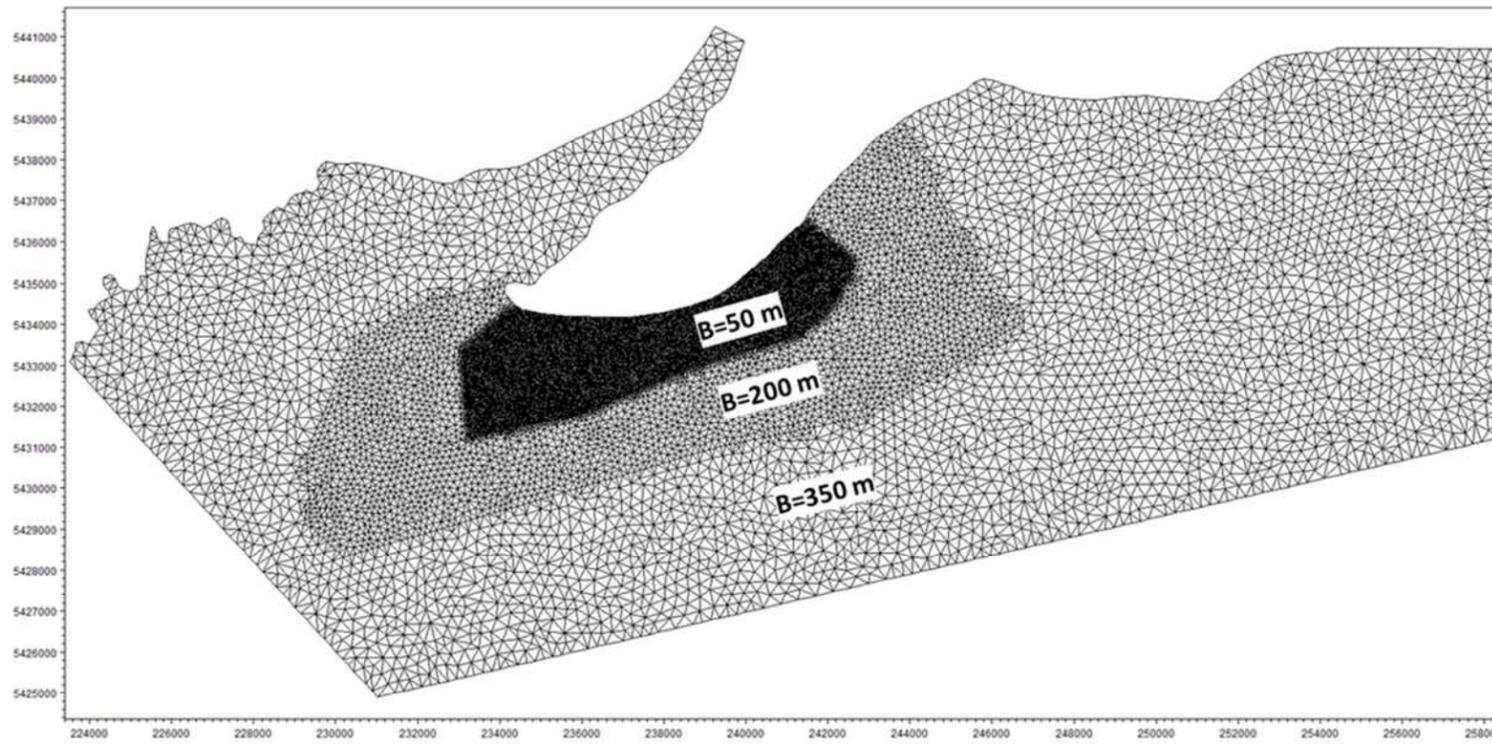
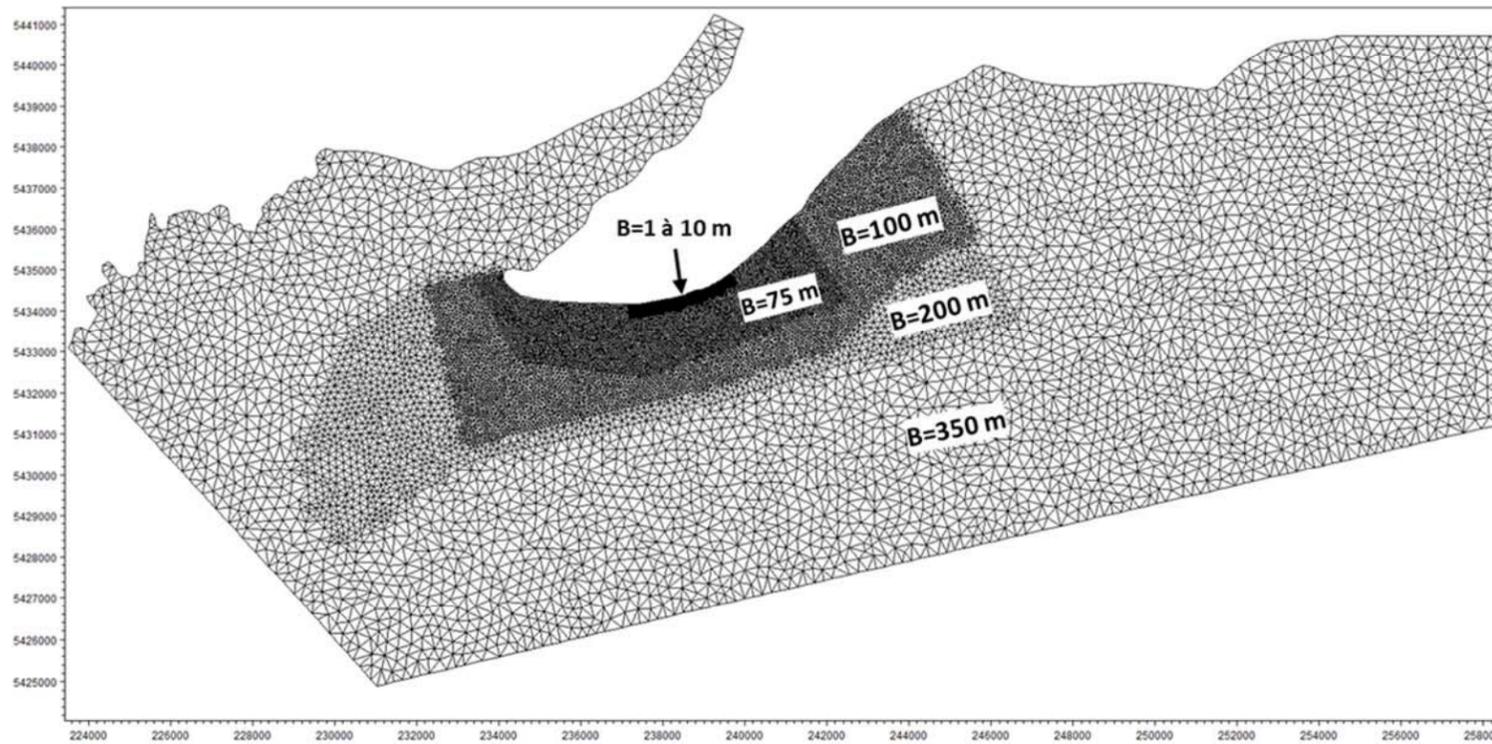


Figure 4.3 : Modèle numérique de terrain (MNT)



a) Maillage utilisé pour la modélisation de la transformation des vagues sur 32 ans



b) Maillage utilisé pour la modélisation des tempêtes ponctuelles (quelques heures)

Figure 4.4 : Maillage du MNT

5. CLIMAT MARITIME

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 toute, il est important de considérer le portrait général de la zone d'étude pour bien comprendre la dynamique côtière de la plage de Pointe-aux-Outardes. À cet effet, la section 0 résume les points clés de l'analyse des conditions maritimes de la région de Pointe-aux-Outardes.

5.2 Niveaux d'eau

5.2.1 Provenance des données

Dans le cadre de la présente étude, les niveaux d'eau provenant de deux sources distinctes ont été utilisés :

1. Les niveaux d'eau prédits à Baie-Comeau par Pêches et Océans Canada;
2. Les niveaux d'eau modélisés à Baie Comeau (1979-2011) par le modèle de l'ISMER [1].

Une autre station virtuelle de niveau d'eau du modèle de l'ISMER est disponible à environ 20 km au sud-est de Pointe-aux-Outardes, il s'agit de la station de Betsiamites. Toutefois, cette station est située dans l'embouchure même de l'estuaire de la rivière Bersimis, dont la configuration en entonnoir, pouvant conduire à des effets locaux sur le niveau d'eau, est significativement différente du site à l'étude, ouvert sur le large. La station de Baie Comeau, bien que légèrement plus éloignée est située dans une zone dont la configuration est plus comparable à la zone d'étude. La station de niveau d'eau de Baie Comeau a donc été privilégiée.

Les prédictions de Pêches et Océans Canada permettent de déterminer l'amplitude du marnage dans l'estuaire du fleuve Saint-Laurent à la hauteur de Baie Comeau (environ 30 km au nord-est de Pointe-aux-Outardes), 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.

Les données modélisées par le modèle de l'ISMER permettent d'obtenir une série temporelle horaire complète de niveaux d'eau à Pointe-aux-Outardes 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).

5.2.2 Marnage

Les prédictions de Pêches et Océans Canada sur les niveaux d'eau à Baie Comeau 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 -1.2 m et +1.2 m (NMM) avec un niveau minimum de -2,29 m et un maximum de 2,27 m. À cet effet, seulement 4% des cycles de marée atteignent un niveau maximum surpassant 2,0 m. Des surcotes peuvent toutefois se superposer au signal de marée ce qui peut provoquer des niveaux d'eau encore plus élevés. Cet aspect est abordé à la section 5.2.3.

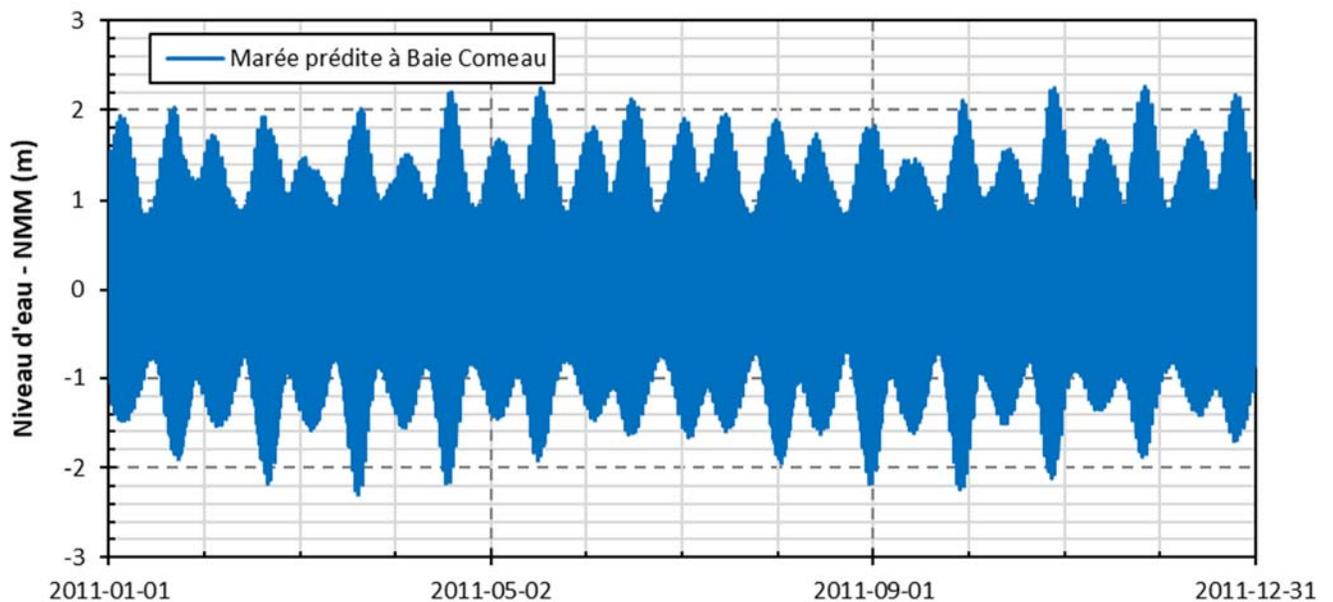


Figure 5.1: Amplitude de la marée à Baie-Comeau (environ 30 km à l'est de Pointe-aux-Outardes)

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. La résolution spatiale de ce modèle planétaire de réanalyse est de 0,5° (36 km).

La figure 5.2 affiche l'occurrence des niveaux d'eau totaux modélisés pour Baie Comeau (représentative de Pointe aux Outardes). Cette figure montre qu'en considérant la surcote, le niveau total excède fréquemment (55h par année en moyenne) une élévation de 2 m et même parfois (1 h/année) l'élévation de 2,5 m. C'était d'ailleurs le cas durant la tempête du 6 décembre 2010 lorsque le niveau modélisé a atteint un maximum de 3,29 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 applicables à Pointe-aux-Outardes. Les niveaux d'eau maximums annuels ont été traité avec le logiciel HYFRAN afin de calculer des périodes de retour en considérant une distribution de type Gumbel. La période de retour calculée pour un niveau de 2,5 m est ainsi de 2 ans alors que pour un niveau de 3,0 m, elle est de 50 ans (voir tableau 5.1).

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 [5].

Tableau 5.1: Période de retour des niveaux d'eau maximums annuels à Baie Comeau (Loi Gumbel)

T (année)	Niveau d'eau NMM (m)
2	2.49
5	2.66
10	2.77
20	2.88
50	3.01
100	3.12

*Niveau d'eau simulée par le modèle de l'ISMER entre 1979 et 2011

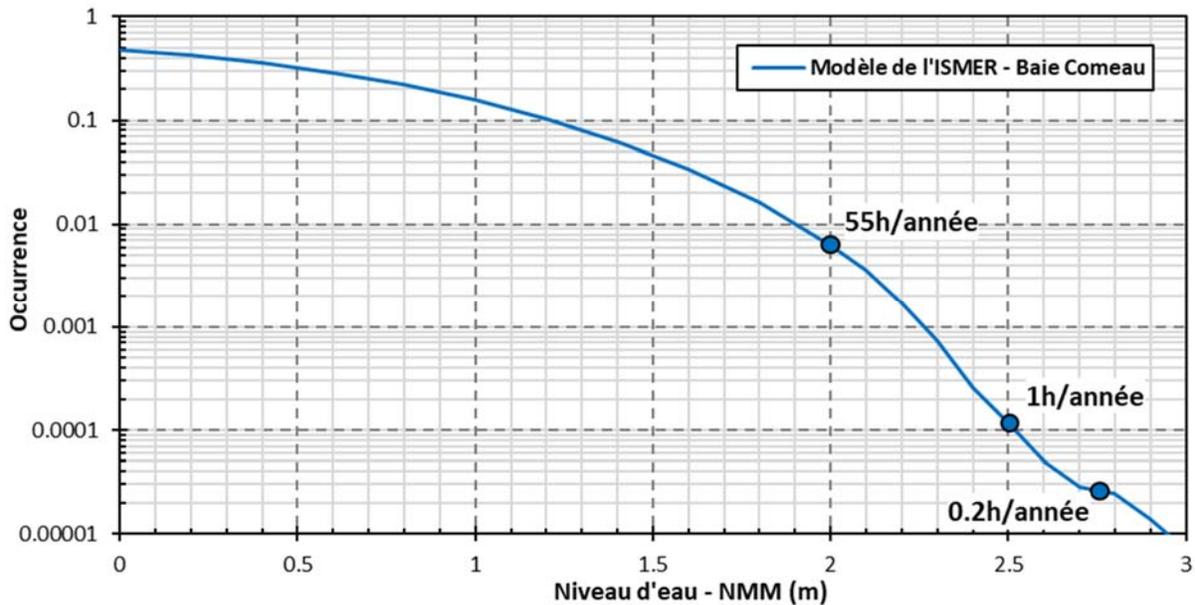


Figure 5.2: Occurrence des niveaux d'eau à Baie-Comeau (environ 30 km à l'Est de Pointe-aux-Outardes)

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 de l'estuaire du fleuve Saint-Laurent ainsi que le golfe du Saint-Laurent. 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. Les vagues ont été modélisées en appliquant les conditions atmosphériques de réanalyse du modèle NARR entre 1980 et 2010 ainsi que les conditions du modèle GEM entre 2011 et 2015. 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. La concentration de glace de mer provient du Modèle Océanique Régional (MOR).

5.3.2 Rose des vagues

La figure 5.3 illustre la rose des vagues, à 8 km de la côte de Pointe-aux-Outardes, obtenue à partir de la série temporelle de 1980 à 2011 du modèle de l'UQAR. Les données de vagues comprises entre les années 2012 et 2015 n'ont pas été incluses dans l'étude puisque les données de niveaux d'eau issus du modèle de l'ISMER, étant nécessaires pour les calculs de probabilités combinées et pour la transformation des vagues à l'approche de la plage, s'arrêtent en 2011.

Deux directions dominantes peuvent être observées sur la rose des vagues, soit l'ENE et le SO. Les vagues en provenance de l'ENE sont plus énergétiques et plus fréquentes que celles en provenance du SO. Cela s'explique, d'une part, par les vents de l'ENE, plus importants et, d'autre part, par la distance plus élevée du fetch de l'ENE par rapport à celle du SO (300 km versus 150 km).

La figure 5.4 montre que les vagues du SO n'ont jamais atteint une hauteur de 2,5 m entre les années 1980 et 2011 (32 ans). Les vagues en provenance de l'ENE peuvent quant à elle dépasser une hauteur de 2,5 m 4 heures en moyenne par année et même parfois (1h par année en moyenne) dépasser une hauteur de 3 m.

En identifiant la hauteur de vagues maximale annuelle pour chacune des 32 années simulées par le modèle de l'UQAR, il a été possible de calculer les périodes de retour pour les hauteurs de vagues à Pointe-aux-Outardes. À cet effet, les hauteurs maximales annuelles pour chacune des deux directions dominantes ont été traitées avec le logiciel HYFRAN afin de calculer des périodes de retour en considérant une distribution de type Gumbel.

Le tableau 5.2 affiche les périodes de retour des hauteurs de vagues à Pointe-aux-Outardes et ce, pour chacune des deux directions dominantes. Pour des périodes de retour identiques, la hauteur de vagues est plus importante pour la direction ENE par rapport à celle du SSO. Cela s'explique par le potentiel plus élevé de génération de vagues de l'ENE pour les raisons évoquées plus haut.

D'un point de vue statistique, la probabilité qu'une même année contienne à la fois une tempête de l'ENE d'une récurrence 50 ans et une autre tempête du SSO d'une récurrence de 50 ans est de $1/50^2$ puisque ces deux événements sont indépendants. Cette même approche ne pourrait toutefois pas être utilisée en combinant des événements de vagues et de niveaux d'eau puisque ces événements ne sont pas entièrement indépendants. Cet aspect est abordé à la section 5.4.

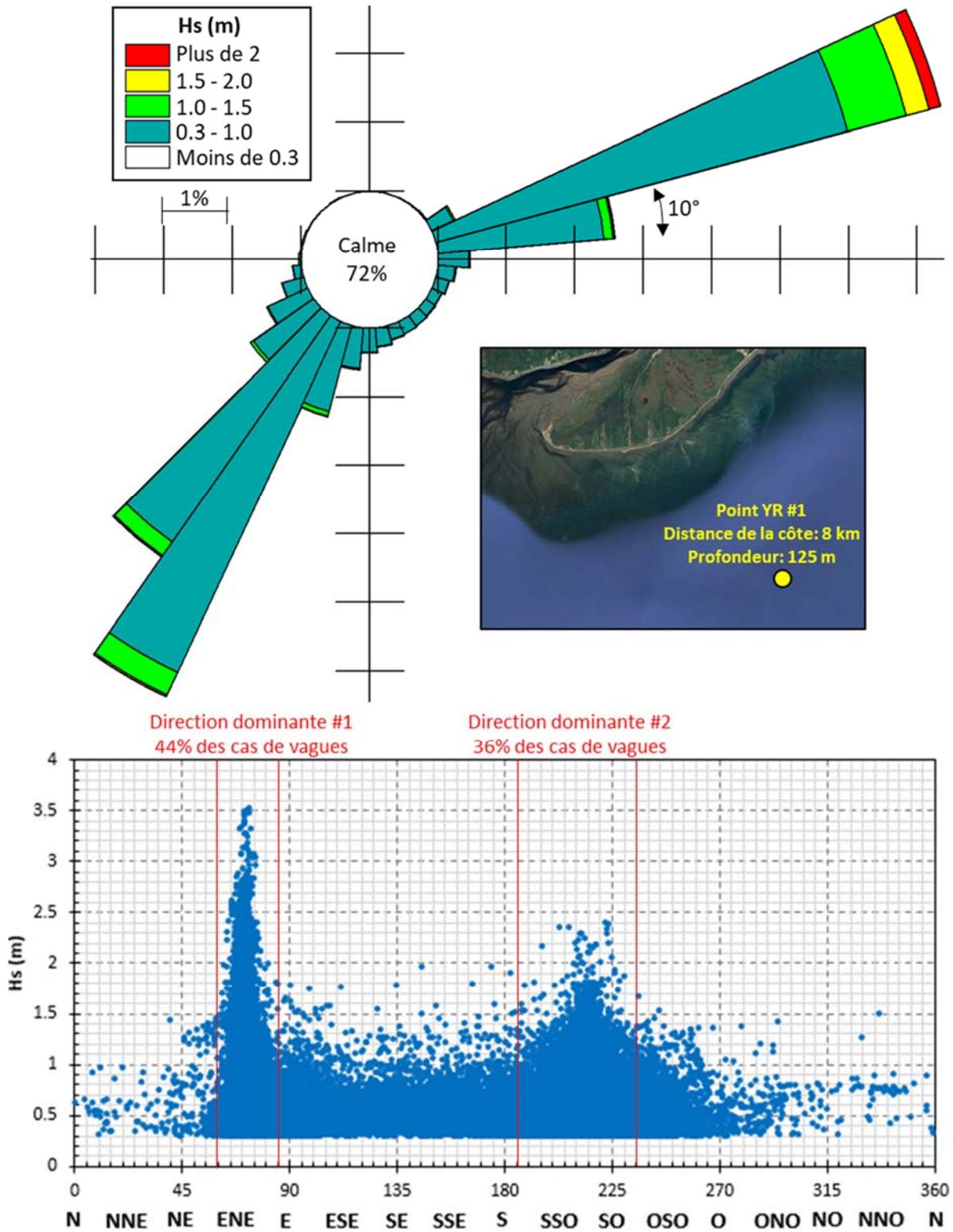


Figure 5.3 : Rose des vagues à Pointe-aux-Outardes

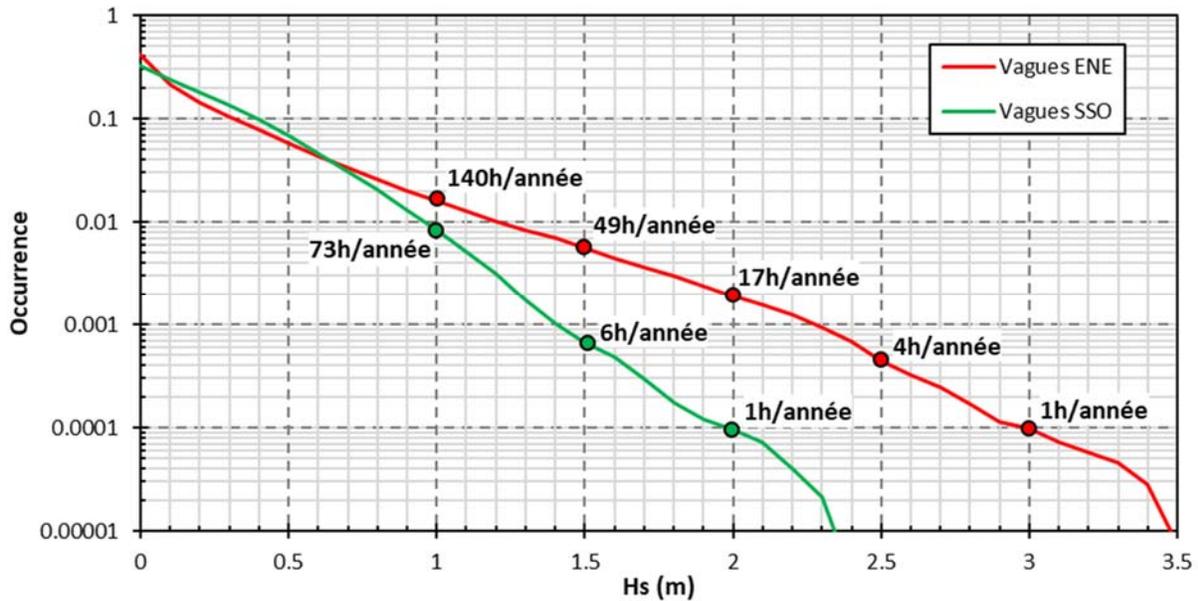


Figure 5.4 : Occurrence des vagues à Pointe-aux-Outardes

Tableau 5.2 : Période de retour des événements de vagues

T (année)	Hs (m)		
	Toutes directions confondues	ENE	SSO
2	2.3	2.3	1.6
5	2.8	2.8	1.9
10	3.2	3.2	2.0
20	3.5	3.5	2.2
50	3.9	3.9	2.4
100	4.2	4.2	2.6

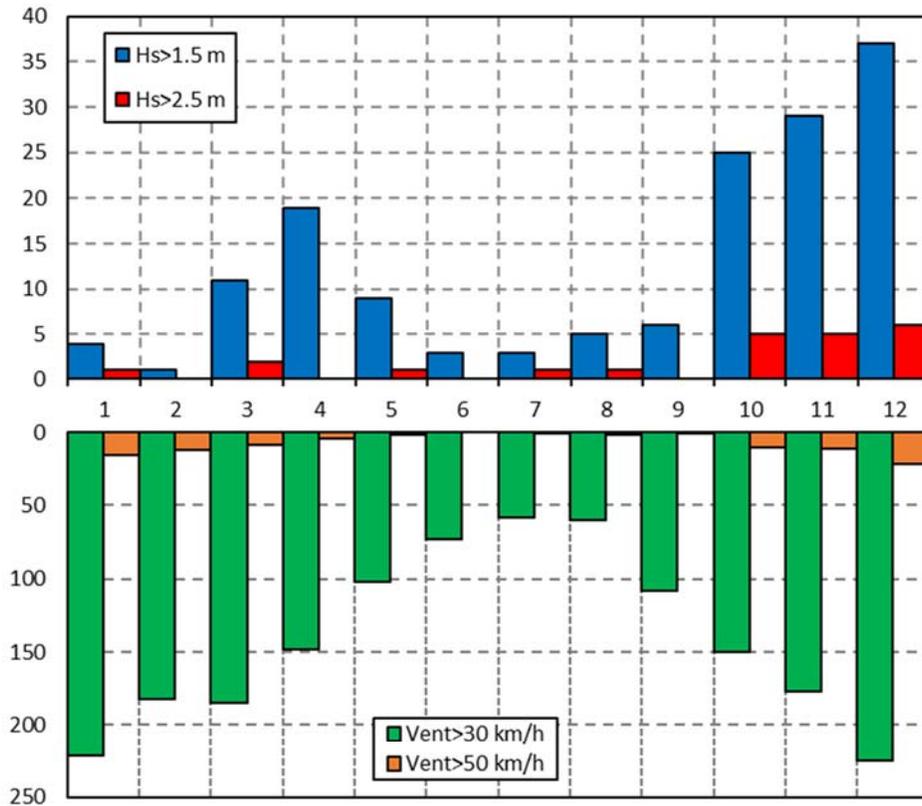
5.3.3 Saison des tempêtes et influence de la glace à la dérive

La figure 5.5a illustre la variation du nombre de tempêtes en fonction du mois de l'année. Deux saisons de tempêtes (hauteur de vagues importantes) peuvent ainsi être identifiées : la première au printemps (mars-mai) et la seconde en automne (octobre-décembre). C'est la saison d'automne qui présente les tempêtes les plus énergétiques.

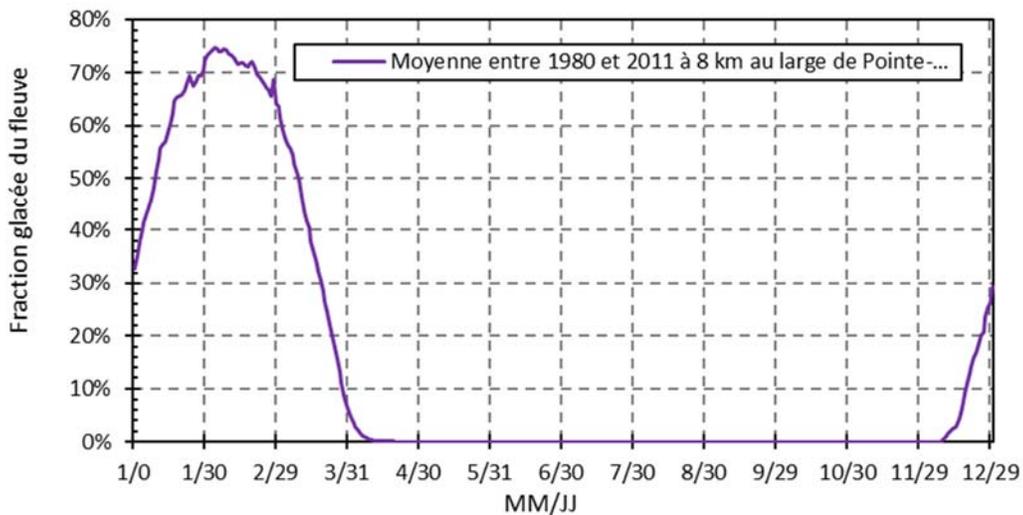
Il est intéressant de noter que la saison d'accalmie des vagues observée de juin à août coïncide également avec l'accalmie des vents durant cette même période. À l'opposé, l'accalmie des vagues en février et mars ne coïncide pas avec une accalmie des vents pour cette même période. Cette observation révèle une dissipation importante de l'énergie des vagues par la présence de glace à la dérive sur le Saint-Laurent.

En effet, la figure 5.5b affiche une fraction glacée non-négligeable du Saint-Laurent entre les mois de janvier et mars. À ce sujet, le rapport d'étude de l'ISMER sur la modélisation du régime des vagues du golfe de Saint-Laurent [6] 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 5.6 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 les mois de janvier et 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 [6]. 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 (mars-mai) sera étendue vers le mois de février. 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 mai, laissant place à une accalmie de seulement 4 mois (juin-septembre).



a) Nombre de tempêtes entre 1980 et 2011 en fonction du mois de l'année



b) Fraction glacée du fleuve Saint-Laurent en fonction du temps

Figure 5.5 : : Nombre de tempête à Pointe-aux-Outardes en fonction du mois de l'année et fraction glacée du fleuve Saint-Laurent en fonction du temps de l'année



Figure 5.6: 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 5.7 illustre la variation de la hauteur de vagues des 150 tempêtes les plus énergétiques entre 1980 et 2011. Cette figure montre que d'une manière générale, la variation de la hauteur de vagues se produit selon la forme d'une cloche.

Pour chacune des 150 tempêtes considérées, il est possible de calculer le cumulatif d'énergie de la tempête considérée (points bleus sur la figure 5.8) 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 5.8). La durée des tempêtes peut ainsi varier d'une extrême à l'autre entre 6 h et 33 h avec la majorité (90%) comprise entre 10 h et 30 h. Les simulations de tempêtes ponctuelles (sections 6.3) considèrent une durée de 18 h pour les tempêtes.

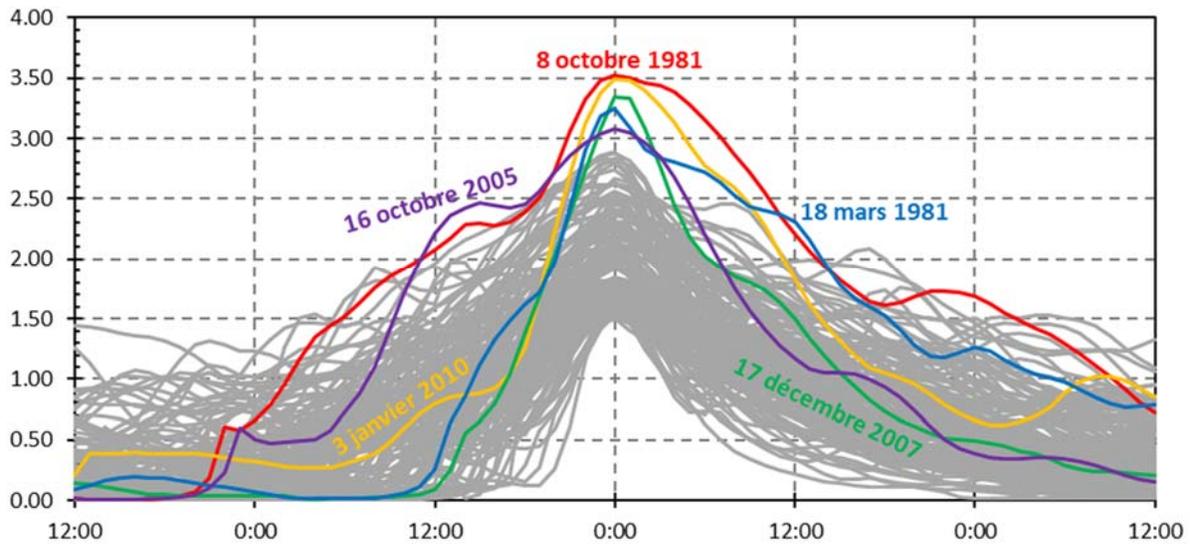


Figure 5.7: Variation de la hauteur de vagues des 150 tempêtes les plus énergétiques entre 1980 et 2011

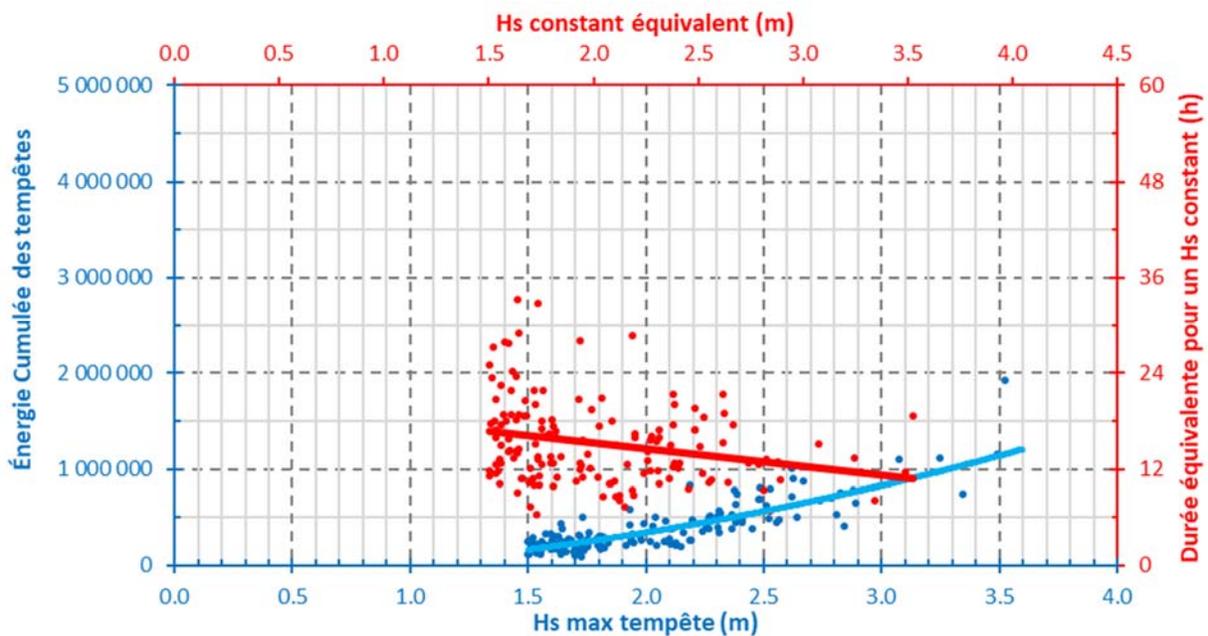


Figure 5.8: Corrélation entre la hauteur de vagues et la durée de la tempête

5.4 Probabilité combinée 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 indépendantes. 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 à évaluer le nombre de fois où un événement dépasse 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.

La figure 5.9b affiche les résultats de dépendance entre les variables de surcote et de hauteur de vagues lorsque celles-ci sont en provenance de l'ENE. Un exemple d'interprétation des résultats de ce tableau serait le suivant : si une hauteur de vague atteint 3 m, la probabilité qu'une surcote atteigne simultanément 1,2 m est de 80%. Dans une telle situation, la période de retour d'un événement de vagues de 3 m de hauteur ($P_{H_3}=1/7$) doit être multipliée par le facteur de dépendance (0,80) afin d'obtenir la période de retour combinant une hauteur de vagues de 3 m et une surcote de 1,2 m ($P_{comb}=1/9$).

Les résultats 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 de la figure 5.9b). 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.

La figure 5.10b 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'ENE. Tel qu'évoqué précédemment, une dépendance flagrante existe entre les variables de surcote 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 la figure 5.10b. 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 total de 2,5 m, une surcote doit absolument être superposée à la marée puisqu'une marée à elle seule ne dépasse jamais 2,27 m et varie essentiellement (80% du temps) entre -1,2 m et 1,2 m (voir section). Ainsi, un niveau d'eau supérieur à 2,5 m implique fort-probablement l'existence d'une surcote importante ce qui, en conséquence, implique une hauteur de vagues importante et se traduit en une forte dépendance entre les variables de niveau d'eau total et de hauteur de vagues.

Puisque la dépendance entre les variables de hauteur de vagues en provenance de l'ENE 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 de la figure 5.10). Une telle approche ne pourra toutefois pas être utilisée dans le cas des vagues du SSO.

En effet, la figure 5.10a 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 de l'estuaire du fleuve Saint-Laurent au sud-ouest de Pointe-aux-Outardes 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 dépendance moyenne (50% à 60%) peut tout de même être observée entre les variables de hauteur de vagues en provenance du SSO 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 SSO. Il sera donc nécessaire d'inclure un élément de probabilité relié à la marée afin de compléter ce calcul.

Hauteur de vagues - Hs (m)	← Décote (m)													Surcote (m) →													
	-1.3	-1.2	-1.1	-1	-0.9	-0.8	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3
0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%				
0.2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	5%	9%	11%	11%	10%	8%	6%	5%	5%	7%	5%					
0.4	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4%	8%	13%	18%	20%	18%	16%	13%	6%	10%	12%					
0.6	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	3%	7%	14%	23%	29%	28%	27%	26%	17%	19%	20%					
0.8	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	3%	7%	15%	25%	34%	35%	36%	38%	29%	29%	32%					
1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%	7%	15%	27%	37%	40%	45%	48%	40%	35%						
1.2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%	6%	14%	27%	40%	42%	52%	52%	50%	43%						
1.4	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%	3%	7%	14%	28%	44%	50%	59%	61%	61%	55%						
1.6	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	3%	7%	14%	28%	41%	49%	59%	59%	53%							
1.8	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	2%	3%	8%	14%	24%	38%	50%	61%	63%	63%							
2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%	4%	8%	16%	26%	39%	48%	57%	61%								
2.2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%	4%	7%	13%	22%	36%	45%	54%	66%								
2.4	Données insuffisantes																										
2.6	Données insuffisantes																										
2.8	Données insuffisantes																										
3	Données insuffisantes																										
3.2	Données insuffisantes																										
3.4	Données insuffisantes																										

a) Événements de vagues en provenance du SSO

Hauteur de vagues - Hs (m)	← Décote (m)													Surcote (m) →													
	-1.3	-1.2	-1.1	-1	-0.9	-0.8	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3
0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
0.2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	4%	14%	30%	44%	47%	44%	40%	35%	31%	28%	27%	25%	23%	22%	21%	19%
0.4	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	4%	13%	31%	48%	56%	55%	53%	49%	44%	39%	37%	34%	32%	30%	31%	28%
0.6	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	4%	11%	28%	47%	59%	62%	61%	59%	52%	48%	46%	43%	40%	38%	39%	36%
0.8	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	3%	10%	25%	46%	60%	66%	67%	65%	59%	56%	54%	51%	48%	46%	46%	43%
1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	3%	9%	24%	44%	61%	68%	71%	70%	65%	62%	60%	57%	54%	52%	52%	48%
1.2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	3%	8%	22%	42%	60%	68%	72%	73%	68%	66%	65%	62%	59%	57%	57%	53%
1.4	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%	8%	21%	40%	58%	68%	72%	73%	69%	67%	69%	66%	63%	61%	60%	57%
1.6	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%	7%	19%	38%	56%	67%	72%	73%	70%	70%	73%	69%	66%	65%	63%	61%
1.8	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%	6%	17%	36%	53%	66%	72%	74%	71%	70%	74%	71%	67%	65%	63%	61%
2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%	6%	17%	34%	51%	64%	70%	73%	71%	72%	76%	72%	68%	68%	65%	63%
2.2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%	6%	16%	32%	49%	61%	68%	72%	72%	73%	76%	73%	70%	71%	69%	67%
2.4	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%	5%	14%	30%	46%	59%	66%	72%	74%	76%	80%	77%	74%	75%	74%	72%
2.6	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	5%	13%	27%	43%	55%	63%	69%	73%	76%	79%	78%	75%	75%	75%	73%
2.8	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	4%	12%	25%	40%	52%	61%	67%	71%	76%	79%	81%	79%	78%	80%	78%
3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	4%	11%	24%	38%	49%	59%	64%	65%	71%	72%	76%	71%	74%	80%	78%
3.2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	4%	11%	23%	37%	48%	56%	62%	63%	68%	71%	73%				
3.4	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	3%	10%	21%	35%	46%	56%	59%	56%	63%	70%					
	Données insuffisantes																										

b) Événements de vagues en provenance de l'ENE

Figure 5.9 : Dépendance entre la hauteur de vagues et les surcotes

		Niveau d'eau - NMM (m) →																														
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3
Hauteur de vagues - Hs (m) ↓	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	0.2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	1%	1%	2%	2%	3%	3%	3%	3%	4%	4%	4%	4%	5%	6%	1%	6%	11%					
	0.4	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	3%	3%	4%	4%	5%	5%	5%	5%	7%	7%	5%	10%	21%					
	0.6	1%	1%	1%	1%	1%	2%	3%	3%	3%	3%	4%	4%	4%	6%	5%	5%	6%	8%	8%	8%	7%	11%	11%	12%	18%						
	0.8	1%	1%	1%	1%	1%	2%	2%	2%	2%	1%	1%	1%	1%	3%	3%	5%	4%	5%	5%	8%	7%	8%	11%	19%	20%	17%					
	1	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	1%	1%	1%	1%	0%	0%	-1%	0%	3%	5%	4%	8%	14%	21%	21%							
	1.2	2%	2%	2%	1%	1%	1%	0%	1%	1%	2%	1%	3%	3%	5%	6%	5%	10%	10%	7%	10%	16%	21%	21%								
	1.4	4%	4%	4%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	2%	2%	5%	4%	7%	8%	6%	8%	8%	7%	-5%											
	1.6	4%	3%	3%	3%	2%	2%	3%	4%	6%	2%	3%	4%	2%	5%	3%	4%	4%														
	1.8	8%	10%	11%	11%	12%	14%	16%	17%	18%	14%	16%	18%	19%	20%	15%	17%	18%														
	2	7%	9%	9%	9%	10%	12%	14%	15%	16%	16%	17%	21%	21%	20%																	
	2.2	-6%	-5%	-3%	-1%	-5%	-3%	-1%	1%	4%	7%	10%	14%	18%																		
	2.4																															
2.6																																
2.8																																
3																																
3.2																																
3.4																																

a) Événements de vagues en provenance du SSO

		Niveau d'eau - NMM (m) →																														
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3
Hauteur de vagues - Hs (m) ↓	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
	0.2	8%	8%	8%	9%	9%	9%	10%	10%	10%	11%	11%	12%	12%	12%	12%	12%	11%	11%	12%	12%	12%	12%	14%	16%	18%	19%	20%	20%	19%	18%	
	0.4	8%	8%	8%	9%	9%	10%	10%	11%	11%	12%	13%	13%	13%	14%	14%	14%	14%	15%	16%	16%	16%	17%	20%	23%	28%	30%	30%	29%	29%	28%	
	0.6	8%	8%	8%	9%	9%	9%	10%	11%	12%	12%	13%	13%	13%	15%	15%	16%	16%	18%	20%	20%	20%	22%	25%	28%	34%	38%	37%	37%	35%		
	0.8	7%	7%	8%	8%	9%	9%	10%	11%	12%	13%	13%	14%	15%	17%	17%	17%	18%	20%	23%	24%	25%	28%	31%	34%	40%	44%	44%	44%	43%	42%	
	1	8%	8%	9%	10%	10%	10%	12%	13%	14%	15%	16%	17%	19%	20%	20%	21%	23%	24%	27%	28%	29%	32%	36%	39%	44%	50%	49%	50%	49%	47%	
	1.2	9%	9%	10%	10%	10%	10%	12%	13%	15%	16%	17%	18%	20%	22%	23%	24%	25%	26%	30%	31%	31%	35%	39%	42%	48%	54%	55%	55%	54%	52%	
	1.4	9%	9%	10%	11%	12%	12%	13%	15%	16%	17%	18%	19%	22%	23%	24%	24%	24%	26%	31%	32%	32%	35%	39%	43%	48%	55%	57%	59%	58%	56%	
	1.6	9%	9%	10%	10%	11%	11%	12%	14%	15%	17%	17%	19%	22%	24%	24%	25%	25%	27%	30%	31%	31%	36%	41%	44%	53%	58%	59%	61%	62%	60%	
	1.8	9%	10%	11%	11%	11%	12%	13%	14%	15%	16%	17%	19%	21%	23%	25%	26%	25%	27%	30%	31%	33%	37%	41%	44%	53%	58%	60%	61%	63%	64%	
	2	9%	9%	9%	10%	10%	11%	12%	13%	14%	15%	17%	18%	20%	22%	25%	27%	26%	29%	31%	34%	38%	41%	45%	48%	56%	61%	62%	62%	63%	68%	
	2.2	8%	8%	8%	9%	9%	10%	11%	12%	14%	15%	17%	18%	20%	23%	27%	28%	28%	30%	33%	35%	40%	44%	47%	50%	56%	59%	66%	65%	67%	71%	
	2.4	8%	8%	8%	9%	9%	9%	10%	11%	12%	14%	15%	17%	19%	22%	26%	27%	29%	30%	34%	35%	39%	44%	47%	47%	46%	53%					
2.6	8%	7%	6%	7%	8%	6%	8%	9%	9%	12%	14%	15%	16%	19%	21%	22%	27%	32%	36%	37%	42%	47%	45%									
2.8	11%	10%	9%	10%	11%	9%	10%	11%	11%	13%	14%	16%	20%	24%	25%	28%	32%	37%	41%	43%	47%	50%	52%									
3	11%	12%	11%	11%	13%	11%	12%	13%	13%	15%	15%	17%	20%	24%	26%	28%	32%	37%	39%	42%	44%	50%										
3.2	10%	12%	11%	13%	14%	12%	14%	15%	12%	15%	12%	15%	19%	22%	26%	30%	34%	39%	40%	41%	46%	52%										
3.4	8%	9%	7%	8%	10%	7%	9%	6%	9%	11%	14%	18%	21%	24%	28%	31%	35%	39%														

b) Événements de vagues en provenance de l'ENE

Figure 5.10: Dépendance entre la hauteur de vagues et les niveaux d'eau

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 5.3.2) 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.

Le tableau 5.3 dresse une liste de tempêtes typiques à Pointes-aux-Outardes 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 puisque les tempêtes B2 et C2 sont en provenance du SO, leurs niveaux d'énergie sont plus faibles par rapport aux tempêtes de l'ENE de même récurrence (B1 et C1).

Tableau 5.3: Périodes de retour d'événements de tempête

Tempête	T (années)	Hs (m)	Tp (s)	Direction	Niveau d'eau maximum NMM (m)
A1	5	2.3	5.3	73° (ENE)	2.5
B1	10	2.6	5.5	73° (ENE)	2.7
C1	20	3	5.9	73° (ENE)	2.8
D1	50	3.3	6.2	73° (ENE)	2.9
E1	100	3.6	6.5	73° (ENE)	3
B2	10	1.7	4.1	223° (SO)	1.9
C2	20	1.9	4.2	223° (SO)	2.1

5.5 Récapitulatif des conditions maritimes

Les éléments clés à retenir sont les suivant :

- Le climat de vagues à Pointe-aux-Outardes se caractérise par deux directions dominantes, soit l'ENE et le SO.
- Les vagues de l'ENE 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'ENE et de 9 ans pour celles du SO.
- La présence d'un couvert de glace dans le golfe entre janvier et 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 2,27 m (NMM). Toutefois en additionnant la contribution des surcotes, le niveau d'eau peut largement dépasser ce seuil.

-
- La période de retour des niveaux d'eau supérieurs à 2,5 m (NMM) est d'environ 2 ans alors que pour les niveaux excédant 3 m, elle est de 50 ans.
 - Les vagues importantes en provenance de l'ENE sont souvent accompagnées de niveaux d'eau élevés en raison de la forte dépendance entre ces éléments (jusqu'à 80%). Toutefois les vagues en provenance du SO ne sont pas nécessairement associées à des niveaux d'eau élevés en raison d'une faible dépendance.

6. CARACTÉRISATION DE LA DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE ACTUELLE

6.1 Analyse historique de la dynamique sédimentaire du site

6.1.1 Spécificités du site

La présente analyse se base principalement sur des observations ayant été effectuées à partir de photos aériennes et satellites historiques. À cet effet, la section 6.1.4 permettra de valider les conclusions émises dans cette section à l'aide de résultats de modélisation numérique. Avant d'entamer la présentation des résultats de l'analyse de la dynamique sédimentaire, il est important de définir certains termes qui seront utilisés tout au long de ce chapitre :

- Ligne de plage
- Ligne de haut de talus
- Ligne de bas de talus

Ligne de plage : Tel qu'illustré sur la figure 6.1, la ligne de plage se définit comme étant l'isobathe de l'élévation 0 m (datum en NMM). Au fil des années, la ligne de plage peut subir un recul (érosion) ou une avancée (accrétion). Bien que de légères fluctuations de tendance peuvent être observées à l'intérieur d'une même année ou même d'une année à l'autre, la tendance générale au déplacement de la ligne de plage dépend essentiellement du bilan sédimentaire à long-terme (plusieurs années).

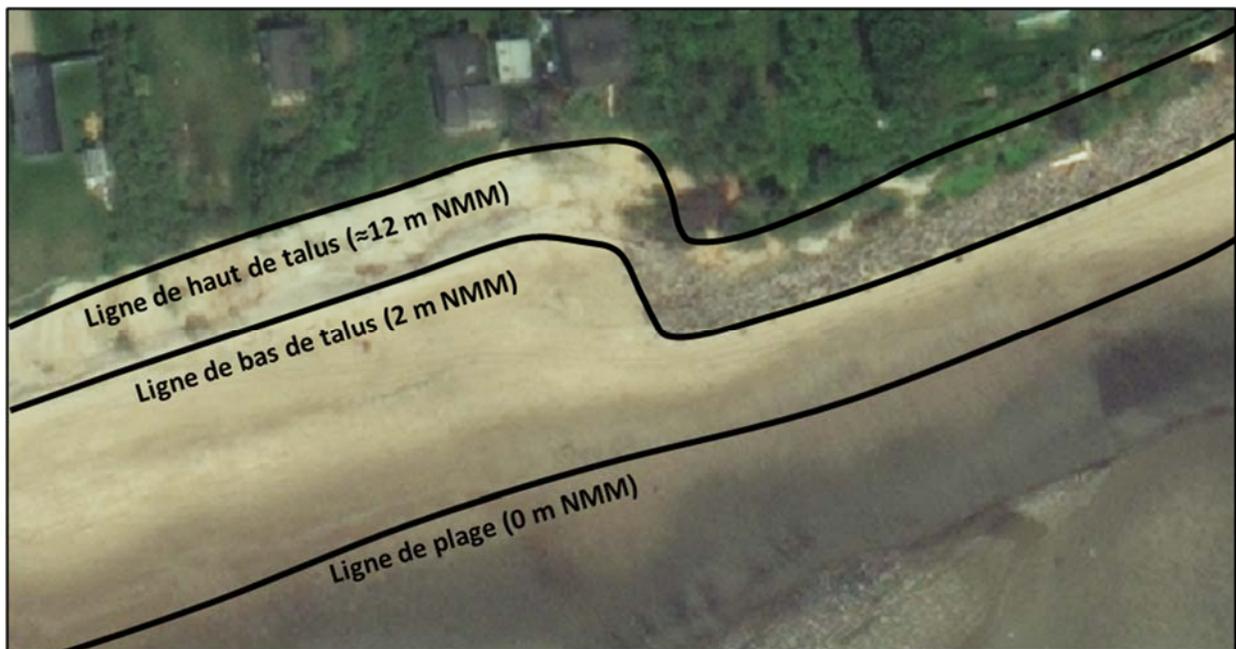


Figure 6.1 : Définition des lignes de plage, de bas de talus et de haut de talus

Ligne de haut de talus : La ligne de haut de talus se caractérise par le sommet de la falaise de matériaux meubles. Dans le cas de Pointe-aux-Outardes, cette ligne se localise approximativement à une élévation de 12 m et coïncide souvent avec la ligne de début de végétation (voir figure 6.1). Même si la ligne de haut

de talus est située bien au-delà du niveau d'eau maximum, elle peut tout de même subir un recul (érosion) par un processus de décrochement. Ainsi, il est impossible pour une ligne de haut de talus, contrairement à une ligne de plage, de subir un processus de reconstruction naturelle (accrétion).

Ligne de bas de talus : La ligne de bas de talus correspond au pied de la falaise de matériaux meubles. Dans le cas de Pointe-aux-Outardes, cette ligne se localise approximativement à une élévation de 2 m, soit à proximité des fondations de plusieurs enrochements (voir figure 6.1). Entre les lignes de bas et de haut de talus, la pente de la falaise est souvent abrupte, celle-ci pouvant même atteindre la pente maximale d'équilibre. Pour cette raison, un recul dû à l'érosion par les vagues de la ligne de bas de talus se traduira souvent par des décrochements successifs dans la partie supérieure du talus, jusqu'à atteindre l'angle de repos naturel du sable, qui est de l'ordre de 25° à 30°, ce qui impliquera une perte supplémentaire de terrain au sommet, conduisant à un recul similaire de la ligne de haut de talus. C'est également pour cette raison que les patrons de déformation sont pratiquement les mêmes entre les lignes de bas et de haut de talus. Puisque les niveaux d'eau supérieurs à 2 m se produisent souvent durant les temps de tempêtes (et non en temps calme), il devient presque impossible pour une ligne de bas de talus de bénéficier d'un processus de reconstruction naturelle sous l'action de petites vagues.

Un recul récurrent de la ligne de plage, engendré par un transport littoral longitudinal conduisant à un bilan sédimentaire déficitaire, se répercutera à terme en un recul de la ligne de bas de talus et donc, à un recul de la ligne de haut de talus suite à un décrochement. Toutefois lorsque la ligne de bas de talus subit un recul, cela ne signifie pas nécessairement que la ligne de plage (élévation 0 m NMM) a également subi un recul. En effet, la figure 6.1 montre que la ligne de bas de talus a subi une érosion (discontinuité à l'isobathe 2 m NMM) alors que la ligne de plage (0 m NMM) est restée pratiquement inchangée depuis les dernières années. Cette constatation révèle donc la nécessité d'analyser indépendamment les concepts de bilan sédimentaire au niveau de la ligne de plage (0 m NMM) et au niveau du bas de talus (2 m NMM) afin de bien caractériser la dynamique hydro-sédimentaire de la plage de Pointe-aux-Outardes. À cet effet, la section 6.1.4, portant sur la modélisation du transport littoral à long-terme, offre des analyses indépendantes de ces deux concepts.

6.1.2 Analyse des photos satellites historiques

Les photos aériennes historiques disponibles à partir de 1970 ainsi que les photos satellites récentes ont été mises à profit afin d'étudier la dynamique sédimentaire de la plage de Pointe-aux-Outardes. La figure 6.2 affiche l'évolution de la plage entre les années 1970 et 2017. Cette figure montre qu'avant 1996, les zones identifiées par des rectangles rouges ne présentent pas de recul notable du haut de talus. Toutefois à partir de 1996, un recul important de la ligne de haut de talus peut être observé dans ces zones. Cette variation soudaine du comportement hydro-sédimentaire de la plage de Pointe-aux-Outardes est en grande partie le résultat de la construction de divers ouvrages de protection côtière qui tendent à impacter le transport littoral.

En observant la forme de la plage à proximité de l'épi (ancien quai / rampe de mise à l'eau)¹ sur la figure 6.3a, il est possible de constater que le transport littoral net est orienté vers l'ouest. En effet, la plage est plus large en amont de l'épi (soit à l'est de celui-ci) et plus étroite en aval de l'épi (soit à l'ouest de celui-ci). L'ancien quai (l'épi) intercepte donc une fraction importante du transport littoral net qui transite d'est vers l'ouest. Cela a pour effet de générer une zone propice à l'érosion en aval de l'épi (à l'ouest) en raison du déficit d'apport de sédiments engendré par la présence de l'épi. Pour contrer cette érosion, un perré en enrochement a été érigé à l'ouest de l'épi. Il faut toutefois noter que ce perré en enrochement n'élimine pas la problématique d'érosion, celle-ci est déplacée plus loin à l'ouest. En effet, la figure 6.3b affiche un recul de haut de talus d'environ 30 m à l'extrémité ouest du perré en enrochement. Ce recul important est dû au fait que la transition d'une berge blindée par de l'enrochement vers une berge naturelle engendre un déficit important d'apport de sédiments et, en conséquence, cela favorise l'érosion du tronçon directement adjacent à l'extrémité ouest du perré. À cet effet, le concept du déficit d'apport de sédiments est expliqué en détails à la section 6.1.4 de ce rapport.

À l'est de l'épi de la mise à l'eau, quelques perrés en enrochement (discontinus) peuvent être observés sur les figures 6.4 à 6.6. Ces perrés en enrochements ont pour effet de générer un déficit d'apport de sédiments à chacune de leurs extrémités, conduisant au recul du haut de plage (ou pied de falaise, ou encore bas de talus) puis au décrochement de la falaise. Pour cette raison, des reculs importants du haut de talus peuvent être observés à proximité de ces enrochements (voir figures 6.4 à 6.6 en exemple).

Les perrés en enrochement à l'Est de l'épi semblent avoir été construits entre 1996 et 2005. En effet, les photos aériennes historiques présentées à la figure 6.2 révèlent des reculs importants du haut de talus uniquement à partir de cette période (bien visibles en 2005, voir encadrés en rouge). La figure 6.7, qui permet de comparer la position du haut de talus entre les années 2001 et 2017, montre des reculs pouvant atteindre 30 m à proximité de ces enrochements et ce, à l'intérieur d'une période de 16 ans. Les figures 6.4 à 6.6 permettent, quant à elles, de bien voir le recul de la position du haut de talus ; des zones avec des arbres identifiées par les encadrés en rouge ont été érodées entre les années 2001 et 2017.

Sur la base de l'analyse des photos historiques, les problématiques de forte érosion observées sur les plages de Pointe-aux-Outardes semblent majoritairement être dues à des déficits d'apport de sédiments engendrés par les divers ouvrages de protection côtière (épis et enrochements). Ce processus d'érosion, bien qu'il soit plus évident à apercevoir durant les événements de fortes tempêtes, se produit sur le long terme (plusieurs années). À ce sujet, la section 6.1.4 de ce rapport, qui porte sur la modélisation du transport littoral à long terme, permet de confirmer cette hypothèse en comparant les résultats avec et sans la présence de ces ouvrages de protection côtière.

¹ L'ancien quai ou actuelle rampe de mise à l'eau a été construit avant 1931, selon les informations disponibles. Initialement le quai était une structure avec des caissons en bois reliés par des passerelles (« block and span ») et permettait une certaine circulation des sédiments entre l'est et l'ouest. Dans les années 1980 et 1990 le quai a été progressivement consolidé avec des enrochements de part et d'autre bloquant ainsi la circulation des sédiments entre l'est et l'ouest, la structure devient alors comparable à un épi. Dans les années 1970 et 1980 des perrés en enrochements ont été mis en place à l'ouest de l'épi pour protéger la plage contre l'érosion accrue due à la présence de l'épi.

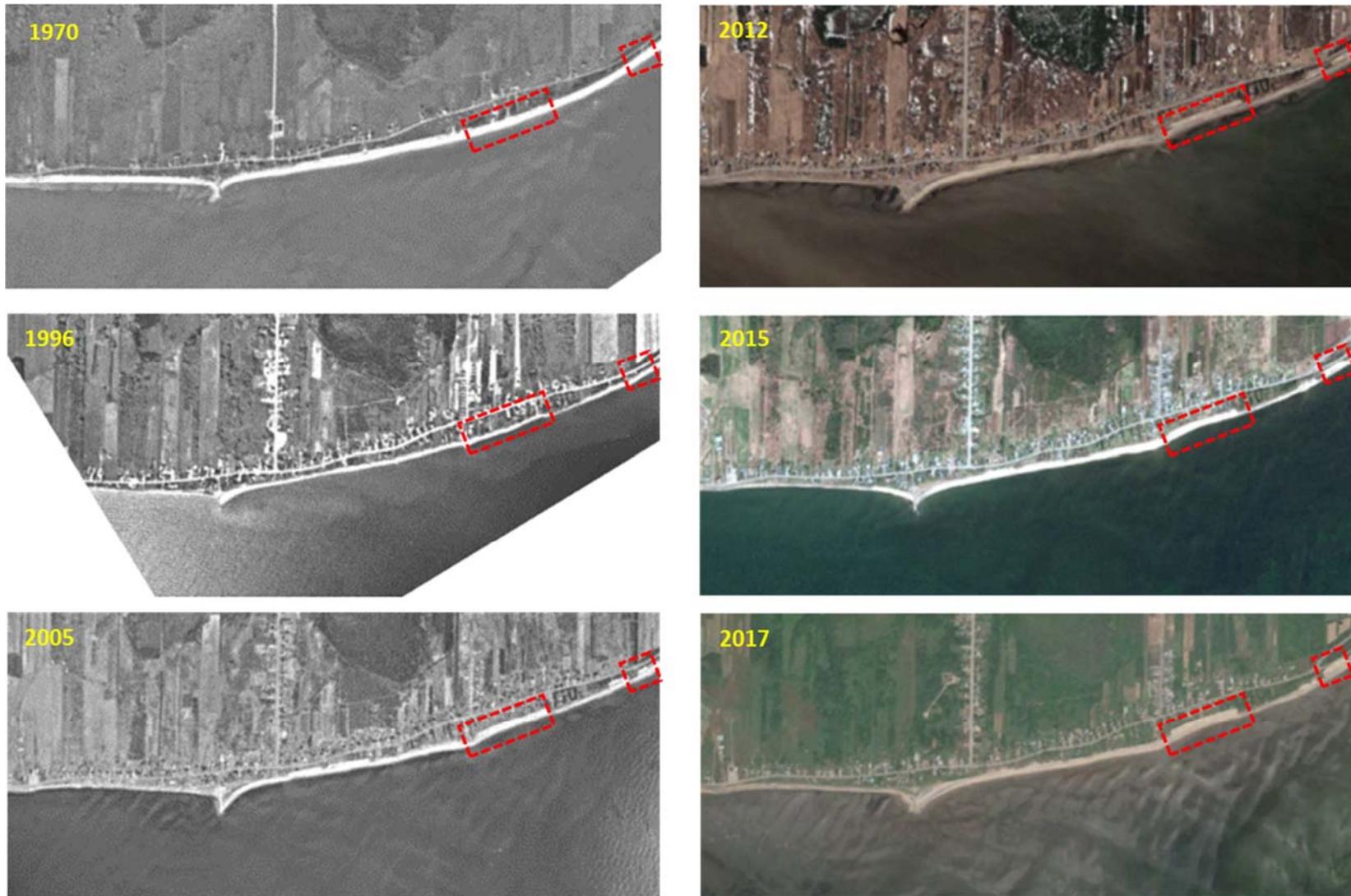


Figure 6.2 : Photos aériennes et satellites historiques



a) Vue d'ensemble



b) Zoom sur la fin de l'enrochement

Figure 6.3 : Érosion dans le secteur Ouest de Pointe-aux-Outardes



Figure 6.4 : Comparaison des photos obliques prises en 2010 et en 2017



Figure 6.5: Comparaison des photos obliques prises en 2010 et en 2017 – suite 1



Figure 6.6: Comparaison des photos obliques prises en 2010 et en 2017 – suite 2



Figure 6.7 : Comparaison de la position du haut de talus entre 2001 et 2017

6.1.3 Impacts engendrés par les murs en enrochement

Dans un contexte de problématique d'érosion due à un déficit d'apport de sédiments, le taux de recul d'une ligne de plage dépend essentiellement de deux paramètres, soit le gradient de transport littoral et la profondeur active de la plage. La mise en place d'un perré en enrochement engendre des altérations au niveau de ces deux éléments, ce qui, en conséquence, modifie le taux de recul de la plage. Les explications de ce phénomène suivent dans cette section.

Le lien physique entre le taux de recul, le gradient de transport et la profondeur active est illustré sur la Figure 6.8. La profondeur active (ou de fermeture) correspond typiquement à la portion du profil où se produit l'essentiel du transport sédimentaire. Pour un site donné, cette profondeur ne devrait pas varier significativement. Dans le cas de la plage de Pointe-aux-Outardes, la profondeur active a été estimée à 2,5 m et les détails concernant ce chiffre sont présentés à la section 6.1.4.

Tel qu'indiqué dans la formule de la Figure 6.8, une plage possédant une profondeur de fermeture plus importante subira un recul (ou une avancée) moins élevé. En d'autres termes, la plage requiert un plus gros volume de sédiments pour qu'un certain recul (ou une avancée) de la ligne de plage soit observé.

Dans le cas d'une plage avec des dunes de sable au sommet, la hauteur de la dune de sable vient s'ajouter à la profondeur active de la plage lorsqu'il est question d'un recul de la ligne de plage (mais pas dans le cas d'une avancée). En effet lorsque la ligne de bas de la dune subit un recul (érosion), cela se répercute par un apport supplémentaire de sable, qui alimente la portion active de la plage. Pour cette raison, une plage possédant en son sommet des dunes de hauteur importante, subira un recul plus lent.

Dans le cas de Pointe-aux-Outardes, les falaises de sable sont d'une hauteur de plus de 12 m à plusieurs endroits (voir figure 6.9a). Ces falaises de sable ont une influence importante au niveau du taux de recul de la ligne de plage parce qu'elles fournissent un apport supplémentaire en sable sur la plage par décrochement, au fur et à mesure qu'elles reculent, comme le fait une dune. En considérant les falaises de sable de Pointe-aux-Outardes comme des dunes dans le calcul (même si elles sont très différentes morphologiquement), cela diminue le taux de recul d'un facteur 6 (14.5 m au lieu de 2.5 m pour la profondeur active).

En présence d'un perré en enrochement, les matériaux offerts par les falaises de sable ne sont plus calculés comme des dunes de sable dans le modèle car la base de la falaise est protégée de l'érosion par l'enrochement, ce qui empêche les décrochements et l'apport en sable sur la plage (voir figure 6.9b). Dans un tel contexte, le perré en enrochement accélère le recul de la ligne de plage (0 m NMM) en dessous de la base du perré en diminuant la profondeur active de la plage (2.5 m au lieu de 14.5 m dans le cas de Pointe-aux-Outardes). Bien que le perré en enrochement ne soit pas érodable en tant que tel, sa fondation peut se faire éroder et potentiellement mener à un affaissement de la structure.

Un perré en enrochement engendre aussi un impact au niveau du gradient de transport littoral à ses extrémités. Tel qu'illustré sur la figure 6.9c, la transition du perré en enrochement, celui-ci étant non érodable, vers la plage naturelle, celle-ci étant composée de matériaux érodables, provoque un gradient

positif important de transport littoral. C'est pour cette raison que des zones d'érosion majeures sont observées en aval (par rapport au transport littoral) des perrés en enrochement à Pointe-aux-Outardes.

L'impact engendré par les perrés en enrochement au niveau du gradient de transport littoral devient particulièrement important en période de tempête à niveau d'eau élevé (plus de 1,5 m NMM) en raison de l'élévation du pied de ces perrés en enrochement qui se situe à environ 1,5 m. Toutefois en période de tempête à niveau d'eau bas (moins de 1 m), les perrés en enrochement n'engendrent pas d'impact significatif au niveau du gradient de transport littoral puisqu'ils sont localisés plus haut sur la plage (élevations de 1,5 m et plus). Pour cette raison, un perré en enrochement engendre des impacts différents au niveau de la ligne de bas de talus (particulièrement affecté en épisode de tempêtes à niveau d'eau élevé) et au niveau de la ligne de plage (affectée par l'ensemble des événements de vagues). C'est pour cette raison que les patrons de déformation, illustrés sur la figure 6.1, sont différents entre les isobathes 2 m (ligne de bas de talus) et 0 m (ligne de plage). En conséquence, il devient impératif d'analyser indépendamment les concepts de bilan sédimentaire au niveau de la ligne de bas de talus (2 m) et de la plage (0 m) afin de bien caractériser la dynamique hydro-sédimentaire de la plage de Pointe-aux-Outardes.

Il a été mentionné précédemment qu'il est pratiquement impossible pour une ligne de bas de talus (2 m) de subir un processus de reconstruction naturelle puisque les niveaux d'eau supérieurs à 2 m se produisent souvent durant les temps de tempêtes (et non en temps calme). Or, la ligne de bas de talus (2 m) est particulièrement impactée par la présence des perrés en enrochement créant une discontinuité dans le transport. Ainsi, ces derniers ont tendance à accélérer l'érosion de la ligne de bas de talus de part et d'autre de l'enrochement.

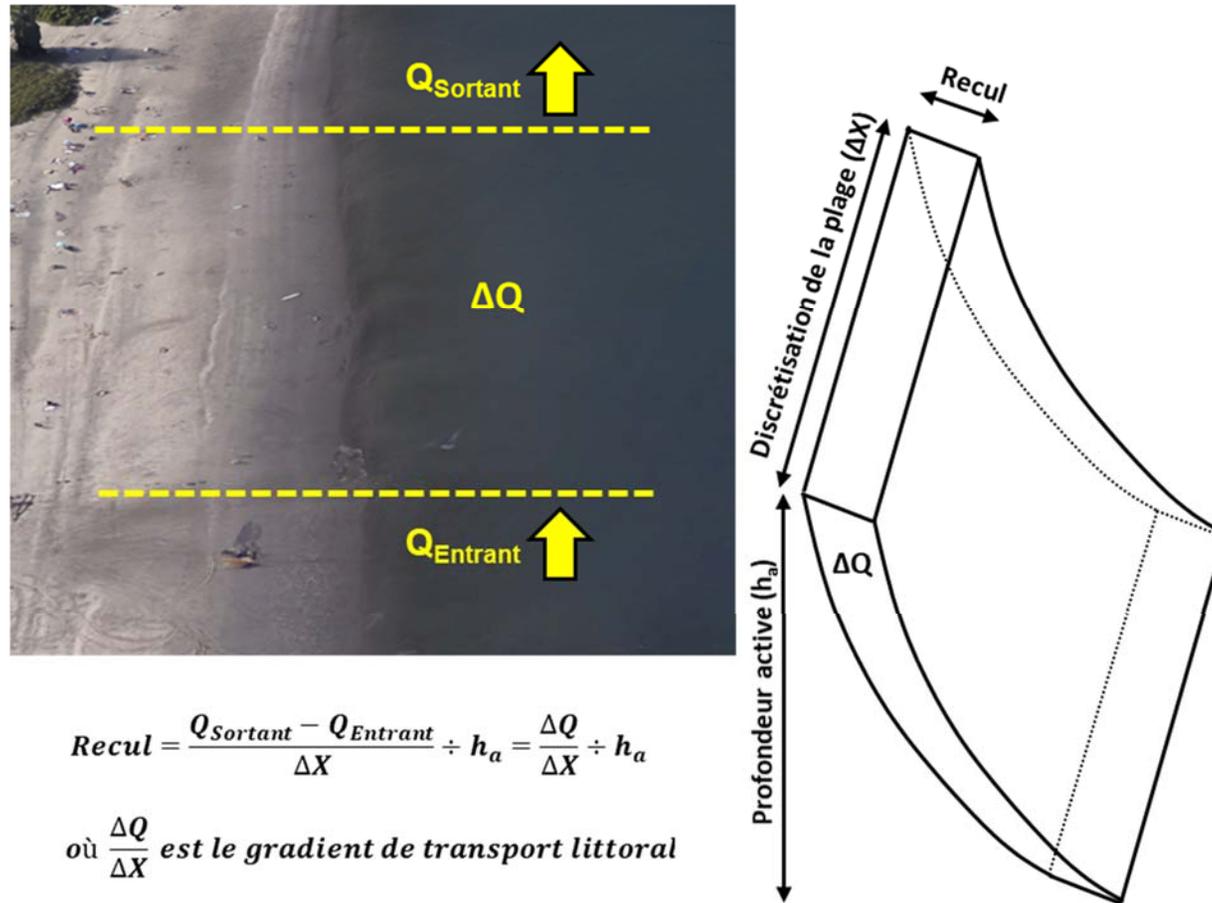
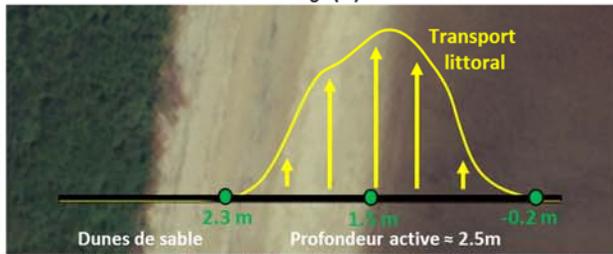
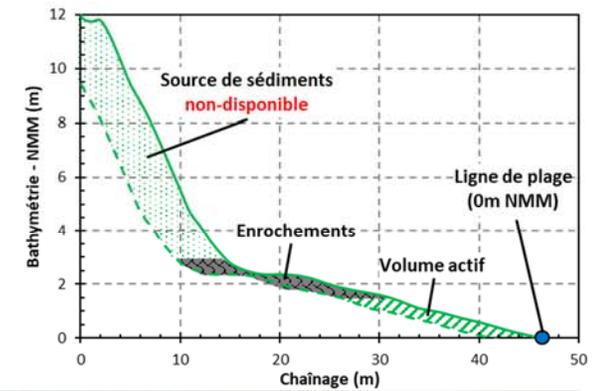
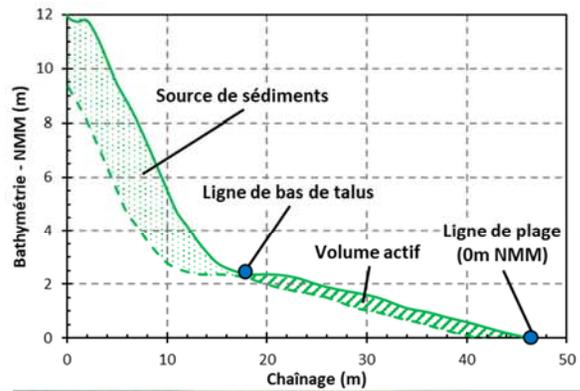


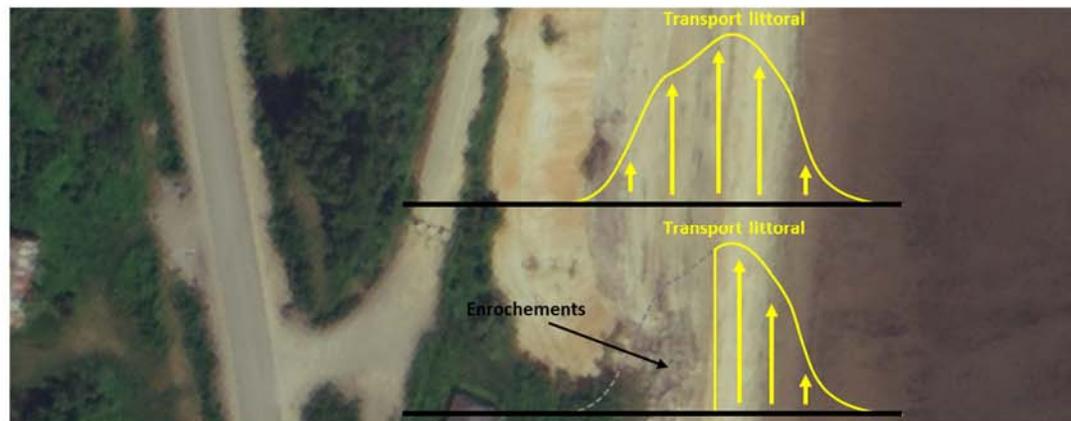
Figure 6.8 : Illustration du mécanisme d'érosion engendré par un déficit au niveau du bilan sédimentaire



a) Mécanisme de recul d'une ligne de plage à l'état naturel



b) Mécanisme de recul d'une ligne de plage possédant un mur en enrochement



c) Gradient de transport positif à l'extrémité du mur en enrochements

Figure 6.9 : Impacts engendrés par un perré en enrochement

6.1.4 Récapitulatif des principaux points de la dynamique de la plage de Pointe-aux-Outardes et des contraintes à considérer pour la modélisation numérique

Une bonne compréhension des spécificités hydro-sédimentaires d'un site est primordiale pour monter un modèle de transport littoral à long-terme permettant de schématiser aussi fidèlement que possible le comportement hydro-sédimentaire de la plage. À la lumière de l'analyse présentée dans l'ensemble de la section 6.1, ces spécificités peuvent se résumer comme suit :

- Il est presque impossible pour une ligne de bas de talus (2 m NMM) de subir un processus de reconstruction naturelle (accrétion) puisque les niveaux d'eau supérieurs à 2 m se produisent souvent durant les temps de tempêtes (et non en temps calme);
- À l'opposé, la ligne de plage (0 m NMM) peut subir un processus de reconstruction naturelle (accrétion)
- Lorsqu'une falaise de matériaux meubles subit une érosion et un décrochement, une quantité supplémentaire de sédiments devient disponible pour alimenter la portion active de la plage permettant ainsi de ralentir le recul de la ligne côte (mais pas la ligne de bas de talus);
- En présence d'un perré en enrochement, les matériaux meubles de la falaise ne deviennent plus disponibles car ils sont à l'abri derrière le perré;
- L'influence des perrés en enrochement est différente sur les lignes de plage (0 m) et de bas de talus (2 m);

6.2 Modélisation du transport littoral à long terme

6.2.1 Méthodologie employée

La modélisation du transport littoral à long-terme (plusieurs années, décennies) permet d'anticiper l'évolution de la ligne de plage 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 pour 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 à discrétiser une ligne de plage en un nombre défini de transects et de calculer le transport littoral en 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 plage 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 des plus aboutis. L'hypothèse

de quasi-uniformité de la bathymétrie doit toutefois être respectée afin de permettre l'utilisation de ce modèle.

Dans le cas de Pointe-aux-Outardes, l'ensemble de la plage se caractérise par une courbure importante de la ligne de plage. Pour cette raison, 4 modèles LITPACK (au lieu d'un seul) ont été utilisés dans le but de respecter l'hypothèse de quasi-uniformité de la bathymétrie (voir figure 6.10).

Chacun des 4 modèles LITPACK reçoivent des intrants de niveaux d'eau découlant directement du modèle de l'ISMER pour la période comprise entre 1980 et 2011 (section 5.2.3). Les intrants de niveaux d'eau utilisés par le modèle LITPACK varient donc dans le temps. Les modèles LITPACK reçoivent aussi les intrants de vagues, provenant originalement du modèle de l'UQAR (section 5.3), qui ont été transformées à l'aide du modèle bidimensionnel de transformation de vagues. À ce propos, les données de vagues utilisées en tant qu'intrants par les modèles LITPACK ont été extraites à une distance d'environ 500 m de la plage de Pointe-aux-Outardes afin de profiter autant que possible des avantages apportés par le modèle 2D pour ce qui a trait à la transformation bidimensionnelle des vagues. Les intrants de vagues utilisés par le modèle LITPACK varient donc dans le temps ainsi que dans l'espace (le long des conditions frontières).

La figure 6.11 illustre la répartition du transport littoral le long d'un profil perpendiculaire à la ligne de plage. Ces résultats, qui ont été obtenus avec le module LitDrift de la suite LITPACK, montrent que la très grande majorité (soit environ 95%) du transport littoral se produit en zone peu profonde de la plage sur une largeur de près de 30 m. En effet, la figure 6.11 montre que cette part du transport se situe entre les élévations -1,0 m et +1,5 m (NMM). Pour cette raison, la profondeur active (aussi appelé profondeur de fermeture) de la plage de Pointe-aux-Outardes est évaluée à 2,5 m (voir Figure 6.8 pour l'illustration physique de ce paramètre). Cette largeur du transport littoral concentré dans les trente premiers mètres, mais pouvant atteindre jusqu'à 50 mètres, n'atteint pas les herbiers de zostères marines et les plus grandes concentrations de la faune benthique situés plus au large sur le bas estran.

La granulométrie utilisée dans l'ensemble des simulations est de 0,45 mm en conditions actuelles. Cette valeur est la plus représentative de la section la plus active (-1,0 m à +1,5 m) de la plage de Pointe-aux-Outardes. À cet effet, les relevés granulométriques ont été réalisés par Englobe en automne 2018.

Les profils perpendiculaires à la plage à partir desquels le transport littoral est calculé ont été discrétisés avec un pas de 1 m. La ligne de plage de Pointe-aux-Outardes a quant à elle discrétisée avec un pas de 10 m et son évolution morphologique est recalculée sur une base horaire.

Les ouvrages de protection côtière (épis, enrochements, etc.) considérés dans le modèle numérique dépendent du scénario considéré. Les détails en lien avec l'inclusion (ou l'exclusion) de ces ouvrages sont présentés le cas échéant à la section 6.2.2.

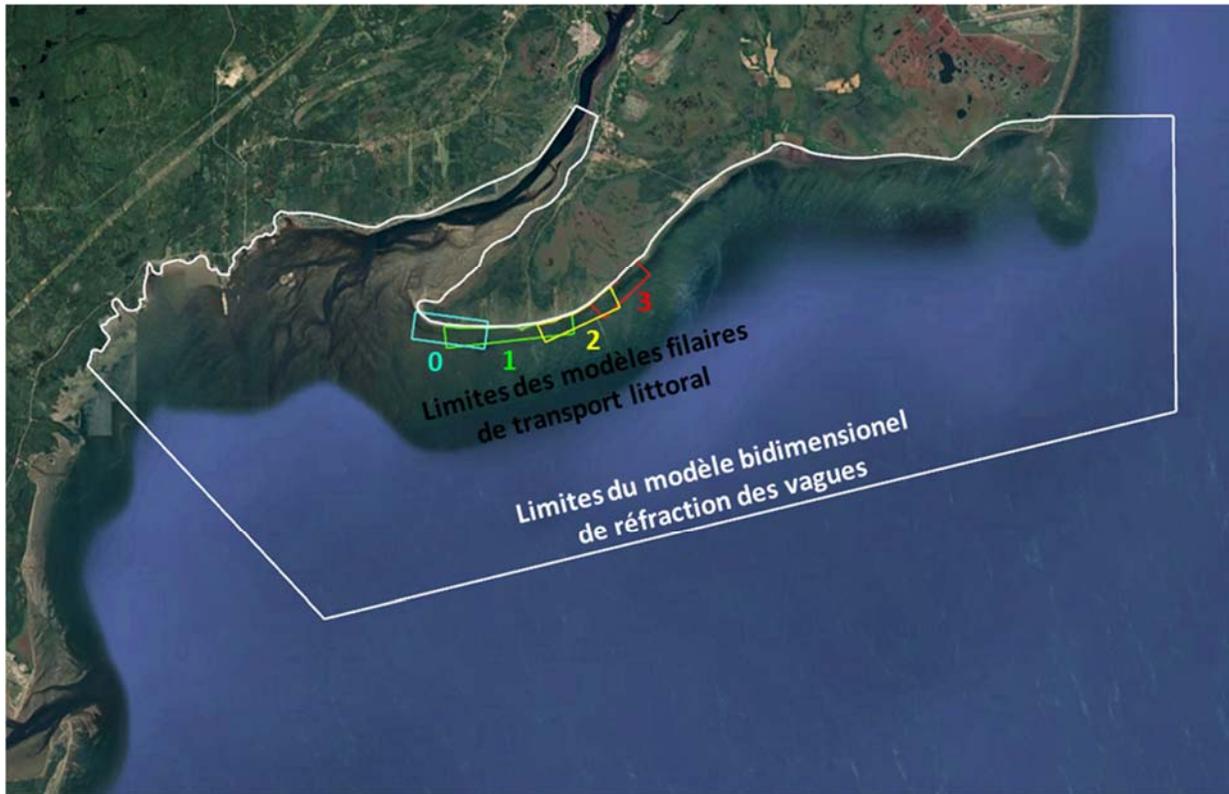


Figure 6.10 : Limites des divers modèles filaires de transport littoral (LITPACK)

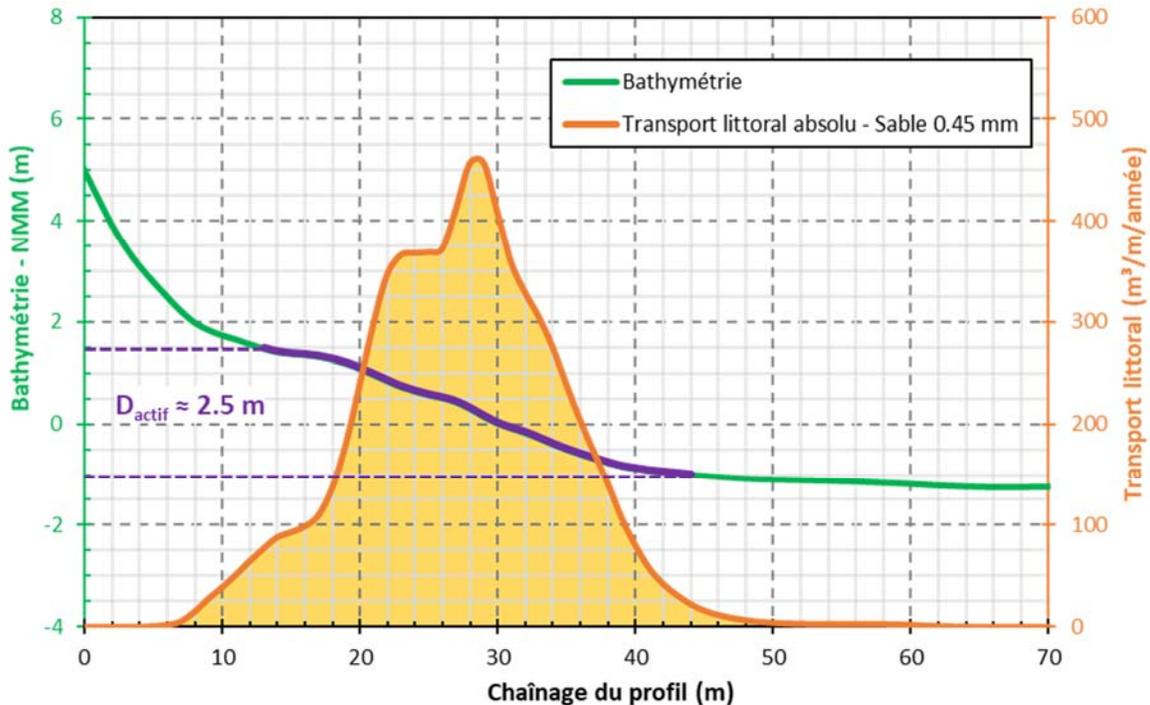


Figure 6.11 : Profondeur active de la plage de Pointe-aux-Outardes

6.2.2 Modélisation du transport littoral en conditions actuelles

Recul de la ligne de haut de talus

Le modèle LITPACK permet de tenir compte de la présence de perrés en enrochement longeant la ligne de plage. Toutefois, la formulation utilisée par ce modèle demeure rudimentaire et peut se résumer comme suit : en présence d'un perré en enrochement, le transport littoral vis-à-vis de ce mur devient nul dans l'ensemble du profil (perpendiculaire à la plage) puisque cette plage est non-érodable à cet endroit. Dans le cas de Pointe-aux-Outardes, cette schématisation n'est pas adaptée adéquatement pour les tempêtes survenant à niveau bas (moins de 1 m) puisque le pied des murs en enrochement est localisé plus haut sur la plage (1,5 m et plus).

En temps de tempête survenant à niveau haut (plus de 1,5 m), la schématisation des perrés en enrochement offerte par le modèle LITPACK se rapproche un peu plus de la réalité. En effet, une telle schématisation permet de calculer un gradient de transport localisé à la transition d'un perré en enrochement (non-érodable) vers une plage de sable (érodable). Ce gradient est ensuite utilisé par le modèle afin de calculer le recul de la ligne de bas de talus qui se répercutera en un décrochement de la falaise et donc à un recul de haut de talus.

Afin de schématiser aussi fidèlement que possible les impacts engendrés par les perrés en enrochement tout en respectant les limitations des modèles numériques, quatre hypothèses de base ont été adoptées pour modéliser l'évolution de la ligne de bas de talus à long terme :

- Le transport littoral vis-à-vis d'un perré en enrochement est nul (imposé par le modèle LITPACK);
- Seuls les événements de tempêtes survenant durant périodes de niveaux d'eau supérieurs à 1,5 m (élévation approximative du pied des enrochements) sont considérés dans la modélisation du transport littoral à long-terme;
- La ligne de haut de talus ne peut jamais subir d'accrétion (processus de reconstruction naturelle) et ce, même si le gradient de transport calculé est favorable à un tel comportement morphologique;
- Puisqu'un décrochement offre une source de sédiments supplémentaires uniquement pour la région inférieure de la plage (et non les lignes de bas et haut de talus), la profondeur active utilisée demeure à 2,5 m (au lieu de 14,5 m, combinant la hauteur de la dune de 12 m et la profondeur de 2,5 m, tel que décrit à la section 6.1.3).

Les figures 6.12 à 6.15 affichent les résultats de modélisation du transport littoral à long-terme (32 ans) pour les 4 modèles LITPACK. Sur ces figures, le graphique dans la partie inférieure illustre le recul de la ligne de haut de talus alors que le graphique dans la partie supérieure montre le transport littoral brut annuel. Précisons ici qu'un transport négatif indique que le transport est orienté vers l'est alors qu'un transport positif correspond à un transport orienté vers l'ouest (noter que les axes sont inversés sur les graphiques, soit X croissants de droite à gauche et Y croissants de haut vers le bas). Afin d'éviter toute ambiguïté en lien avec la direction du transport, celle-ci est identifiée à l'aide de flèches sur les graphiques.

Lorsque le gradient du transport littoral est positif (pente positive du transport), 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 positive 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 (pente négative du transport), il se forme un excédent de sédiments : la quantité de sédiments en provenance de l'amont excède la quantité de sédiments nécessaire pour combler le départ de sédiments vers l'aval. Une telle situation engendre ainsi une zone d'accrétion (avancée de la plage). Une pente négative abrupte engendre une forte accrétion alors qu'une pente décroissante douce résulte en une faible accrétion. Il faut toutefois rappeler qu'un processus d'accrétion n'est pas possible dans le cas d'une ligne de haut de talus.

Les reculs de haut de talus calculés avec le modèle numérique ont été comparés avec les reculs mesurés par l'UQAR entre les années 2000 et 2018. À ce propos, les reculs annuels moyens mesurés par l'UQAR ont été multipliés par le nombre d'années modélisées (32 ans) pour fin de validation du modèle numérique.

D'une manière générale, les zones d'érosion modélisées par LITPACK concordent assez bien avec ce qui a été mesuré au fil des années par l'UQAR. En effet, le modèle simule des reculs importants aux mêmes endroits que ce qui a été révélé par les mesures de l'UQAR. Le modèle #2 (figure 6.14), qui contient la zone d'intérêt, reproduit particulièrement bien les patrons de reculs à proximité des enrochements. Le

modèle #0 (figure 6.12), localisé à l'extrémité Ouest de la zone d'étude, schématise bien les patrons de recul bien que l'ampleur du recul situé entre les deux murs en enrochement soit sous-estimée. Cette sous-estimation s'explique fort probablement par des effets 2D locaux (non couvert par LITPACK) qui contribuent au phénomène d'érosion. Le modèle #1 (figure 6.13), qui contient l'épi de la mise à l'eau, reproduit bien les zones d'érosion localisées à l'est de celui-ci. Finalement, le modèle #3 (figure 6.15), localisé à l'extrémité est de la zone d'étude, offre une réponse un peu moins bonne. Il faut toutefois noter que cette section est assez loin de la zone d'intérêt.

L'ensemble des résultats offerts par les 4 modèles a été compilé dans la figure 6.16. Le graphique supérieur affiche le recul de la ligne de haut de talus modélisé par le modèle et offre également une comparaison qualitative (à l'aide de photos satellites) avec ce qui est observé sur le terrain. Cette figure met en lumière deux zones en érosion sévère (recul de plus de 30 m en 32 ans), soit celles étant identifiées par les numéros 1 et 3 sur ce graphique. Ces reculs sont engendrés par des gradients de transport positifs en temps de tempêtes de l'ESE (pour la zone identifiée par le numéro 3) et du SO (pour le secteur identifié par le numéro 1). Dans ces deux cas, le gradient positif est engendré par la transition d'un perré en enrochement (non-érodable) vers une plage de sable (érodable). À cet effet, il est à noter que puisque la ligne de haut de talus ne peut se reconstruire naturellement par processus d'accrétion, les gradients de transport négatif ayant lieu durant d'autres types d'événements ne permettent pas de compenser les gradients positifs engendrés par les perrés en enrochement.

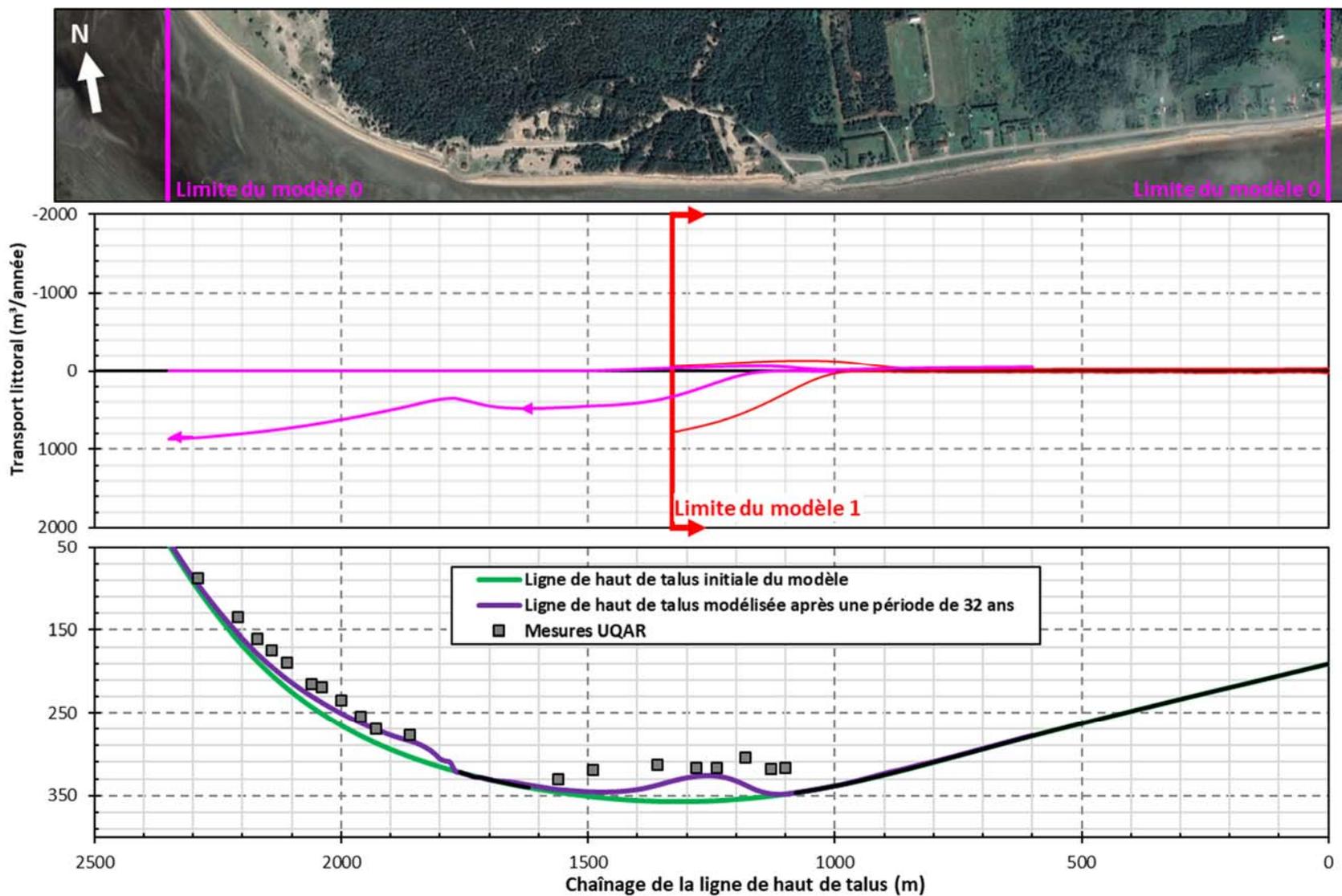


Figure 6.12 : Validation du modèle de transport littoral à long-terme (Modèle #0/3)

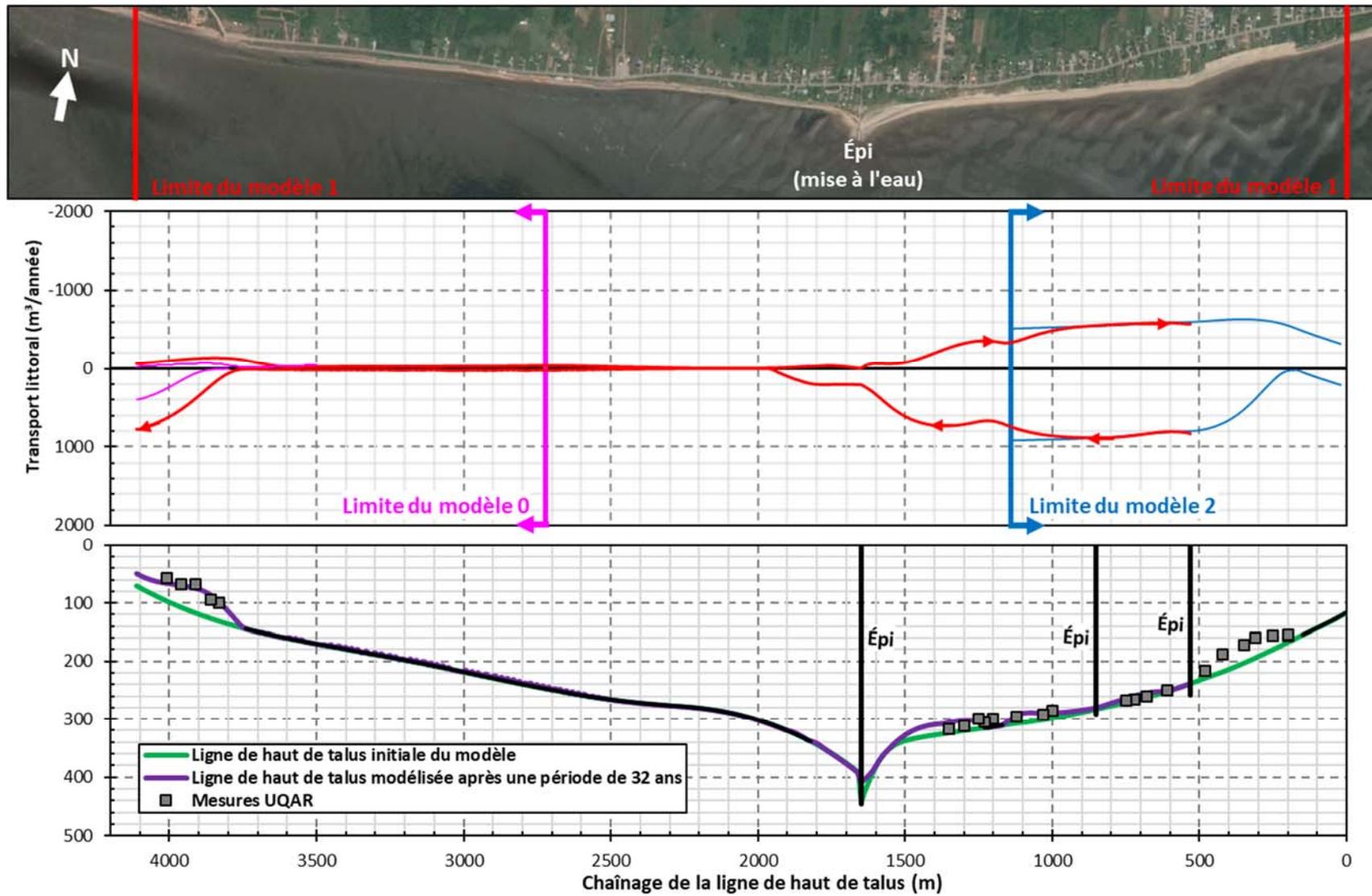


Figure 6.13: Validation du modèle de transport littoral à long-terme (Modèle #1/3)

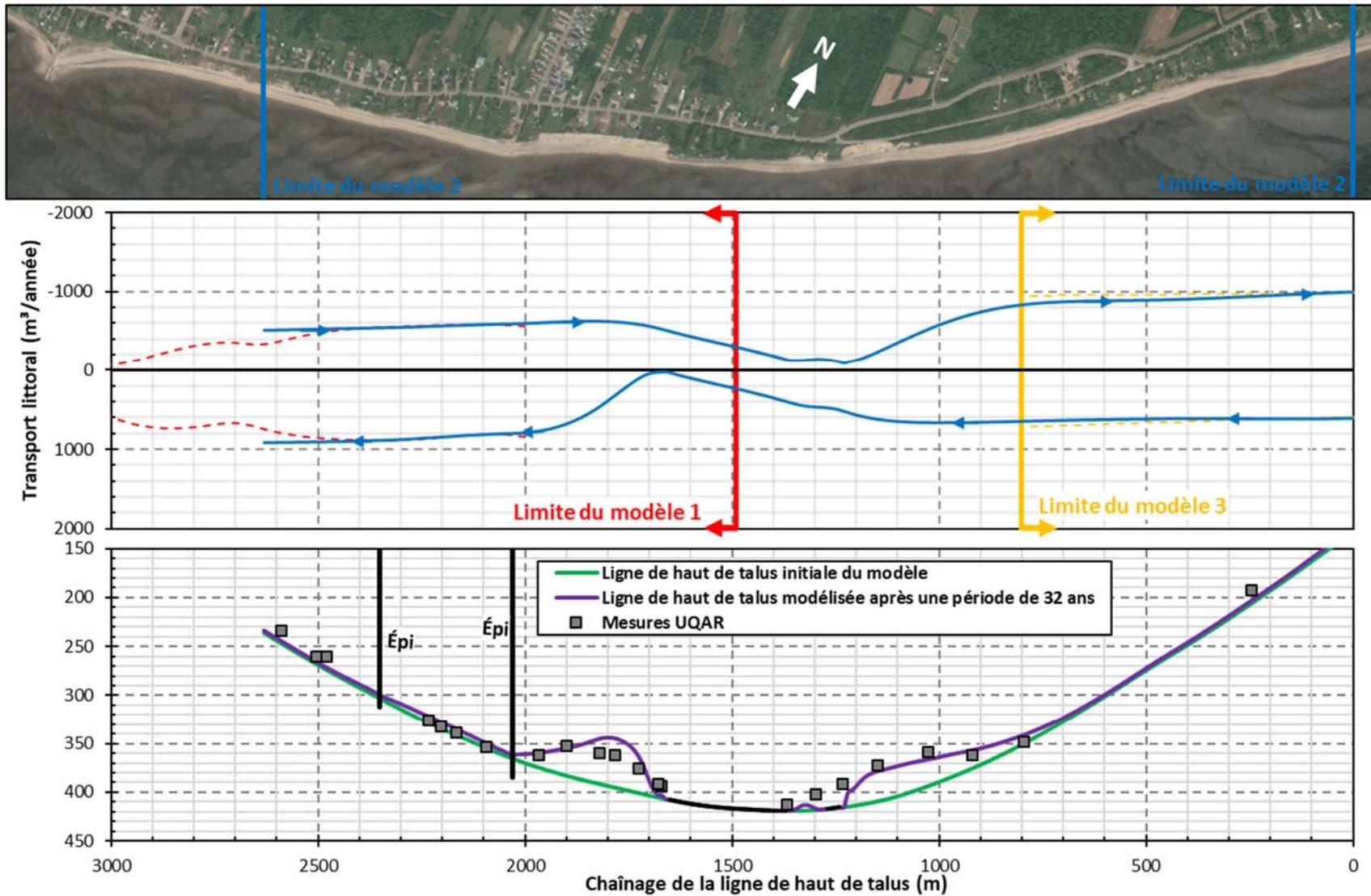


Figure 6.14: Validation du modèle de transport littoral à long-terme (Modèle #2/3)

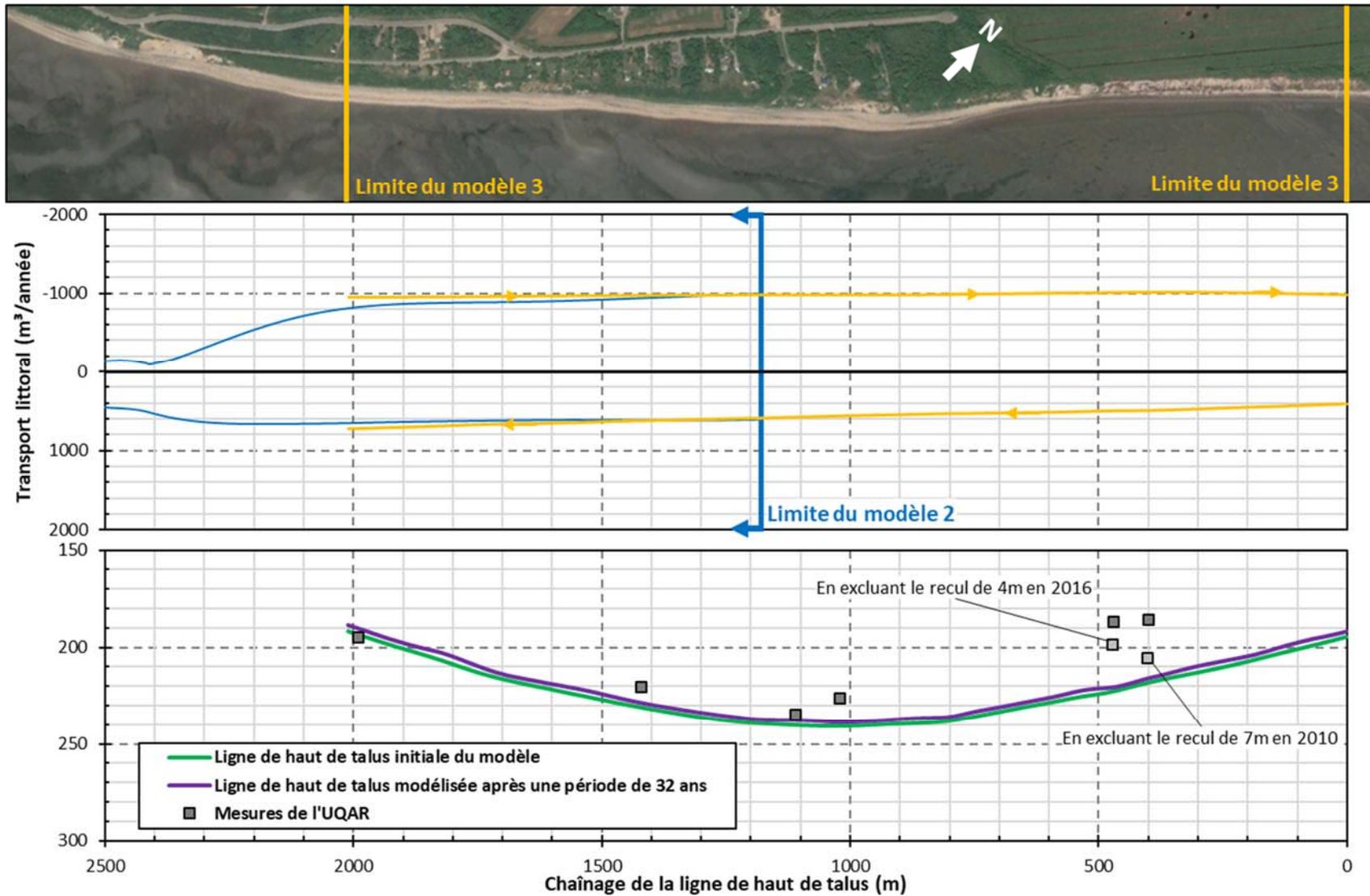
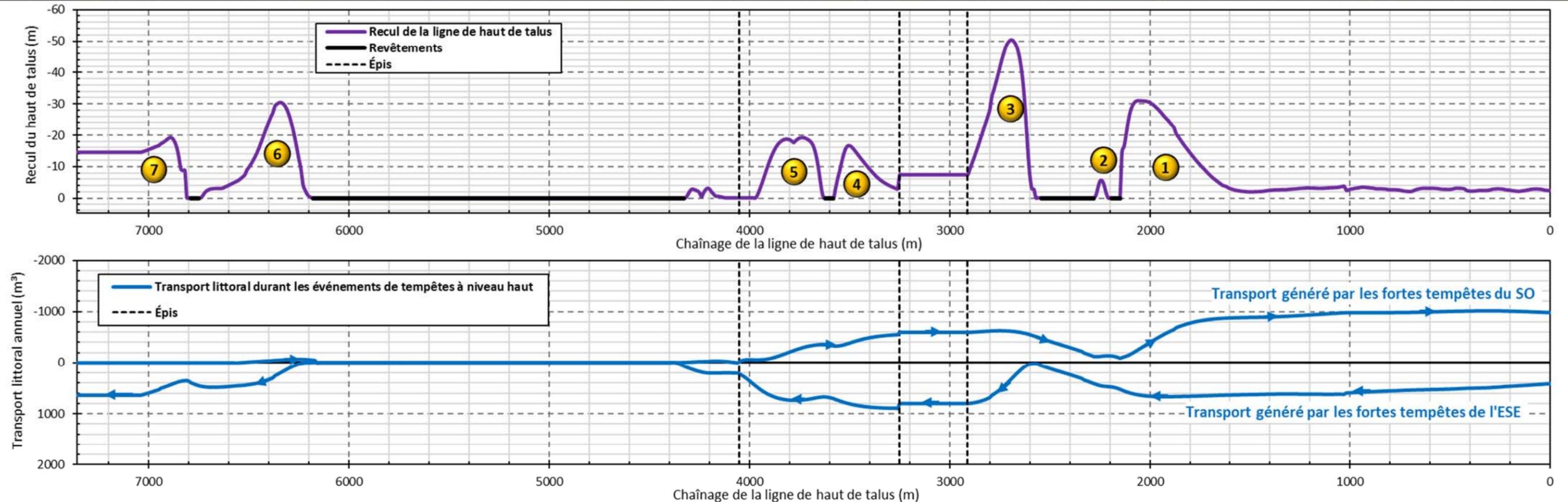


Figure 6.15: Validation du modèle de transport littoral à long-terme (Modèle #3/3)



Note: Seuls les événements de tempêtes survenant durant un niveau d'eau de plus de 1.5 m sont considérés dans le calcul

Figure 6.16 : Résultats de modélisation du recul de la ligne de haut de talus entre 1980 et 2011 (32 ans) – Conditions actuelles

Recul de la ligne de plage (0 m)

Il avait été mentionné à la section 6.1.1 que les lignes de plage (0 m) et de haut de talus peuvent subir des patrons de déformation différents en raison du pied des perrés en enrochement qui débute à une élévation d'environ 1,5 m. Dans le but de schématiser aussi fidèlement que possible les impacts engendrés par les perrés en enrochement tout en respectant les limitations du modèles numériques, quatre hypothèses de base ont été adoptées pour modéliser l'évolution de la ligne de plage (0 m NMM) à long-terme :

- Les perrés en enrochement ne sont pas considérés dans le modèle numérique (puisque le transport littoral modélisé par le modèle serait nul vis-à-vis d'un perré en enrochement);
- Tous les événements de tempêtes générant un transport littoral significatif ($H_s > 0,4$ m et niveau d'eau $> -1,5$ m) sont considérés;
- La ligne de plage (0 m NMM) est en mesure de subir un processus de reconstruction naturelle (accrétion) si le gradient de transport calculé est favorable à un tel comportement morphologique;
- Puisqu'un décrochement de falaise offre une source de sédiments supplémentaires pour la section active de la plage (à proximité de la ligne de plage), les falaises de sable (calculées comme des dunes dans le modèle) sont incluses dans la formulation de la profondeur active de la plage lorsqu'il est question d'un recul de la ligne de plage (mais pas pour une accrétion). La hauteur des falaises de sables (calculées comme des dunes) a été définie à 12 m dans le modèle.

La figure 6.17 illustre les résultats de modélisation du recul de la ligne de plage pour une période de 32 ans. Le graphique d'en haut affiche l'évolution de la ligne de plage alors que la figure d'en bas illustre le transport littoral brut annuel ainsi que le transport littoral net annuel (intégrant les deux directions). Dans un contexte d'analyse de l'évolution morphologique d'une ligne de plage, le transport littoral net est particulièrement important à considérer puisque sur le long-terme, c'est ce type de transport qui définit la tendance de la ligne de plage (érosion ou accrétion).

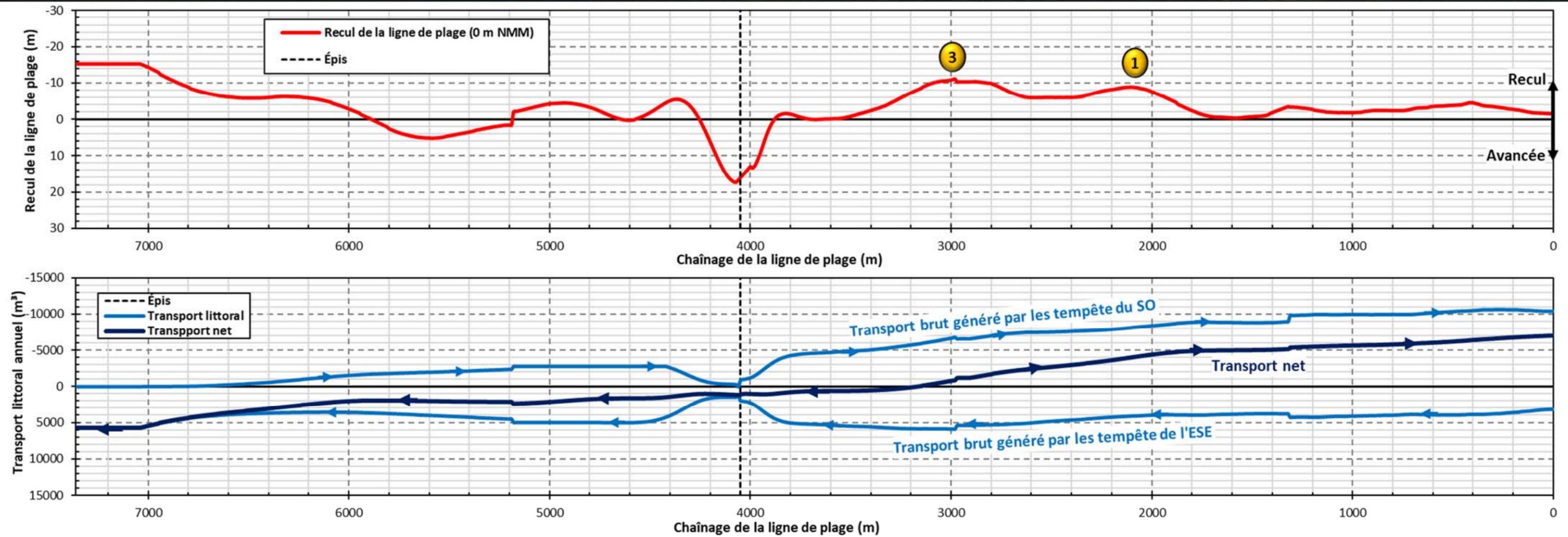
La figure 6.17 montre qu'à l'extrémité ouest de la zone d'étude, le transport littoral brut orienté vers l'est est pratiquement nul alors qu'à environ 2 km à l'ouest de l'épi de la mise à l'eau, la contribution de ce transport augmente graduellement. À cet effet, l'ampleur du transport orienté vers l'est excède celle du transport de l'ouest au chaînage 3000 m : il s'agit du point d'inversion du transport littoral net. Les résultats de modélisation ont toutefois montré que la localisation exacte de ce point d'inversion peut varier sur une distance d'environ 1,5 km d'une année à l'autre.

La figure 6.17 montre que sur l'ensemble de la zone d'étude, le gradient de transport net suit une tendance positive ce qui se répercute en un recul de la ligne de plage en plusieurs endroits. Toutefois, la présence de falaise de sable permet de ralentir la vitesse de recul de la ligne de plage grâce à des apports supplémentaires de sédiments suite aux décrochements. En effet à l'exception de l'extrémité ouest de la zone d'étude, les reculs affichés sur la figure 6.17 n'excède pas 10 m sur une période de 32 ans.

Les zones identifiées par les numéros 1 et 3 sur la figure 6.17 se caractérisent par des reculs de ligne de plage d'environ 10 m. À titre de comparaison, les reculs de ligne de haut de talus mentionnés

précédemment peuvent excéder 30 m à ces endroits. La différence entre les reculs de lignes de plage et de haut de talus explique la raison pour laquelle le patron de déformation de la ligne de plage (élévation 0 m) est différent de celui de la ligne de bas de talus (élévation 2 m) tel qu'illustré sur la figure 6.1 à la p.39.

La figure 6.17 montre qu'une zone d'érosion est observée à l'ouest de l'épi de la mise à l'eau en raison d'un gradient de transport positif engendré par l'interception des sédiments en provenance de l'est par cet épi. Toutefois, le recul maximal modélisé est de 5 m en 32 ans, soit six fois plus faible que le taux de recul modélisé pour la ligne de haut de talus (environ 30 m) à l'extrémité ouest de la zone d'étude.



Note: Les discontinuités aux chaînages 1300 m, 3000 m et 5200 sont dues à la jonction des 4 modèles de transport littoral à long-terme (LITPACK)

Figure 6.17: Résultats de modélisation du recul de la ligne de plage entre 1980 et 2011 (32 ans) – Conditions historiques (avant la mise en place de murs en enrochement)

Synthèse des résultats de modélisation en conditions actuelles

Les résultats de modélisation montrent qu'en raison de la présence de perrés en enrochement, les taux de recul modélisés à proximité de la zone d'intérêt sont beaucoup plus importants pour la ligne de haut de talus (ceux-ci pouvant atteindre 50 m en 32 ans) que pour la ligne de plage (ceux-ci n'excédant pas 10 m en 32 ans). C'est pour cette raison que des problématiques d'érosion de bas de talus (et donc de haut de talus) sont observées sur le terrain et ce, même si la ligne de plage (0 m) n'affiche pas de recul majeur sur le long terme.

Ainsi, les résultats de modélisation des conditions actuelles concordent avec l'analyse historique de la dynamique sédimentaire (section 6.1) : les résultats montrent qu'il y a un léger recul général de la ligne de plage en l'absence de structure (épi et perrés en enrochement) et que ces dernières ont contribué à accentuer ce phénomène d'érosion. Les déficits de sédiments engendrés par la présence de perrés en enrochement conduisent à concentrer l'érosion sur les tronçons non protégés aux extrémités des perrés, ce qui se traduit par des reculs importants tel qu'observés.

Malgré la protection locale offerte lors des événements de tempêtes ponctuelles, les perrés en enrochement ne sont pas une solution viable sur le long terme puisqu'ils augmentent le taux d'érosion aux extrémités. La mise en place de perrés en enrochement sur l'ensemble de la plage de Pointe-aux-Outardes n'est également pas une approche recommandée puisque la problématique d'érosion serait tout simplement déplacée à la limite aval (par rapport au transport littoral) de la structure. De plus, les fondations des murs en enrochement peuvent être érodées dans le cas d'un gradient de transport littoral positif, ce qui est le cas pour l'ensemble de la zone considérée dans la présente étude, et donc éventuellement mener à un affaissement de la structure. On constate ce phénomène à l'ouest du vieux quai (l'épi) où toute une partie des enrochements a dû être consolidée récemment parce qu'ils s'étaient affaissés.

Une recharge granulaire est une solution qui permettra de protéger la ligne de bas de talus en limitant l'impact à proximité de la zone visée par les travaux. Une telle approche permettra donc d'éviter de créer des nouvelles zones d'érosion (et donc de déplacer le problème ailleurs). Une attention particulière doit toutefois être portée sur le gradient de transport issu de l'utilisation d'une granulométrie différente entre la recharge granulaire et la plage à l'état naturel. Cet aspect est traité en détails à la section 7.

6.3 Modélisation de l'attaque frontale des vagues (tempêtes ponctuelles)

6.3.1 Méthodologie employée

La section précédente avait pour but d'analyser la tendance générale de l'évolution de la ligne de plage (érosion ou accrétion) sur la base d'un bilan sédimentaire à long terme (plusieurs dizaines d'années). Il a été mentionné précédemment que les modèles conventionnels de transport sédimentaire bidimensionnels ne permettaient pas d'effectuer ce type d'analyse puisque les petites erreurs numériques avaient tendance à s'accumuler sur le long terme.

La présente section a pour but d'analyser la problématique d'érosion qui survient durant une tempête ponctuelle, c'est-à-dire à l'intérieur de quelques heures ou journées. En analysant le phénomène d'érosion sur une plus petite échelle de temps, il devient désormais possible d'utiliser les outils de modélisation 2D afin d'analyser les courants littoraux et les patrons bidimensionnels de transport sédimentaire.

Deux modèles ont ainsi été utilisés pour analyser l'impact des tempêtes ponctuelles sur les berges de Pointe-aux-Outardes. Le premier modèle, MIKE 21, permet de tenir compte des phénomènes 2D tout en couvrant une superficie importante de la zone d'étude. Le second modèle, XBeach, permet de raffiner l'impact des tempêtes au niveau de la plage et des falaises en considérant les phénomènes de run-up de vagues et de décrochement sur un profil typique de la plage de Pointe-aux-Outardes.

Quelques cas de tempêtes synthétiques identifiées dans la section 5.4.2 ont ainsi été modélisés, en premier lieu, avec le modèle 2D (MIKE 21). Tel que mentionné précédemment, la largeur des mailles de ce modèle varie de 350 m au large de la zone d'étude jusqu'à 1 m pour les zones de déferlement des vagues sur la plage. En second lieu, les propriétés des vagues et de niveaux d'eau calculées par le modèle 2D ont été extraites à une distance d'environ 150 m de la ligne de plage afin de servir d'intrants dans le modèle 1D (XBeach). La discrétisation du profil de ce modèle varie de 1 m au large jusqu'à 0.1 m dans la section cruciale pour le calcul du transport sédimentaire transversal. La granulométrie utilisée dans chacun des deux modèles est un sable de diamètre constant à 0,45 mm.

6.3.2 Modélisation 2D en conditions actuelles (MIKE 21)

Les figures 6.20 à 6.26 illustrent les résultats de modélisation 2D des tempêtes de récurrence variant de 5 ans à 100 ans. Les tempêtes affichées sur les figures 6.20 à 6.24 sont en provenance de l'ENE alors que celles illustrées sur les figures 6.25 et 6.26 sont en provenance du SO. Les niveaux d'eau affichés sur ces figures ne tiennent pas compte du phénomène de run-up des vagues, celui-ci étant plutôt traité dans la section sur la modélisation 1D avec le modèle XBeach (6.3.3).

Sur l'ensemble des figures 6.20 à 6.26, il est possible de constater une érosion du haut de plage et une accrétion de bas de plage : les sédiments du haut sont érodés par les vagues puis transportés plus bas vers le large. Ce phénomène peut être observé sur les figures a, b et c. Les figures montrent que la présence du perré (vis-à-vis du profil 2) a tendance à atténuer l'érosion sans toutefois l'éliminer en entier : le phénomène d'érosion se poursuit en dessous du perré. Le transport sédimentaire, étant orienté vers l'ouest dans le cas des tempêtes de l'ENE, augmente donc de l'est vers l'ouest, ce qui engendre un gradient

de transport littoral positif (vers l'ouest). Or ce gradient positif, qui est aussi évoqué dans les sections 6.1.3 et 6.2.2., est l'élément qui provoque l'érosion de la plage sur le long-terme. Pour cette raison, la présence d'un perré n'offre donc pas de solution viable sur le long terme et de plus, l'érosion de leur fondation peut éventuellement mener à un affaissement de la structure.

Les figures 6.20 à 6.26 montrent que la hauteur des vagues à proximité de la plage de Pointe-aux-Outarde est faible par rapport à la hauteur des vagues au large du modèle numérique (à environ 7 km de la plage) et ce, même dans le cas des très fortes tempêtes. Par exemple dans le cas de la tempête D1 (figure 6.23) d'une récurrence 50 ans, les vagues entrantes dans le modèle sont d'une hauteur de 3,3 m alors qu'à proximité de la plage, elles ne sont que d'environ 1 m. Cette réduction significative de la hauteur de vagues est engendrée par la réfraction importante des vagues, celles-ci passant d'une direction de 70° (ENE) au large du modèle à 115° (ESE) à l'approche de la plage, soit un changement de direction de 45° (voir figure 6.18). Pour les tempêtes en provenance du SO, le phénomène de réfraction est moins intense : les vagues passent d'une direction 215° (SO) au large du modèle à 200° (SSO) à l'approche de la plage ce qui constitue un changement de 15° (voir figure 6.19). L'étalement de l'énergie des vagues est donc moins important dans le cas des tempêtes du SO par rapport à celles de l'ENE.

Les figures 6.20 à 6.26 révèlent des courants littoraux relativement forts (0,6 à 0,8 m/s) et ce, malgré la faible hauteur de vagues (moins de 1 m) à l'approche de la plage. Ces courants littoraux sont générés par l'obliquité importante des vagues lorsque celles-ci déferlent à l'approche de la plage. La présence de courants littoraux forts fait en sorte que le transport littoral devient dominant par rapport au transport transversal pour la plage de Pointe-aux-Outardes.

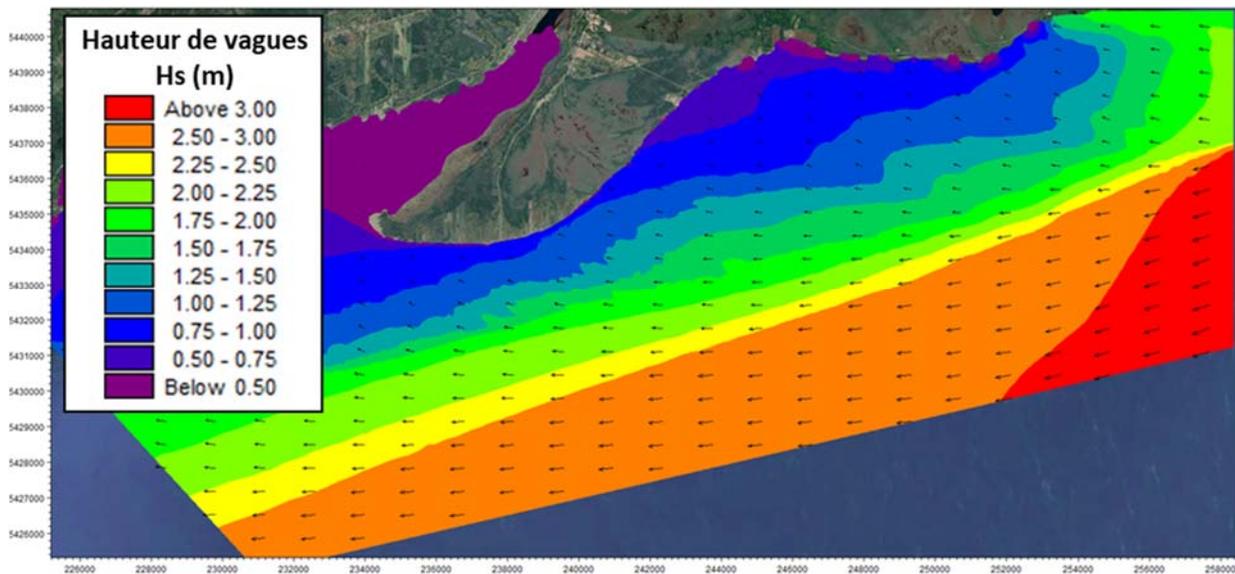


Figure 6.18 : Réfraction des vagues d'une tempête de l'ENE (D1)

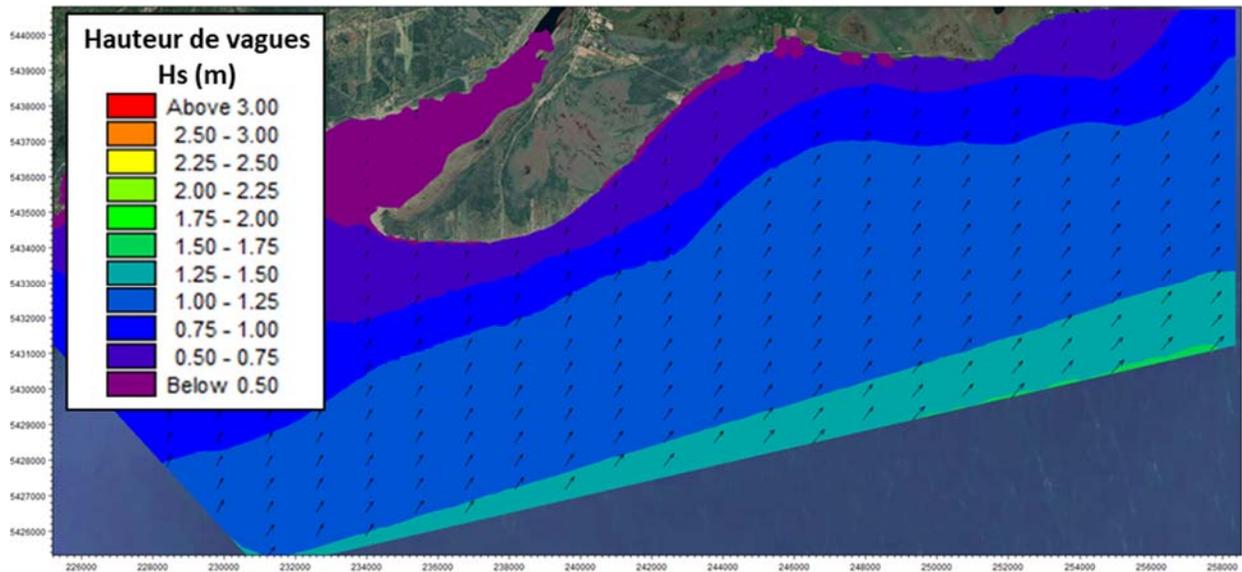
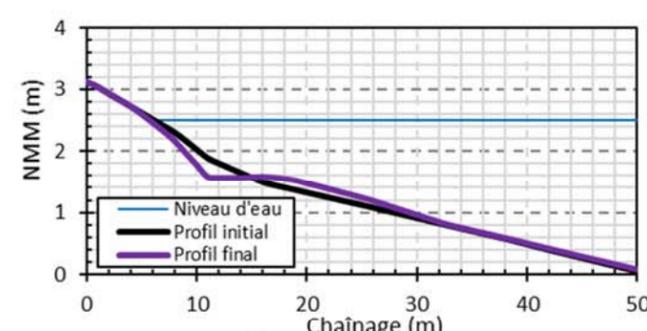
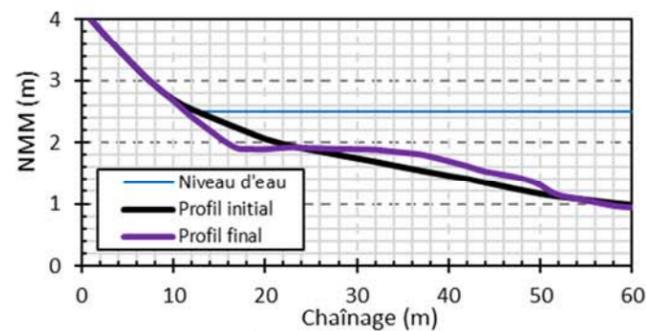
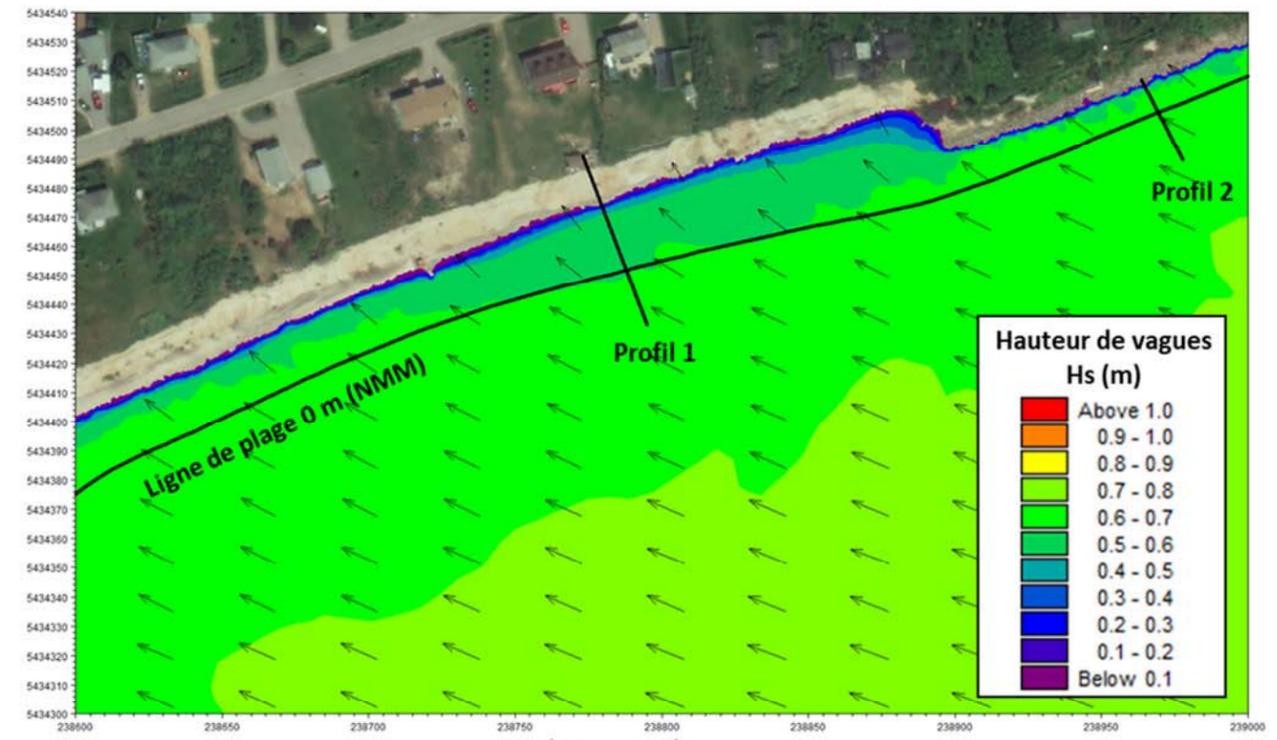
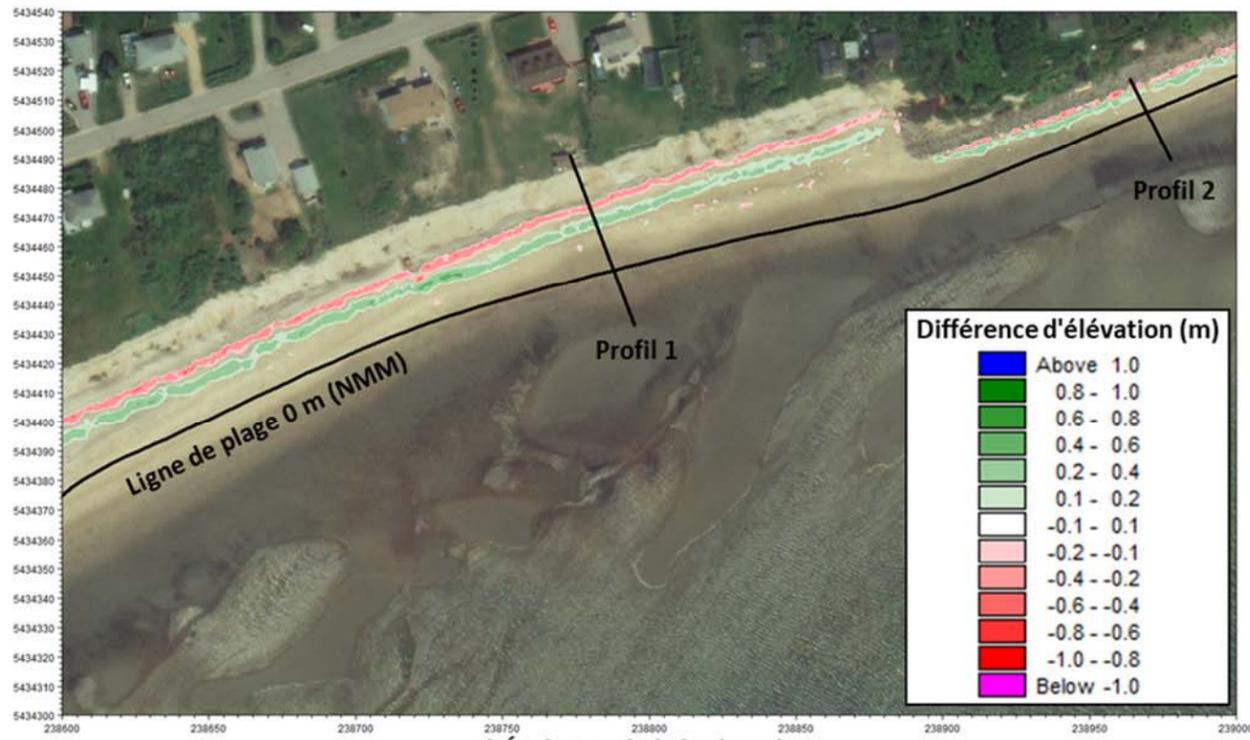


Figure 6.19: Réfraction des vagues d'une tempête du SO (B2)



Vagues au larges: H_s : 2.3 m
 T_p : 5.3 s
 Dir: 73° (ENE)
 Niveau d'eau: 2.5 m (NMM)
 Période de retour: 5 ans

d) Caractéristiques de la tempête

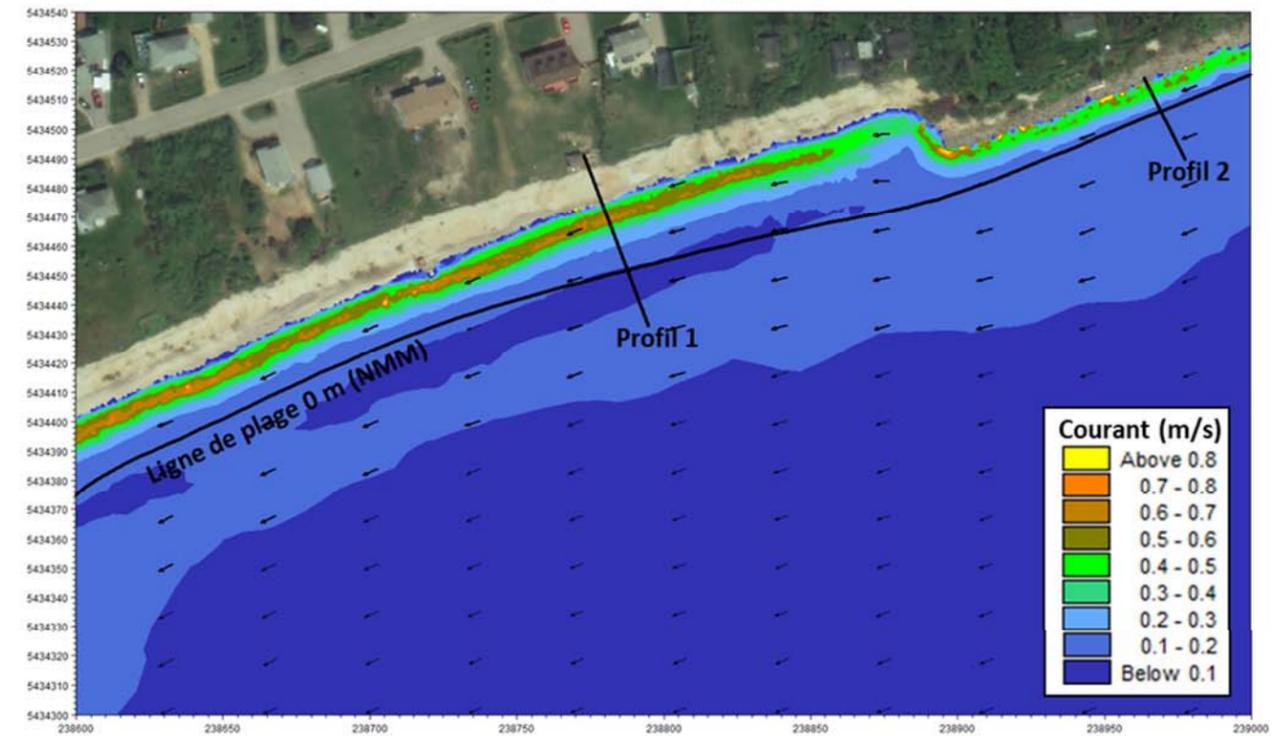
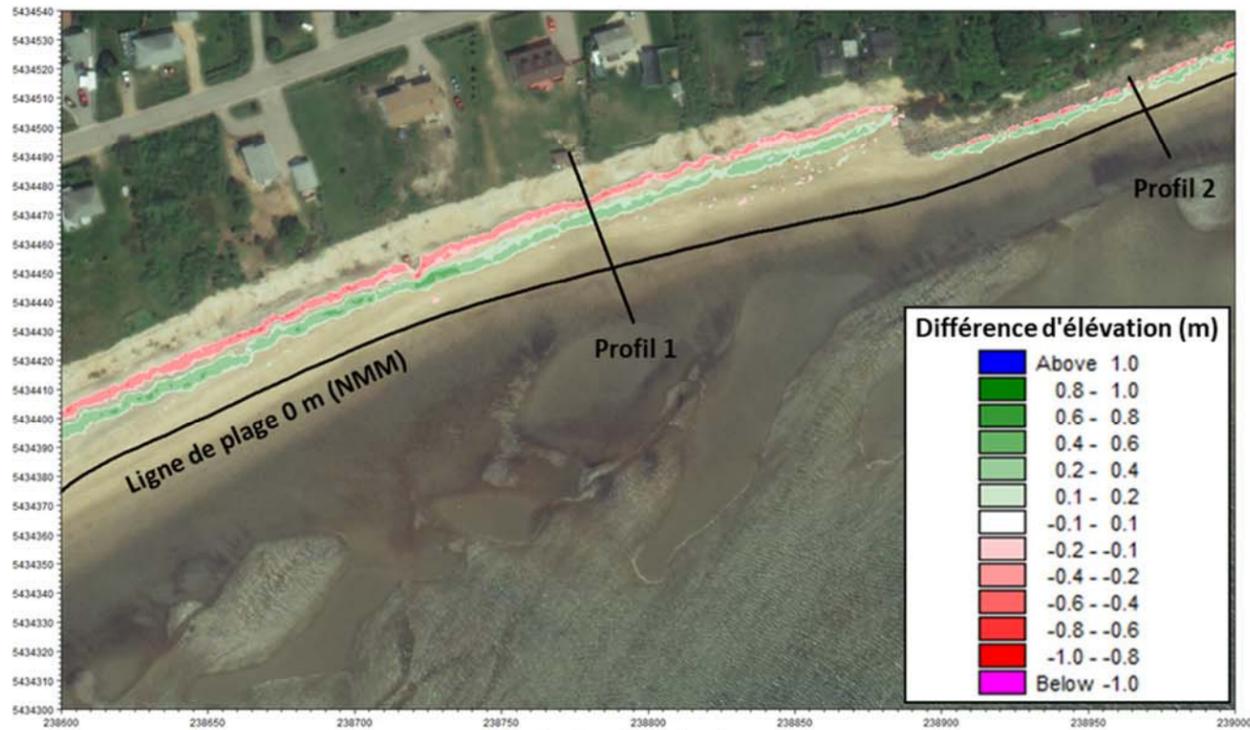
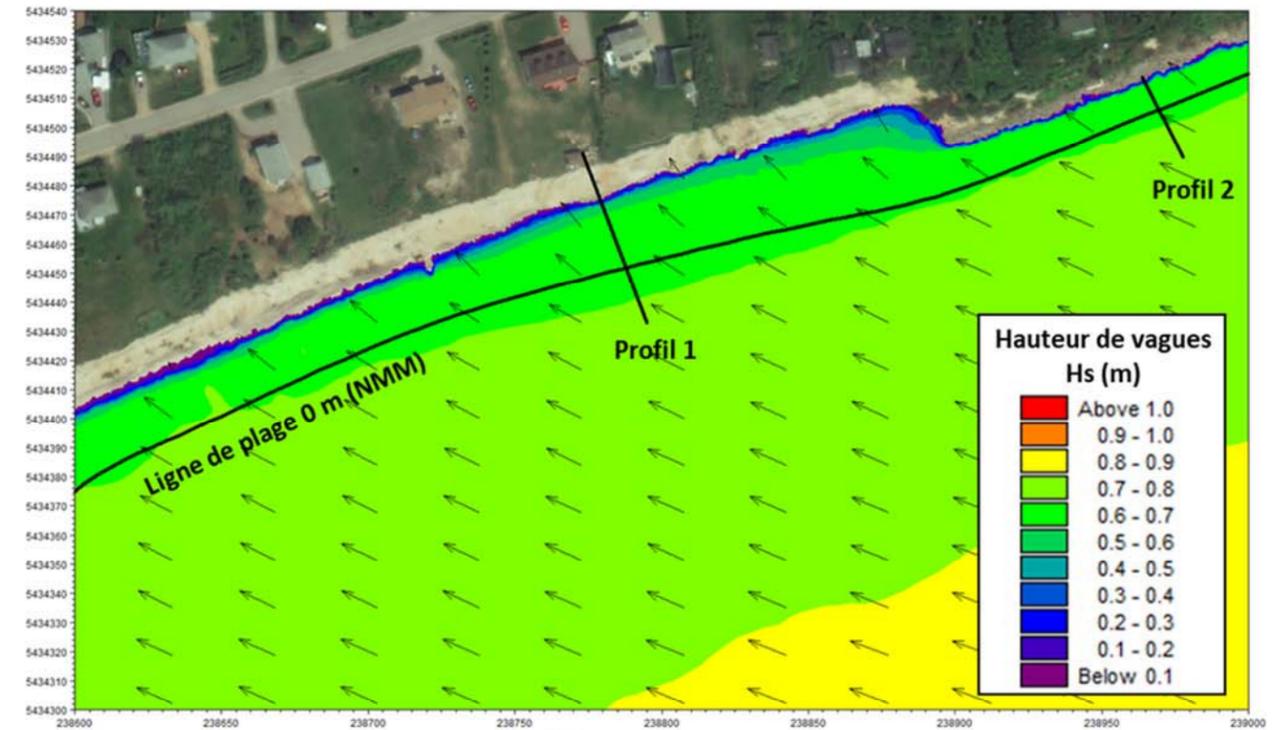


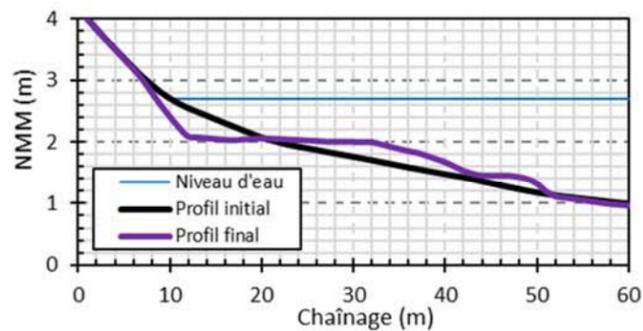
Figure 6.20 : Résultats de modélisation 2D de la tempête A1 (MIKE 21)



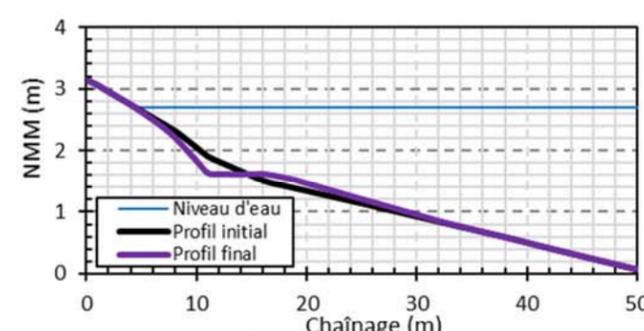
a) Évolution de la bathymétrie



e) Hauteur de vagues



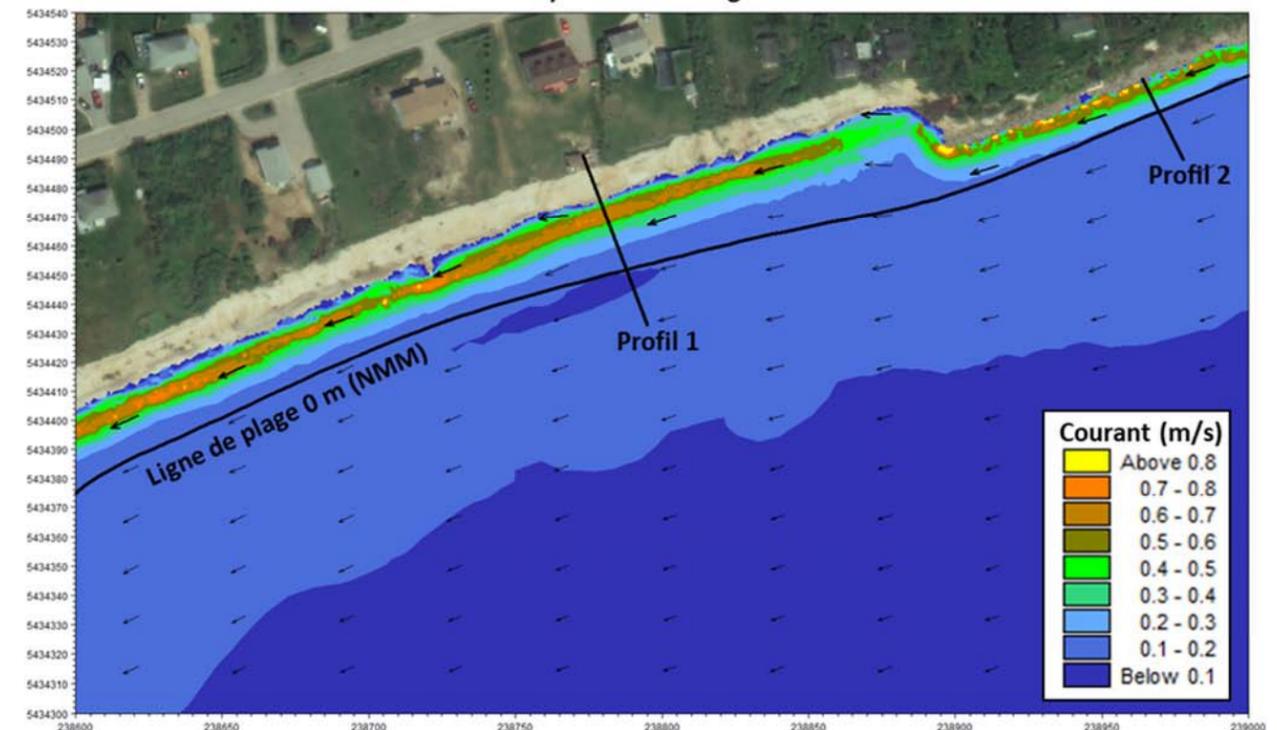
b) Évolution du profil #1



c) Évolution du profil #2

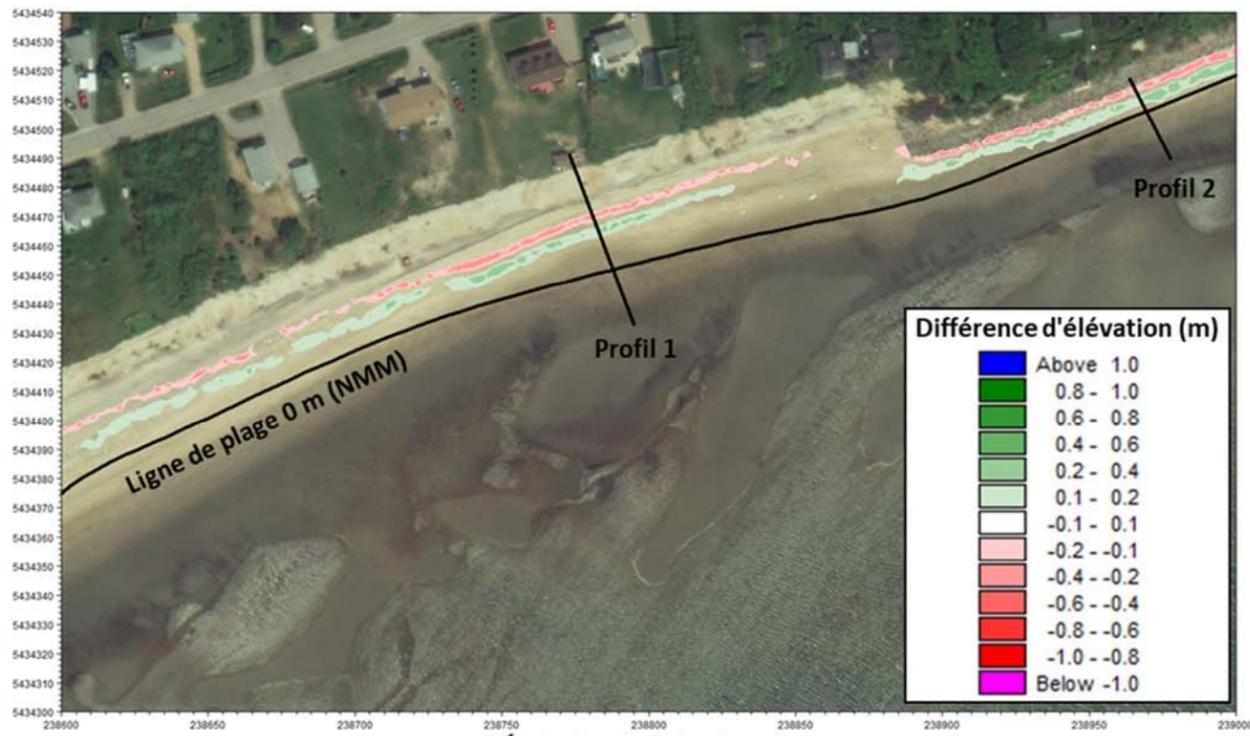
Vagues au larges: H_s : 2.6 m
 T_p : 5.5 s
 Dir: 73° (ENE)
 Niveau d'eau: 2.7 m (NMM)
 Période de retour: 10 ans

d) Caractéristiques de la tempête

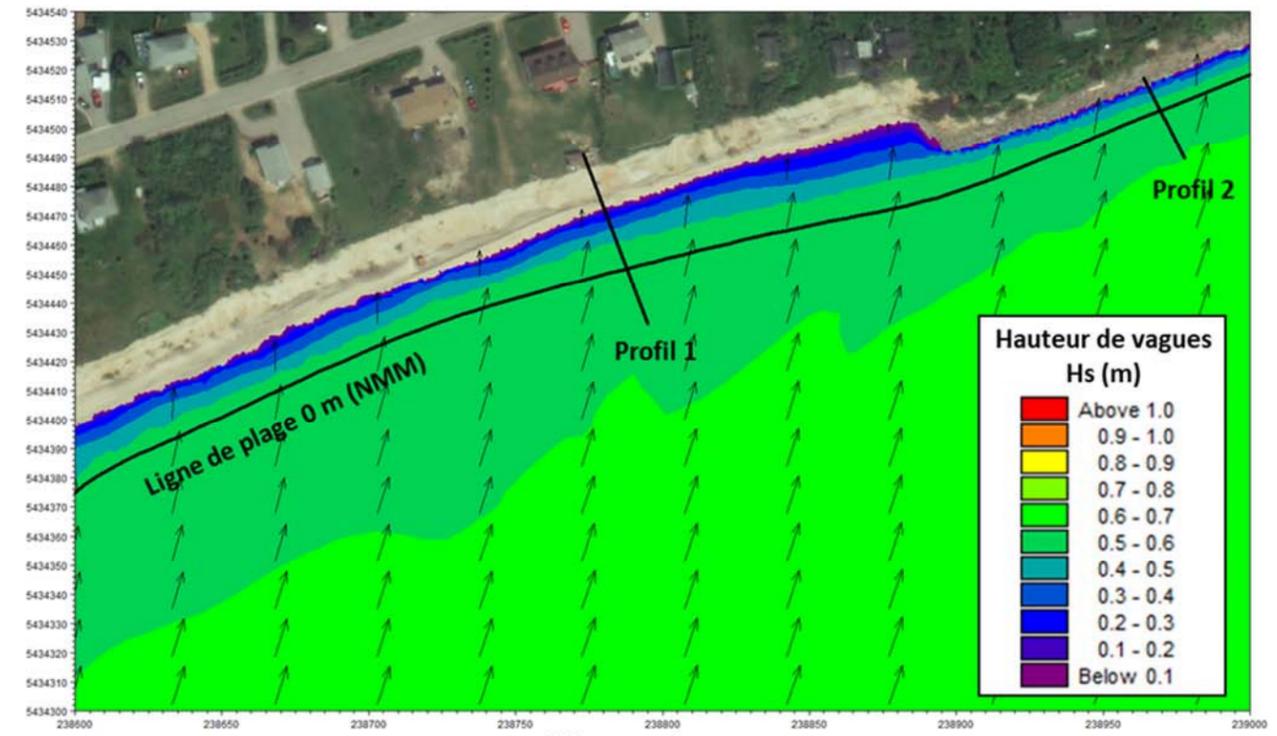


f) Courants littoraux

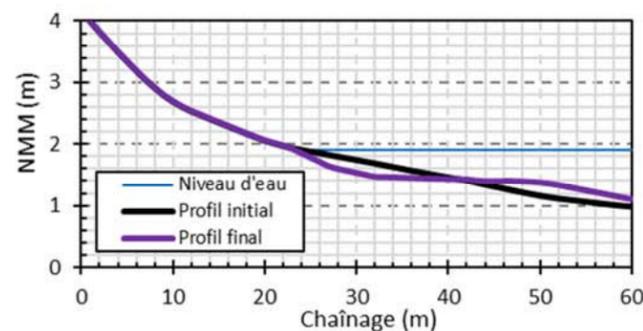
Figure 6.21: Résultats de modélisation 2D de la tempête B1 (MIKE 21)



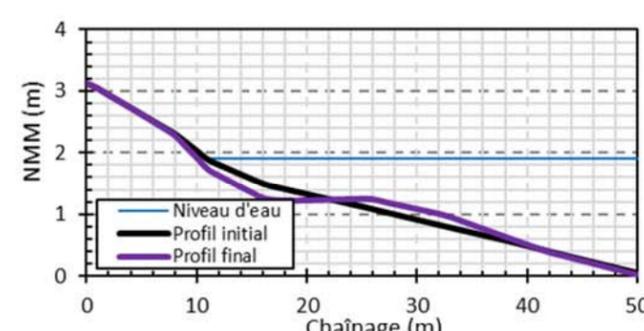
a) Évolution de la bathymétrie



e) Hauteur de vagues



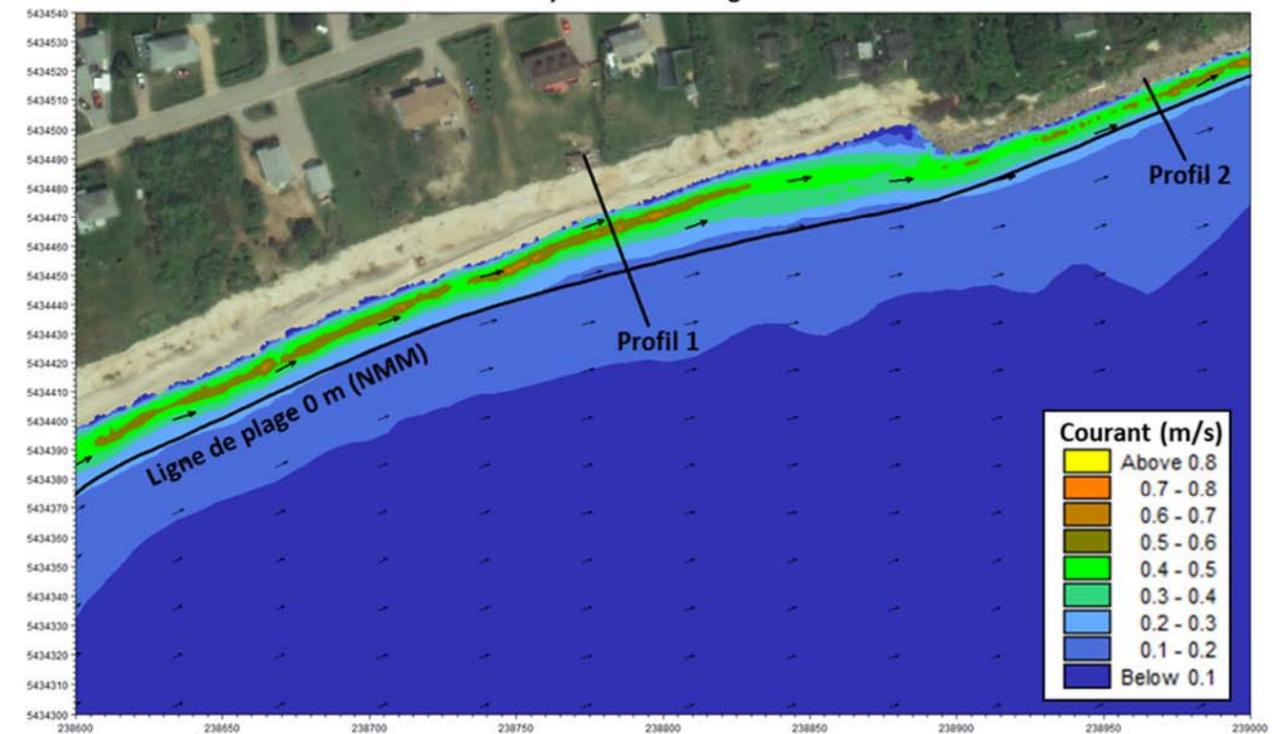
b) Évolution du profil #1



c) Évolution du profil #2

Vagues au larges: H_s : 1.7 m
 T_p : 4.1 s
 Dir: 223° (SO)
 Niveau d'eau: 1.9 m (NMM)
 Période de retour: 10 ans

d) Caractéristiques de la tempête



f) Courants littoraux

Figure 6.22: Résultats de modélisation 2D de la tempête C1 (MIKE 21)

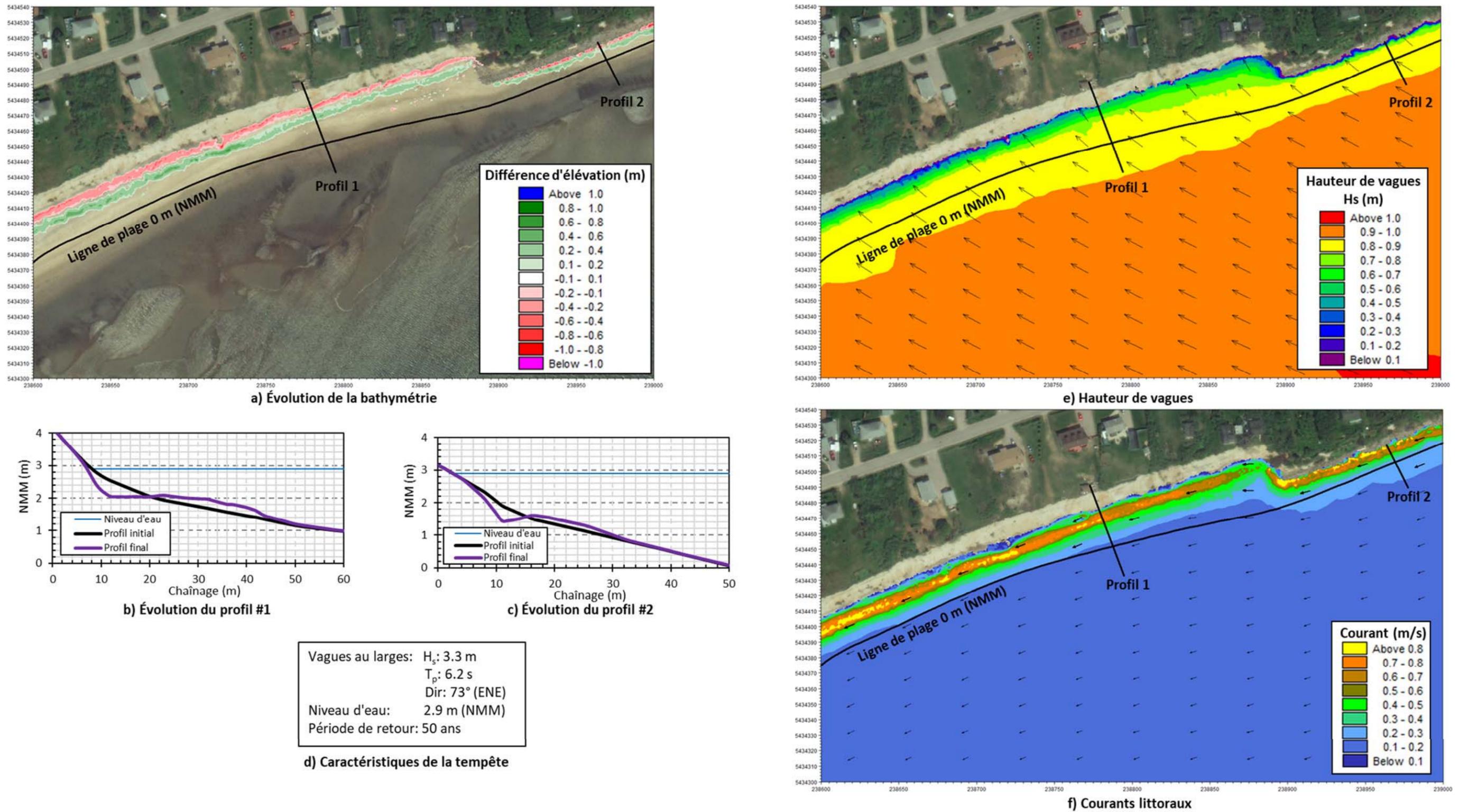


Figure 6.23: Résultats de modélisation 2D de la tempête D1 (MIKE 21)

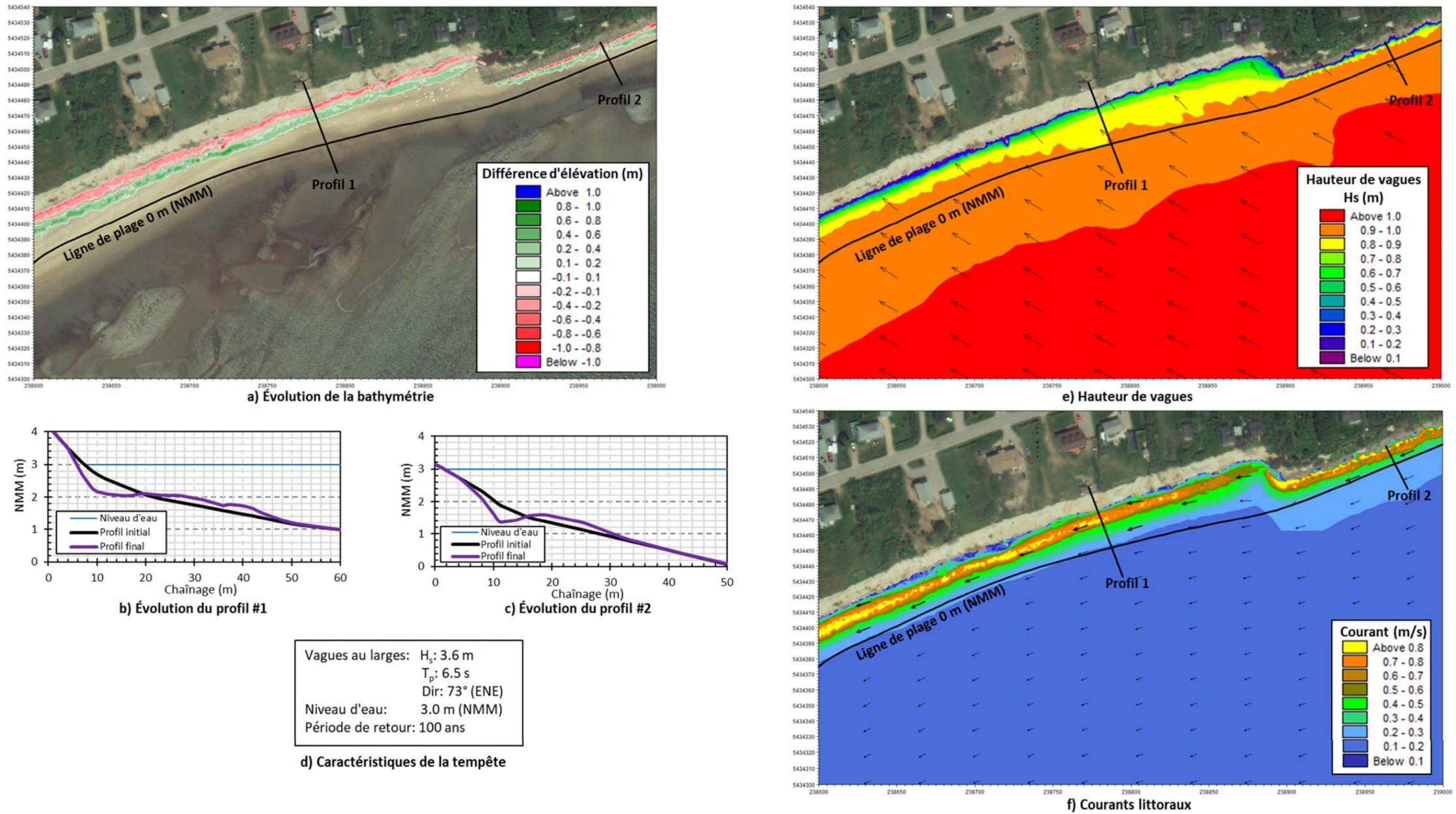
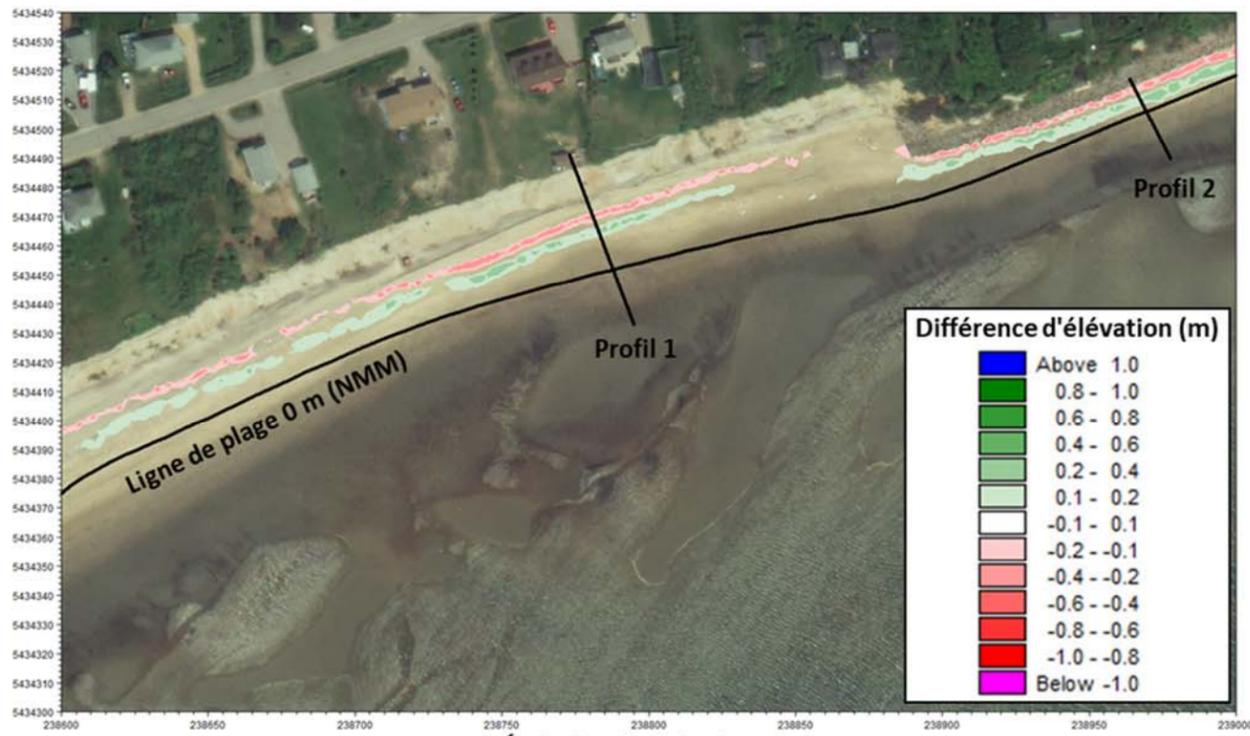
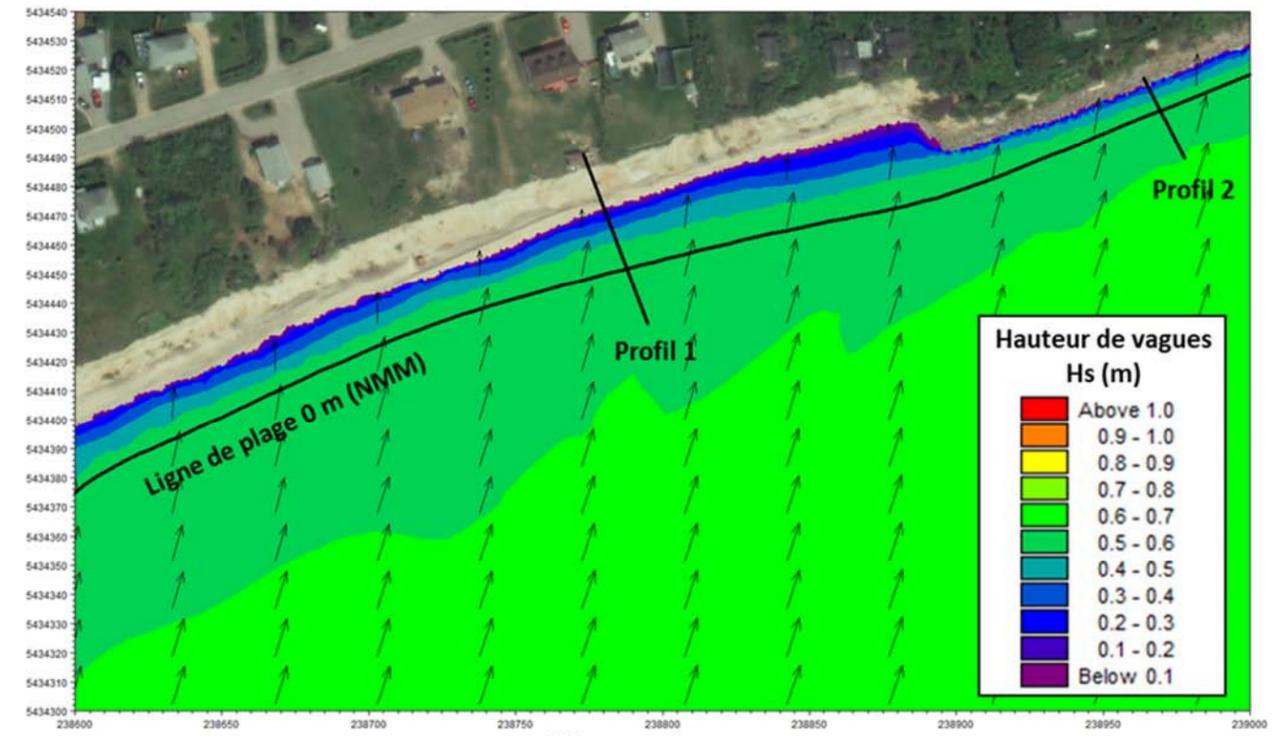


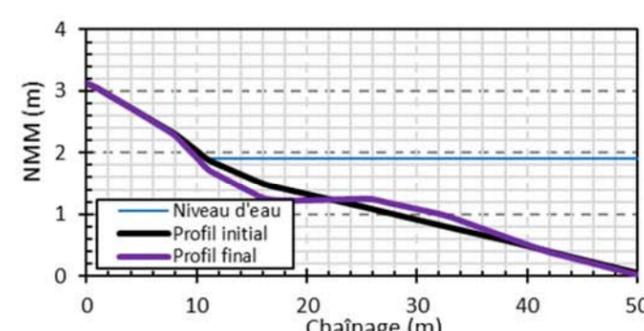
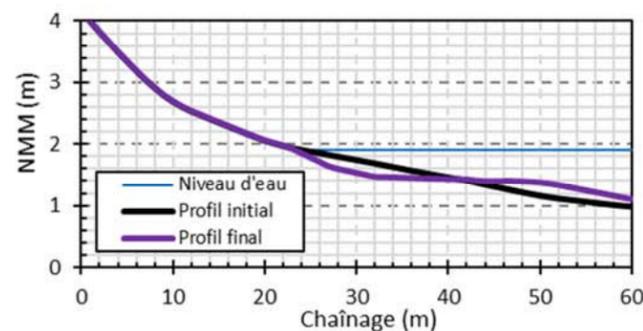
Figure 6.24: Résultats de modélisation 2D de la tempête E1 (MIKE 21)



a) Évolution de la bathymétrie



e) Hauteur de vagues

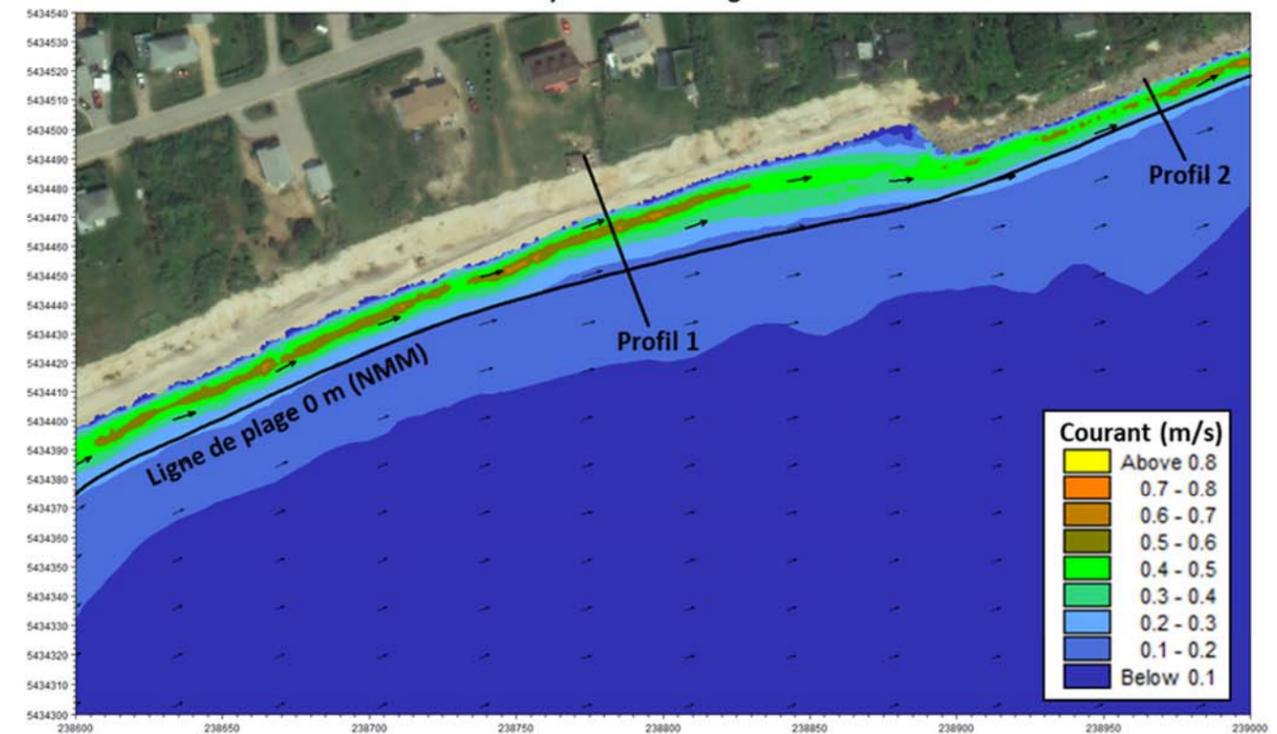


b) Évolution du profil #1

c) Évolution du profil #2

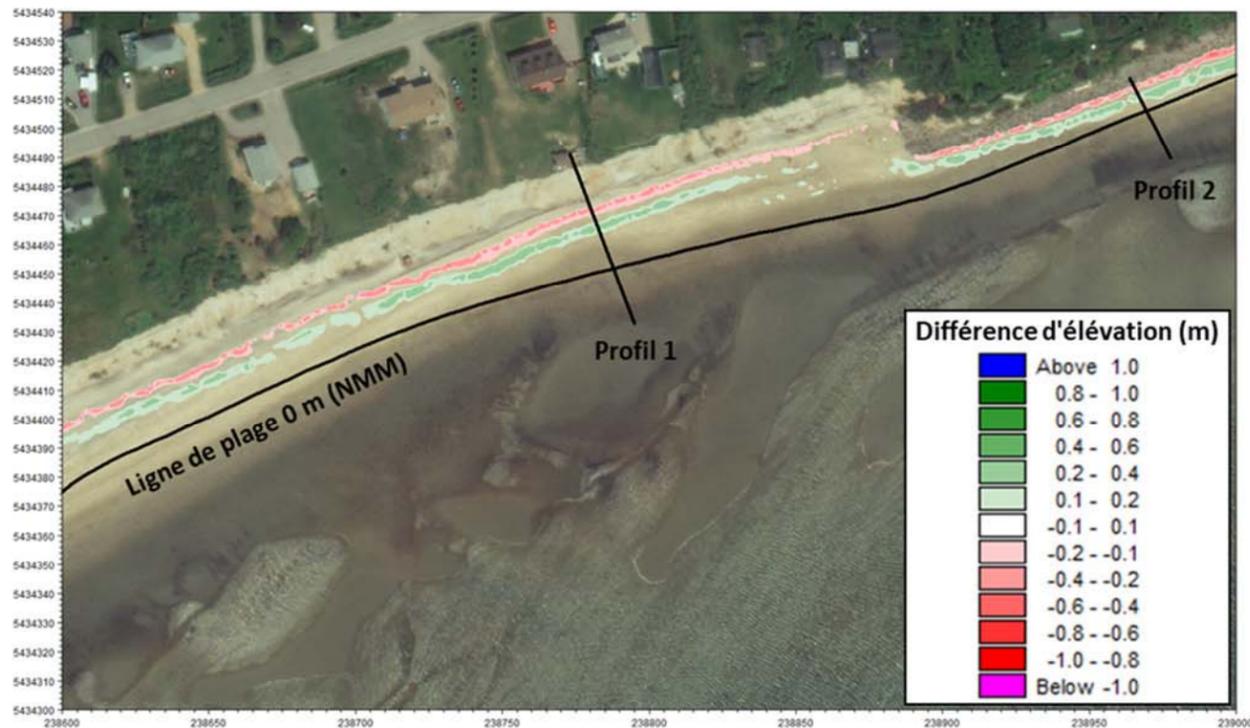
Vagues au larges: H_s : 1.7 m
 T_p : 4.1 s
 Dir: 223° (SO)
 Niveau d'eau: 1.9 m (NMM)
 Période de retour: 10 ans

d) Caractéristiques de la tempête

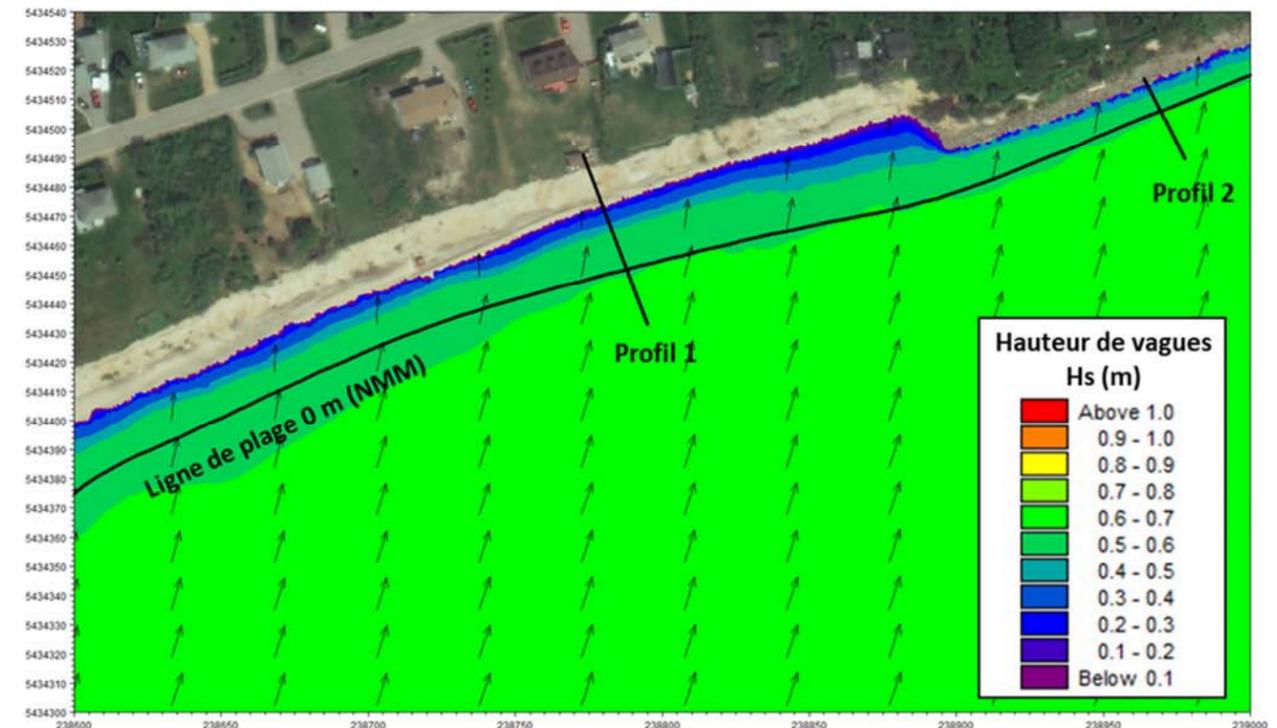


f) Courants littoraux

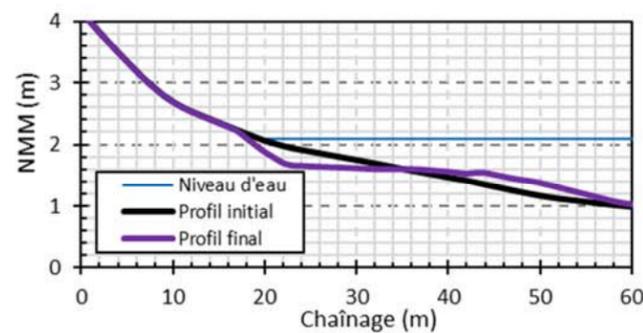
Figure 6.25: Résultats de modélisation 2D de la tempête B2 (MIKE 21)



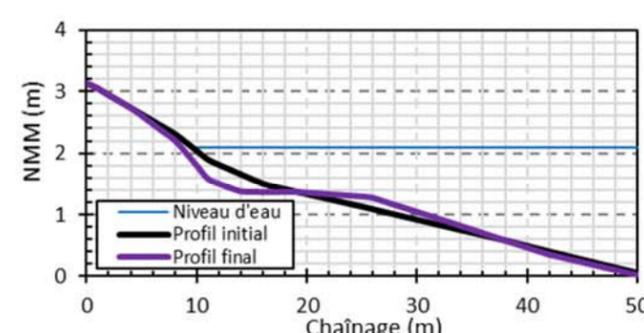
a) Évolution de la bathymétrie



e) Hauteur de vagues



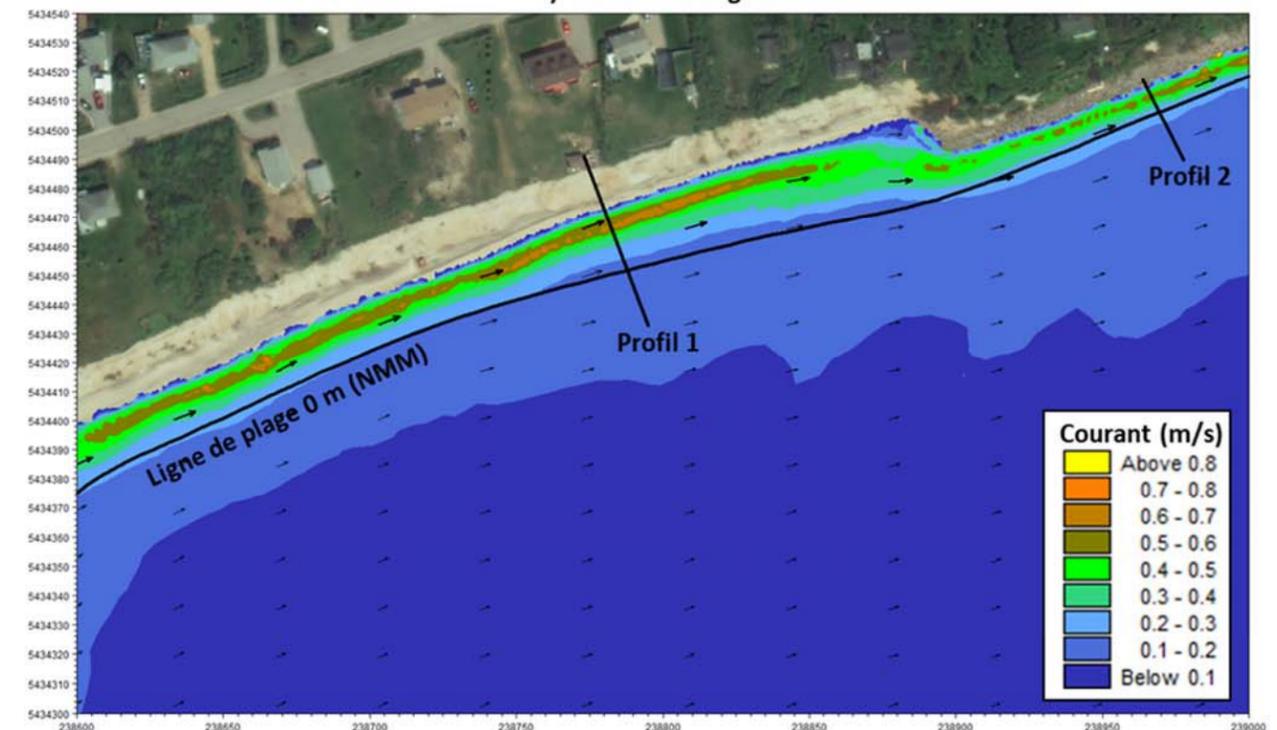
b) Évolution du profil #1



c) Évolution du profil #2

Vagues au larges: H_s : 1.9 m
 T_p : 4.2 s
 Dir: 223° (SO)
 Niveau d'eau: 2.1 m (NMM)
 Période de retour: 20 ans

d) Caractéristiques de la tempête



f) Courants littoraux

Figure 6.26: Résultats de modélisation 2D de la tempête C2 (MIKE 21)

6.3.3 Modélisation 1D en conditions actuelles (XBeach)

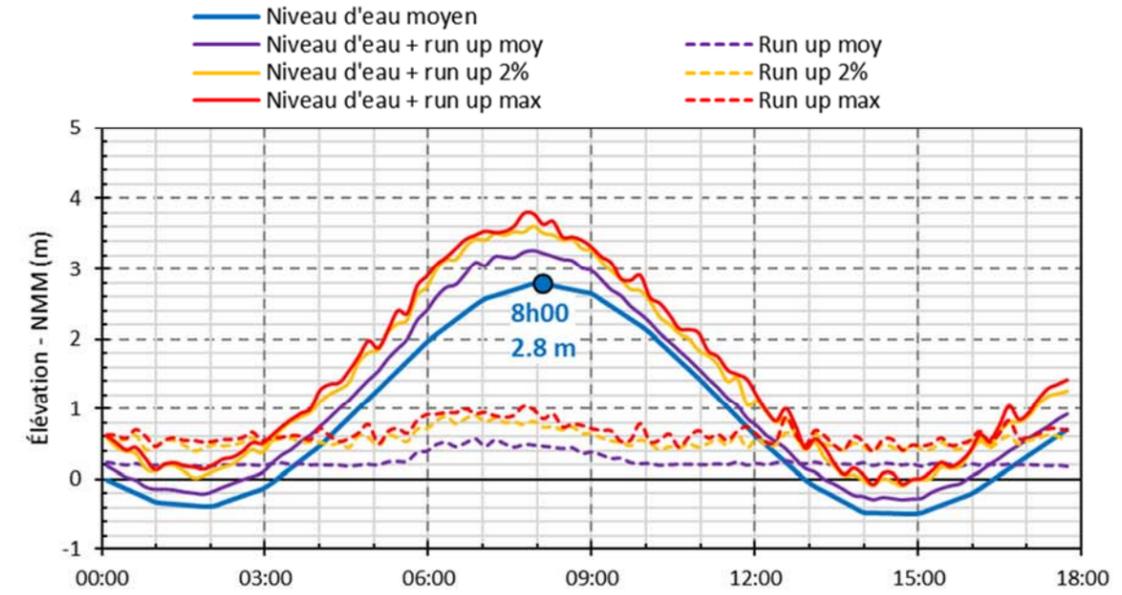
La figure 6.27 présente les résultats de modélisation 1D de l'attaque frontale des vagues pour la tempête C1 (récurrence 20 ans). En guise de rappel, le modèle utilisé (XBeach) permet de modéliser l'érosion des berges en incluant les phénomènes de run-up de vagues et de décrochement.

La figure 6.27c montre que le run-up de vagues issues de la tempête C1 atteint une hauteur moyenne de 0,45 m jusqu'à une hauteur maximale de 1 m. En superposant la hauteur de run-up au niveau d'eau maximum de la tempête (2,8 m), l'emprise de l'effet des vagues peut atteindre une élévation maximale de 3,8 m pour une tempête d'une récurrence 20 ans. Il faut toutefois spécifier que la hauteur du run-up de vagues pourrait être encore plus élevée dans un cas où la pente du profil de plage serait plus abrupte.

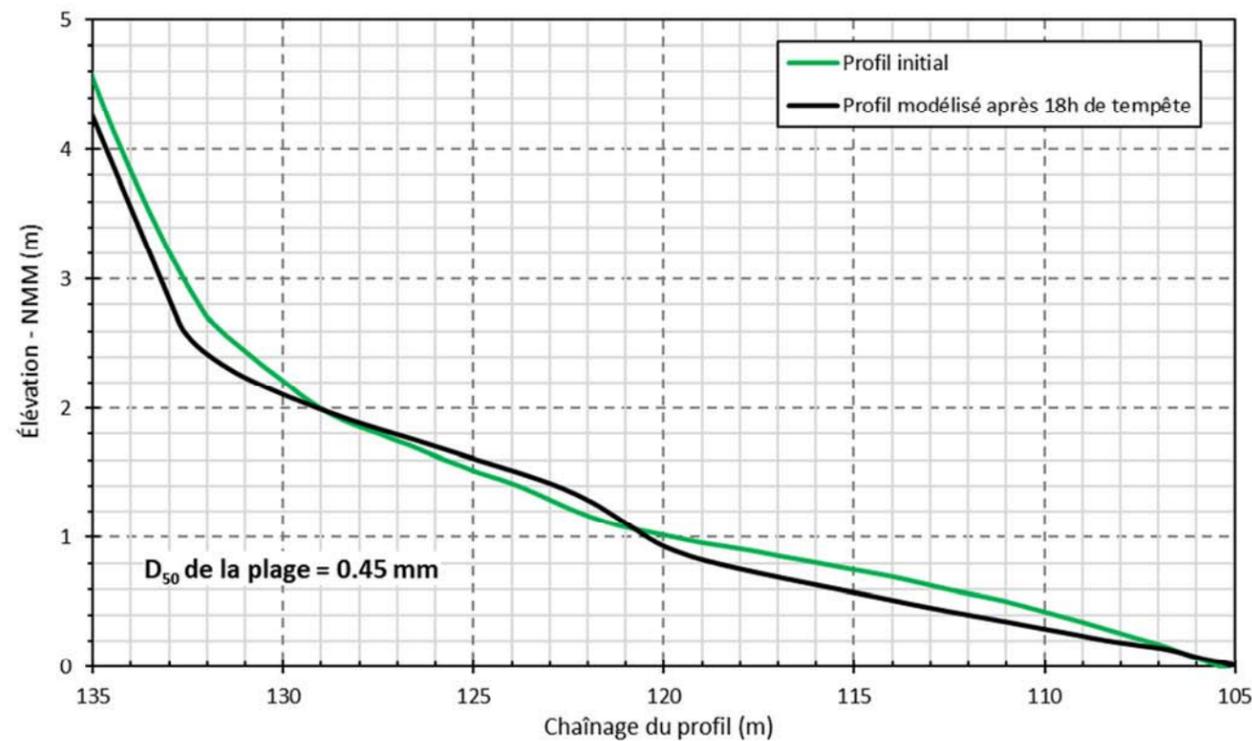
La figure 6.27b révèle un recul d'environ 1 m de la falaise suite au décrochement issu de l'action des vagues. Ce recul, causé par le transport transversal (ou attaque frontale des vagues), est relativement faible par rapport aux reculs évoqués dans la section portant sur le transport littoral à long-terme (6.2.2). En effet, il faut comparer le recul ponctuel engendré par la tempête C1, celle-ci se produisant en moyenne à tous les 20 ans, avec le recul récurrent généré par le gradient positif du transport littoral qui avait été évalué entre 30 m et 50 m en 32 ans (ou 19 m et 31 m en 20 ans). Cette comparaison révèle, encore une fois, que le transport littoral est dominant par rapport au transport transversal pour la plage de Pointe-aux-Outardes.



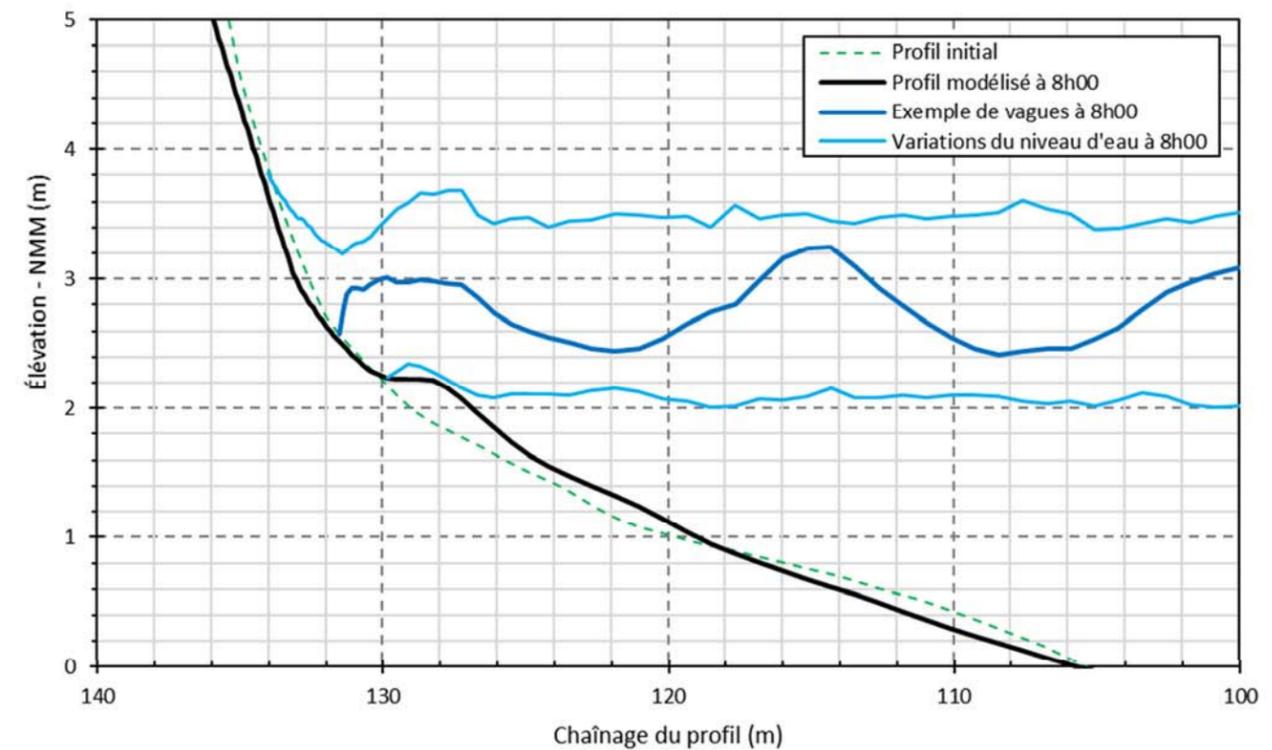
a) Localisation du profil modélisé



c) Run-up de vagues durant l'événement de tempête



b) Évolution du profil suite à une tempête



d) Illustration du phénomène de run-up de vagues durant le niveau d'eau maximum

Figure 6.27: Résultats de modélisation 1D de la tempête C1 (XBeach)

6.4 Récapitulatif de la dynamique sédimentaire actuelle

Les éléments clés à retenir sont les suivants :

- Le transport littoral (parallèle à la plage) est dominant par rapport au transport transversal (perpendiculaire à la plage) pour le secteur de Pointe-aux-Outardes.
- Le point d'inversion du transport littoral net est localisé à 1 km à l'est de l'épi de la mise à l'eau (vieux quai), l'emplacement de ce point peut toutefois facilement varier sur une distance de 1,5 km d'une année à l'autre. Le transport est orienté vers l'ouest à l'ouest de ce point et vers l'est à l'est de ce point.
- En conditions historiques (avant la mise en place des perrés en enrochements), le gradient de transport littoral net est positif (transport croissant de l'est vers l'ouest) ce qui résulte en un recul de la ligne de plage (érosion). Le modèle de transport littoral à long terme (LITPACK) calcule des reculs pouvant atteindre 10 m en 32 ans à 1 km à l'est de l'épi de la mise à l'eau.
- Les falaises de sable (calculées comme des dunes dans le modèle) longeant la plage de Pointe-aux-Outardes fournissent des apports supplémentaires en sédiments ce qui tend à ralentir la vitesse de recul de la ligne de plage.
- En présence d'un perré en enrochement, les apports de sable fournis par les falaises ne sont plus disponibles puisque la base de ces falaises est protégée de l'action des vagues, ce qui prévient l'érosion et les décrochements, donc élimine les bienfaits de ces falaises de sable (qui agissent comme des dunes) pour ce qui a trait au ralentissement de la vitesse d'érosion de la plage.
- En présence d'un perré en enrochement, le transport sédimentaire est réduit vis-à-vis de la structure. Toutefois, la transition du perré en enrochement, celui-ci étant non érodable, vers la plage naturelle, celle-ci étant composée de matériaux érodables, provoque un gradient positif important de transport littoral aux extrémités de la structure, ce qui se répercute en une érosion significative de la falaise. À cet effet, les photos aériennes historiques révèlent des reculs pouvant atteindre 30 m en 16 ans. Les résultats de modélisation de transport littoral à long-terme (LITPACK) conduisent à des valeurs cohérentes avec ces observations, avec des reculs pouvant varier entre 30 m et 50 m en 32 ans.
- Puisque les perrés engendrent un gradient de transport littoral positif, ils n'offrent pas une solution viable sur le long terme et de plus, l'érosion de leurs fondations peut éventuellement mener à un affaissement de la structure.
- En temps de tempête, l'action des vagues peut atteindre une élévation maximale de 3,8 m pour une tempête d'une récurrence 20 ans. Il faut toutefois spécifier que la hauteur du run-up de vagues pourrait être encore plus élevée dans un cas où la pente du profil de plage serait plus abrupte.

7. ANALYSE DES VARIANTES DE TRAVAUX D'INTERVENTION

7.1 Recharge de gravier de 10 mm

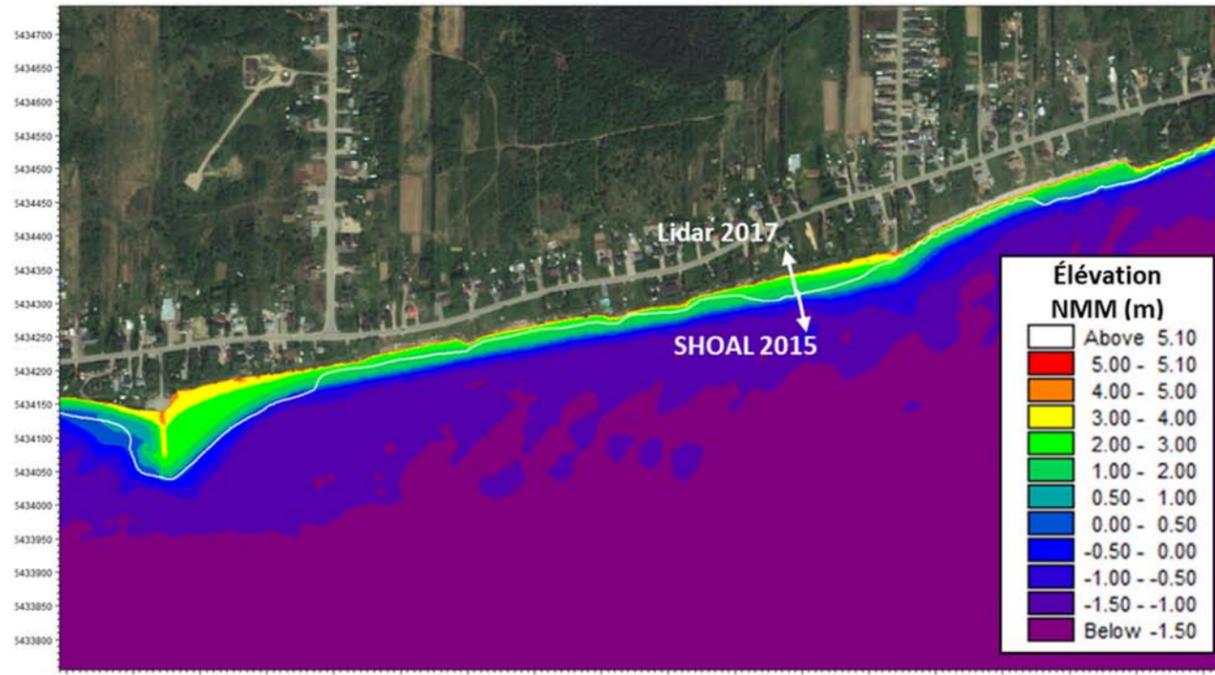
7.1.1 Dimensions et propriétés de la recharge de gravier

En décembre 2019, deux concepts de recharge granulaire avaient initialement été proposés au Ministère de la Sécurité Publique par M. Yann Ropars (CRI). Le premier concept consistait à utiliser des gravillons caractérisés par un d_{50} de 3 mm alors que le second concept utilisait un gravier possédant un d_{50} de 10 mm. En comparant les volumes de matériaux nécessaires pour obtenir des protections similaires avec ces deux variantes, il s'est avéré que la variante à 3 mm requérait deux fois plus de matériaux que celle à 10 mm. La variante à 3 mm était donc beaucoup plus coûteuse et pour cette raison, elle n'a pas été considérée dans les travaux de modélisation numérique visant à optimiser la recharge granulaire.

Les travaux de modélisation numérique se sont donc concentrés sur la variante à $d_{50} = 10$ mm. Le premier concept a été émis en décembre 2019, puis un second concept en janvier 2020, suite aux résultats de modélisation du premier concept. Ces deux concepts de recharges granulaire (toutes deux avec un d_{50} de 10 mm) sont identifiés en tant que V1 et V2 dans ce rapport.

La figure 7.1 offre un comparatif entre les variantes V1 et V2 de la recharge de gravier de $d_{50} = 10$ mm. La première variante requiert un volume de 144 000 m³ alors que la seconde nécessite un volume de 166 000 m³. La variante V2 offre moins de matériaux dans la section ouest de la recharge dans le but de concentrer les matériaux dans la zone est de la recharge, celle-ci étant plus vulnérable à l'érosion (voir figure 7.1c).

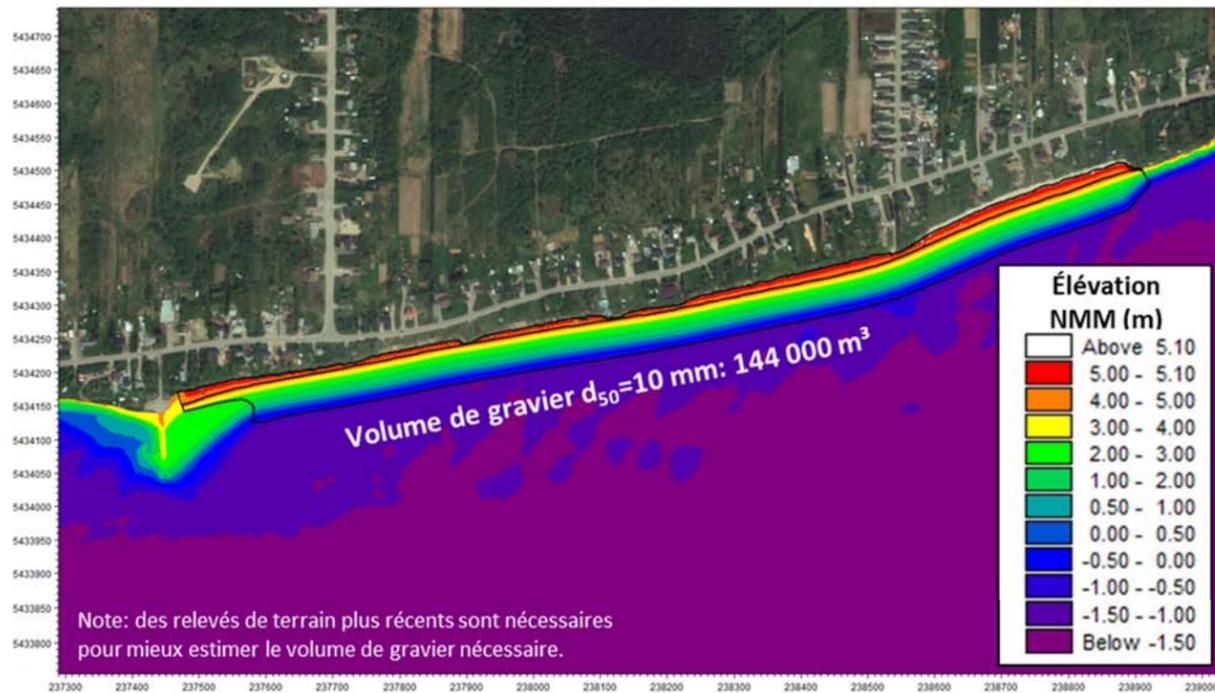
La présente section explique en détails les travaux d'optimisation ayant mené à la variante V2 à partir de la variante V1. La performance de ces deux variantes est évaluée sur une échelle à long terme (bilan sédimentaire sur plusieurs dizaines d'années) ainsi que sur le court terme (attaque frontale des vagues durant les tempêtes ponctuelles). La présence (ou l'absence) des impacts de la recharge de gravier sur la flèche sableuse à l'extrémité ouest de la plage de Pointe-aux-Outardes est également discutée dans cette section.



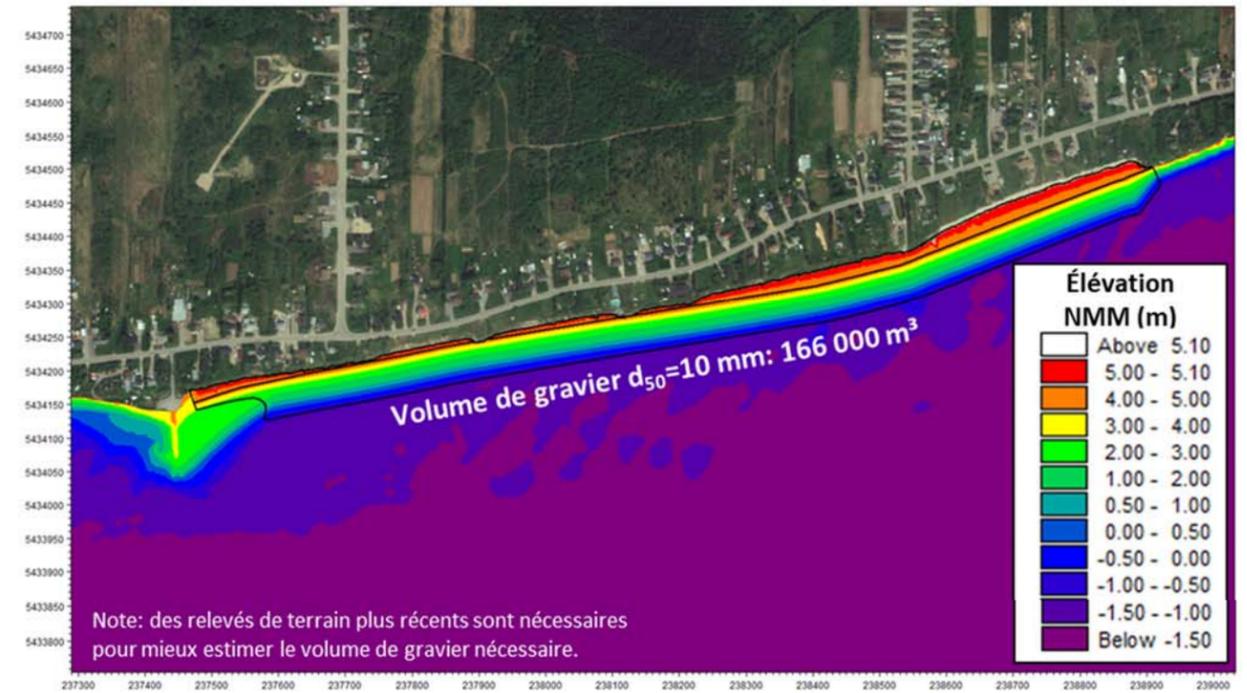
a) Bathymétrie en conditions actuelles (Lidar 2017 et SHOAL 2015)



c) Différence entre les recharges granulaires V2 et V1



b) Bathymétrie en conditions futures (Recharge granulaire V1)



d) Bathymétrie en conditions futures (Recharge granulaire V2)

Figure 7.1 : Présentation des variantes V1 et V2 des recharges de gravier

7.1.2 Évolution de la ligne de plage à long-terme (LITPACK)

Méthodologie utilisée

La méthodologie utilisée pour modéliser le transport littoral ainsi que l'évolution de la ligne de plage à long-terme (plusieurs années) est présentée à la section 6.2.1. Toutefois pour faciliter la modélisation à long-terme de la recharge de gravier, un cinquième modèle, soit le modèle « 1,5 » situé à cheval entre les modèles 1 et 2 (voir figure 6.10 à la p.54), a été utilisé afin d'englober la totalité de la recharge de gravier. Il est à noter que ce cinquième modèle a été validé en comparant les résultats calculés par ce modèle avec ceux issus des modèles 1 et 2 qui eux-mêmes avaient été validés à l'aide des campagnes de mesures de recul de haut talus effectuées par l'UQAR entre 2000 et 2018.

Le tableau 7.1 offre un comparatif des paramètres de calculs ayant été utilisés dans le modèle LITPACK pour modéliser l'évolution de la ligne de plage avec et sans la recharge de gravier.

Tableau 7.1 : Comparaison entre les paramètres de calcul en conditions historiques et futures

Paramètre	Conditions historiques (sans recharge de gravier)	Conditions futures (avec recharge de gravier)
Série temporelle de vagues et de niveaux d'eau	Ensemble des événements combinant une hauteur de vagues de plus de 0,4 m ainsi qu'un niveau d'eau de plus de -1,5 m (NMM)	Ensemble des événements combinant une hauteur de vagues de plus de 0,4 m ainsi qu'un niveau d'eau de plus de -1,5 m (NMM)
Granulométrie	Sable de 0,45 mm	Gravier de 10 mm
Structures	Conditions historiques (seulement épi de la mise à l'eau)	Conditions historiques (seulement épi de la mise à l'eau)
Ligne de plage (0 m NMM)	1979	Recharges granulaires V1 ou V2
Profondeur active	2,5 m	2,5 m
Hauteur des falaises (dunes)	12 m (sable)	3,5 m (gravier)

Recharge de gravier V1

Les figures 7.2 et 7.3 illustrent les résultats de modélisation du transport littoral à long-terme (LITPACK) pour la recharge V1. Ces résultats sont obtenus en utilisant une granulométrie de 10 mm pour la recharge de gravier et 0,45 mm pour le sable de la plage naturelle. En guise de rappel, la section 6.2.2 (p.55) offre une explication sur la façon d'interpréter les résultats des graphiques de transport littoral.

La figure 7.2b montre que le transport littoral net (intégrant les deux directions) est pratiquement nul entre l'épi de la mise à l'eau et le chaînage 1200 m, ce qui se traduit en une très faible évolution de la position de la ligne de plage sur une période de 32 ans (figure 7.2a). Toutefois à partir du chaînage 1150 m (1150 m et moins), le transport net augmente en se déplaçant vers l'est ce qui engendre un gradient positif de transport net. Ce gradient positif est la raison pour laquelle la ligne de plage subit un recul important

à l'est du chaînage 1150 m : la quantité de sédiments en provenance de l'ouest est insuffisante pour combler le départ de sédiments vers l'est. À cet effet, il est pratiquement impossible de combler le départ de sédiments au chaînage 1150 m puisqu'il s'agit de la position moyenne du point d'inversion du transport net. Il faut toutefois spécifier que la localisation de ce point d'inversion peut varier sur une distance de plus de 1,5 km d'une année à l'autre tel qu'illustré sur la figure 7.3c.

Il est prévu que la recharge de gravier subira un recul important à deux endroits en particulier:

1. Au chaînage 850 m vis-à-vis du petit épi présent en conditions actuelles;
2. Au chaînage 500 m, soit à l'extrémité est de la recharge de gravier.

Au chaînage 850 m, la forme bombée de la recharge de gravier fait en sorte qu'elle est loin de son état d'équilibre, ce qui, en conséquence, engendre un recul accéléré de la ligne de plage durant les trois premières années (voir figure 7.3b au chaînage 870 m). Il faut aussi souligner le fait qu'en conditions actuelles, la ligne de plage montre une certaine forme bombée en raison de la présence du petit épi. Or en conditions futures, ce petit épi sera enseveli par la recharge de gravier ce qui explique pourquoi l'état d'équilibre sera différent en conditions futures par rapport aux conditions de référence. Les résultats du modèle révèlent une durée de 10 ans avant que la ligne de plage de la recharge V1 rejoigne celle de la plage naturelle en 2017. Pour cette raison, il est admissible d'évaluer la durée de vie de la recharge de gravier à environ 10 ans dans ce secteur.

La figure 7.2b montre que le gravier érodé aux alentours du chaînage 850 m est essentiellement transporté vers l'est. La recharge de gravier est donc remodelée d'une manière à lisser sa forme générale telle qu'illustrée sur la figure 7.2a (voir ligne de plage après 10 ans). Une fraction du gravier érodé aux alentours du chaînage 850 m est également transporté vers l'ouest ce qui permet de générer une légère accrétion au chaînage 1500 m.

Au chaînage 500 m, l'extrémité est de la recharge granulaire fait en sorte que la ligne de plage est loin de son état d'équilibre, ce qui engendre un recul accéléré durant les trois premières années (voir figure 7.3b au chaînage 500 m). Le gravier érodé à cet endroit est essentiellement transporté vers l'est, puis déposé vis-à-vis du perré en enrochement (chaînage 400 m) pour ainsi créer une zone d'accrétion durant les cinq premières années. À partir de la cinquième année, le gravier érodé à l'extrémité de la recharge migre encore plus loin vers l'est (sans nécessairement se déposer devant le perré en enrochement) et à partir de la vingtième année, la ligne de plage incluant la recharge granulaire V1 rejoint celle de la plage naturelle en 2017. La recharge de gravier sera donc efficace pour une durée de 20 ans à son extrémité est.

À la lumière des résultats de modélisation, la section ouest de la recharge de gravier V1 est beaucoup moins affectée que la section est pour ce qui a trait à l'érosion engendrée par le transport littoral à long-terme. Pour cette raison, une avenue d'optimisation consiste à diminuer la quantité de matériaux de la recharge pour la section ouest afin d'en ajouter dans la section est. Il demeure toutefois nécessaire de maintenir une protection suffisante pour la section ouest de la recharge puisque lors de l'attaque frontale des vagues générées par les tempêtes ponctuelles, elle sera impactée aussi sévèrement que la section est. Pour cette raison, la variante V2 met en œuvre 22 000 m³ de gravier supplémentaire (voir figure 7.1).

Recharge de gravier V2

Les figures 7.4 et 7.5 illustrent les résultats de modélisation du transport littoral à long-terme (LITPACK) pour la recharge V2. Ces résultats sont obtenus en utilisant une granulométrie de 10 mm pour la recharge de gravier et de 0.45 mm pour le sable de la plage naturelle. Rappelons que la section 6.2.2 (p.55) offre une explication sur la façon d’interpréter les résultats des graphiques de transport littoral.

La figure 7.4 montre que le patron de déformation de la recharge V2 est pratiquement semblable à celui de la recharge V1 : un recul important est observé entre les chaînages 500 m et 1150 m. La recharge V2 offre toutefois une protection supplémentaire dans le secteur du petit épi actuellement en place au chaînage 850 m, ce qui lui permet de prolonger sa durée de vie utile. En effet tel qu’illustré sur figure 7.5b au chaînage 870 m, une durée d’environ 25 ans est nécessaire avant que la ligne de plage de la recharge V2 atteigne celle de l’année 2017 (comparativement à 10 ans pour la recharge V1). À son extrémité est, la recharge V2 offre une protection efficace sur une durée d’un peu plus de 32 ans (voir figure 7.5b au chaînage 400 m), comparativement à 20 ans pour la recharge V1.

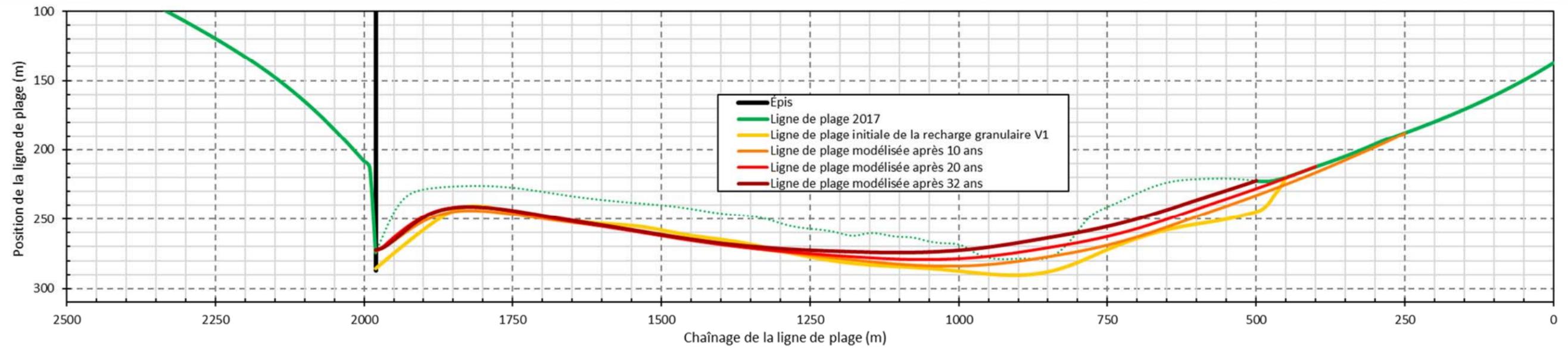
Puisque le modèle LITPACK ne permet pas d’utiliser simultanément les deux formulations distinctes pour le transport des matériaux de sable et de gravier au sein d’une même simulation, il devient difficile de modéliser le patron de déformation de la ligne de plage à la transition du gravier au sable, soit aux deux extrémités de la recharge de gravier. Toutefois en considérant le transport net calculé par le modèle en conditions historiques (avec sable de 0,45 mm) ainsi qu’en conditions futures (avec gravier de 10 mm), il devient possible de calculer un gradient de transport engendré par la transition du gravier vers le sable. Ainsi, à l’ouest de la recharge de gravier (et donc à l’ouest de l’épi de la mise à l’eau), un recul de 5 m en 32 ans est prévu selon le gradient de transport calculé par les deux simulations du modèle de transport littoral à long-terme. À l’est de la recharge, le recul anticipé est de 15 m en 32 ans. Il faut toutefois préciser qu’à cet endroit, un recul d’environ 10 m est déjà calculé en conditions historiques par le modèle (voir figure 6.17 à la p.65). La recharge V2 ajouterait donc un recul supplémentaire de 5 m en 32 ans (s’ajoutant au recul de 10 m) à l’est de celle-ci.

Récapitulatif

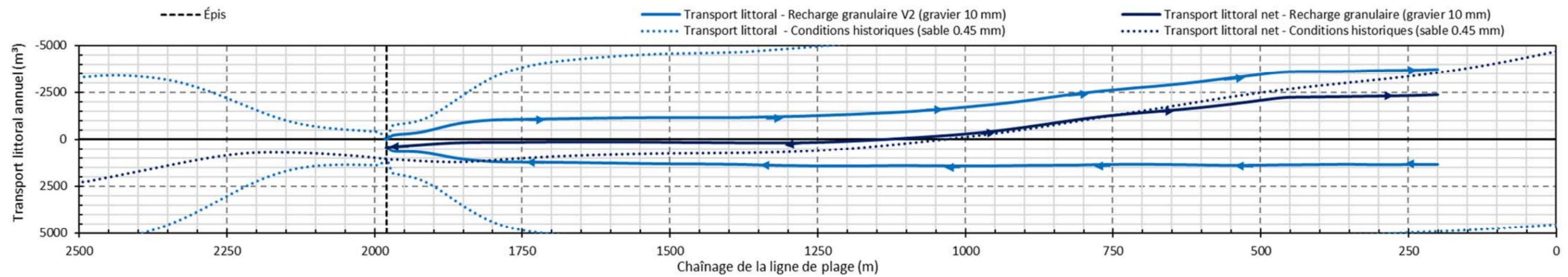
Tel qu’indiqué sur le tableau 7.2, la durée de vie utile de la recharge granulaire est conditionnée par la zone vis-à-vis du petit épi actuellement en place au chaînage 850 m. À cet effet, la durée de vie de la recharge est évaluée à 10 ans pour la V1 et 25 ans pour la V2. L’ajout de 22 000 m³ (soit 15%) de gravier dans la zone la plus vulnérable permet donc de prolonger la durée de vie d’un facteur 2,5. Pour cette raison, il est fortement recommandé de protéger la plage de Pointe-aux-Outardes à l’aide de la recharge de gravier V2 caractérisée par un d₅₀ de 10 mm.

Tableau 7.2 : Comparaison entre les variantes de recharge V1 et V2

Variante	Volume de gravier 10 mm (approximatif)	Durée de vie de la protection de la recharge	
		Vis-à-vis du petit épi (Chaînage 850 m)	À l’extrémité est (Chaînage 500 m)
Recharge V1	144 000 m ³	10 ans	20 ans
Recharge V2	166 000 m ³	25 ans	32 ans



a) Évolution de la ligne de plage de la recharge granulaire V1



b) Transport littoral brut et net de la recharge granulaire V1

Figure 7.2 : Évolution de la ligne de plage de la recharge granulaire V1 et transport littoral à long-terme (modélisée avec LITPACK)

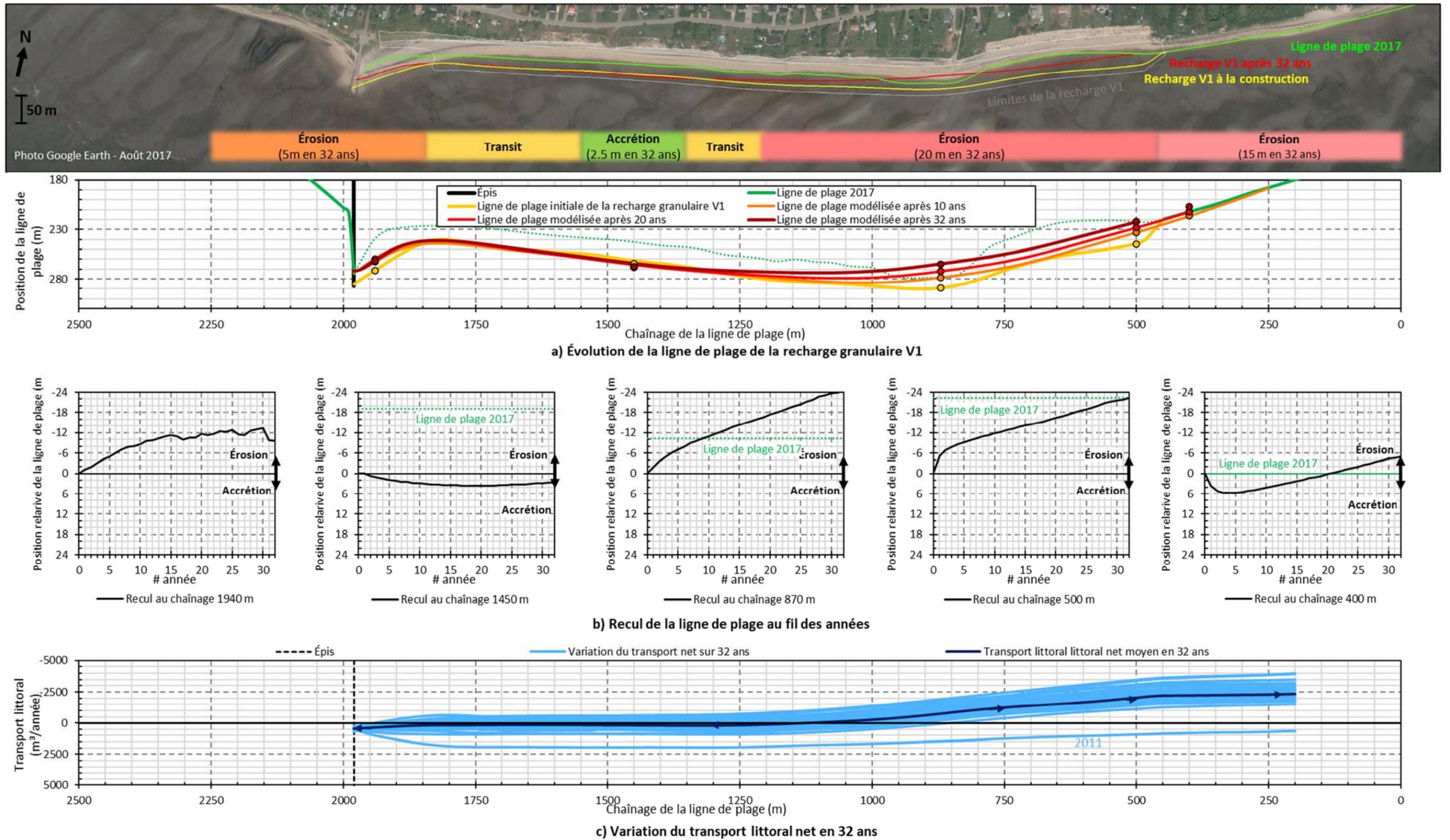
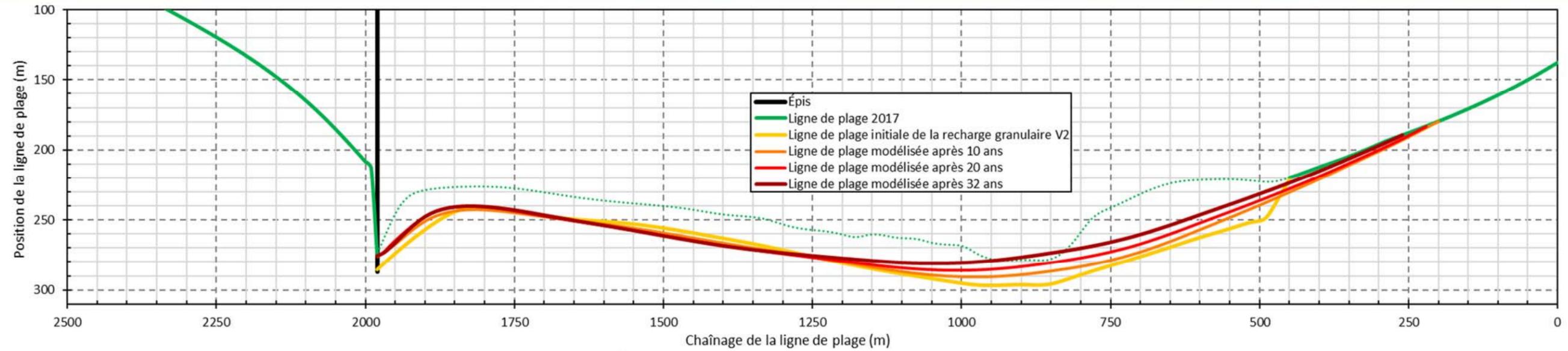
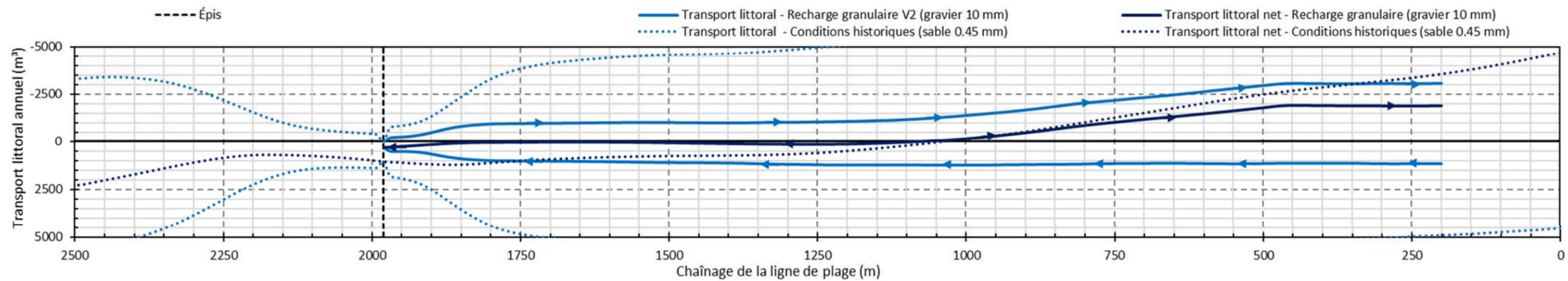


Figure 7.3 : Évolution de la ligne de plage de la recharge granulaire V1 et variation du transport littoral net en fonction des années (modélisée avec LITPACK)



a) Évolution de la ligne de plage de la recharge granulaire V2



b) Transport littoral brut et net de la recharge granulaire V2

Figure 7.4: Évolution de la ligne de plage de la recharge granulaire V2 et transport littoral à long-terme (modélisée avec LITPACK)

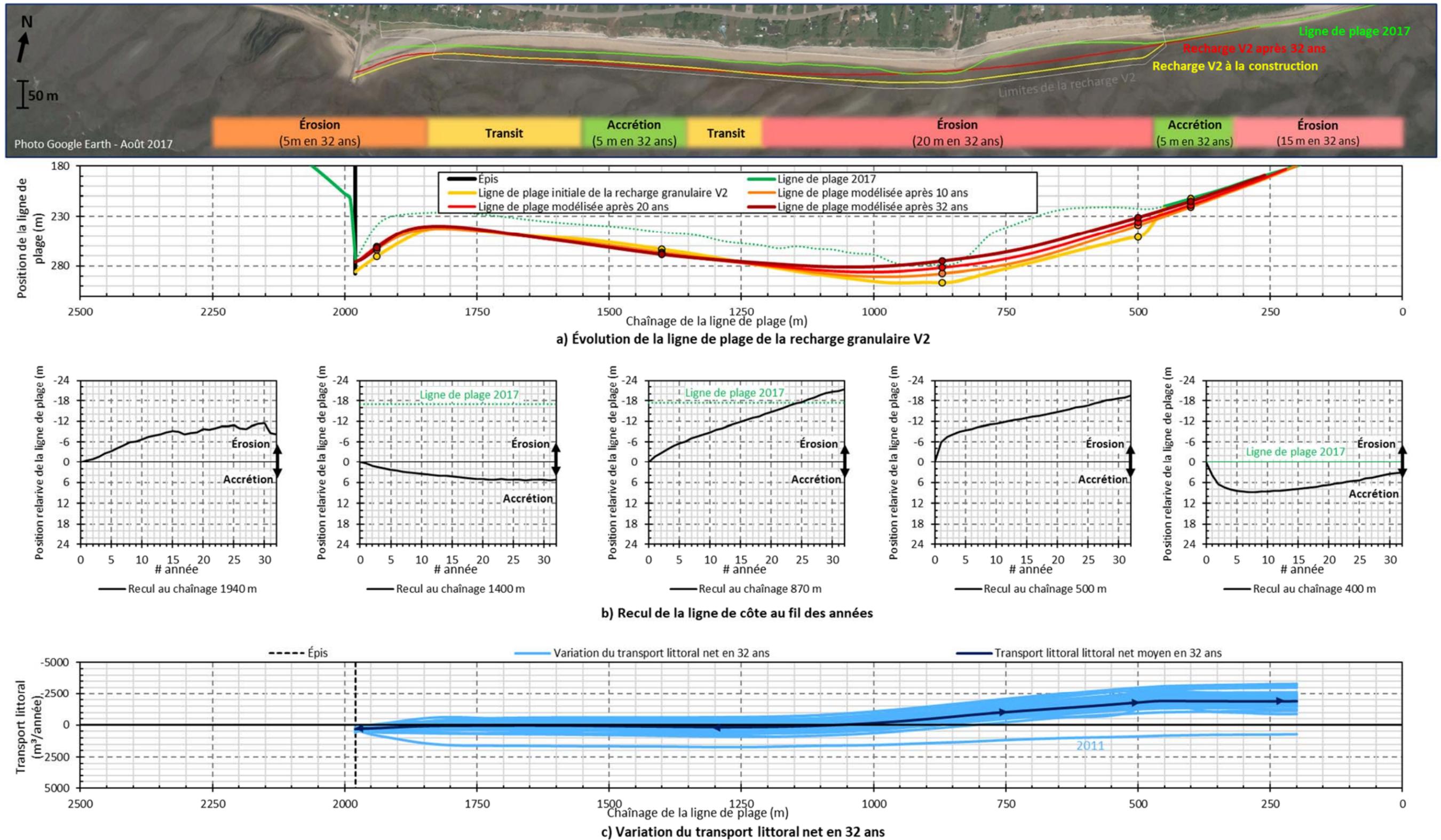


Figure 7.5: Évolution de la ligne de plage de la recharge granulaire V2 et variation du transport littoral net en fonction des années (modélisée avec LITPACK)

7.1.3 Réponses aux fortes tempêtes ponctuelles (XBeach)

La méthodologie présentée à la section 6.3.1 a été utilisée pour modéliser l’attaque frontale des vagues (durant les événements de fortes tempêtes ponctuelles) sur la recharge de gravier. Le modèle XBeach (1D) a donc été utilisé pour modéliser l’évolution du profil de construction ainsi que du profil d’équilibre théorique consécutif à divers événements de tempête. Ce type de modélisation permet entre autres de valider la hauteur de la crête de la recharge granulaire, celle-ci étant localisée à une élévation de 4,9 m (NMM).

La figure 7.6 présente les résultats de modélisation de transport transversal obtenu avec le modèle XBeach. Les figures 7.6b et 7.6d illustrent l’évolution des profils de construction et d’équilibre respectivement suite à divers événements de tempête (non successifs). La figure 7.6c affiche quant à elle la hauteur atteinte par le run-up des vagues pour la tempête E1 (récurrence de 100 ans).

La figure 7.6b montre que le profil de construction subit des reculs rapides suite aux premiers événements de tempête. En effet, ces reculs atteignent 1,5 m, 2 m et 3 m pour les tempêtes A1, C1 et E1 respectivement (récurrence 5, 20 et 100 ans). Une fois le profil théorique d’équilibre atteint (figure 7.6d), les reculs engendrés par les événements de tempêtes deviennent beaucoup moins importants, ceux-ci étant évalué à moins de 1 m pour les tempêtes A1 et C1 et d’environ 2 m pour la tempête E1. La comparaison du recul ponctuel engendré par la tempête C1 (2 m), celle-ci se produisant en moyenne tous les 20 ans, avec le recul récurrent généré par le gradient positif du transport littoral qui avait été évalué à environ 20 m en 32 ans (ou 12,5 m en 20 ans), révèle encore une fois que le transport littoral est dominant par rapport au transport transversal pour la plage de Pointe-aux-Outardes.

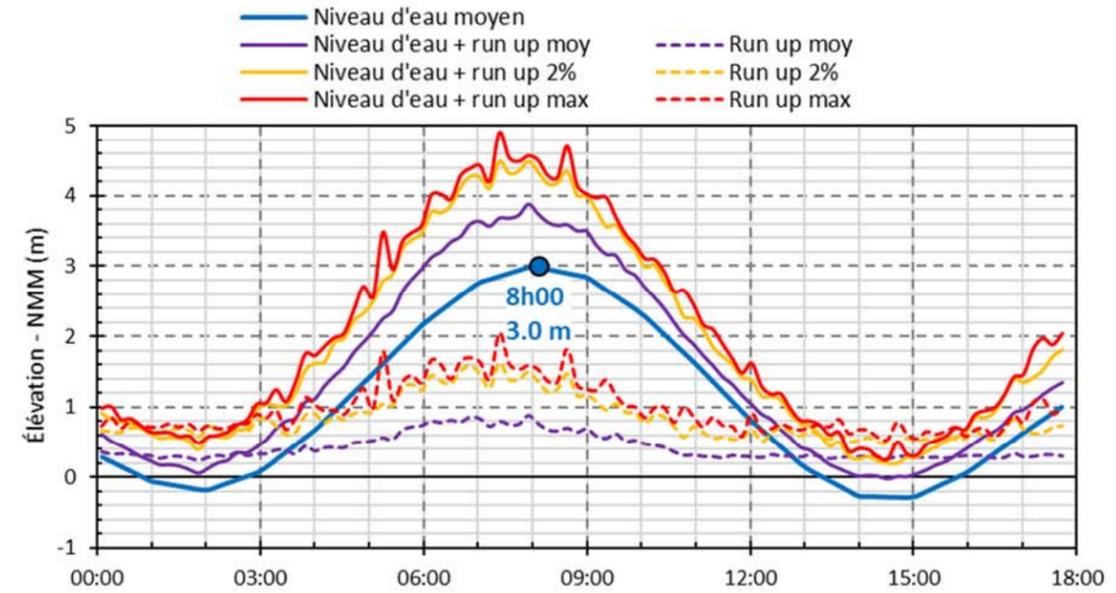
La figure 7.6d montre la présence de bourrelets de gravier « *swash bar* » au-dessus de l’élévation maximale atteinte par le niveau d’eau (en excluant le run-up) ce qui révèle un comportement hydro-sédimentaire typique des plages de gravier et de galets. En effet en raison de la conductivité hydraulique plus élevée du gravier (par rapport au sable), les courants de « run-up » ont tendance à transporter et déposer des matériaux en haut de plage plutôt que de les ramener en bas de plage (comme dans le cas des plages de sable).

La figure 7.6c montre que le run-up des vagues issues de la tempête E1 (récurrence 100 ans) peut atteindre une hauteur maximale de 2 m. Ainsi en additionnant cette hauteur au niveau d’eau maximum atteinte durant cette tempête, soit 3 m (NMM), l’élévation maximale atteinte par les vagues est très légèrement supérieure à 4,9 m, mais inférieure à 5,0 m. L’élévation atteinte par 2% des vagues est quant à elle égale à environ 4,5 m. Il est important de garder à l’esprit que ces hauteurs de run-up correspondent à un événement de tempête d’une récurrence de 100 ans et qu’en guise de comparaison, l’élévation maximale atteinte par les vagues serait de 4,0 m pour un événement d’une récurrence de 20 ans.

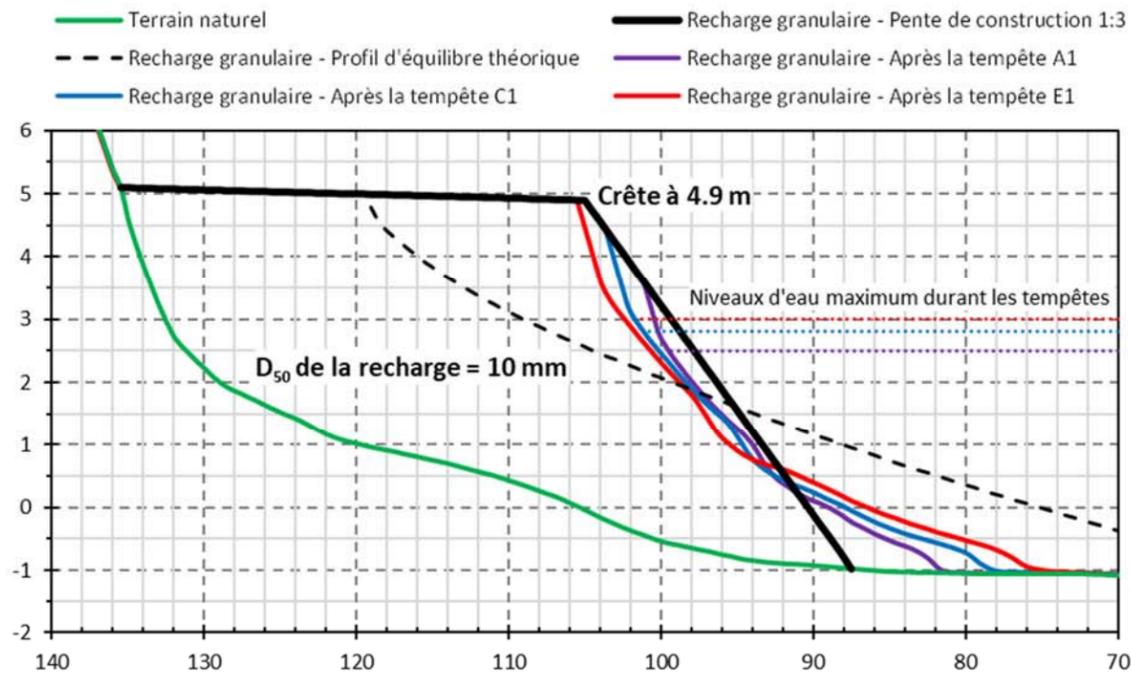
Une analyse de sensibilité a été réalisée en effectuant une simulation avec un niveau d’eau constant à une élévation de 3,0 m (100 ans) durant une période de 18 heures consécutives. Même en considérant ce scénario très conservateur et peu réaliste, le recul du profil de construction ne dépasse pas 4 m et l’élévation maximale atteinte par les vagues demeure inférieure à 5,0 m. Ainsi à la lumière des résultats de modélisation de l’attaque frontale des vagues, une hauteur de crête à 4,9 m (NMM) est suffisante pour le secteur de Pointe-aux-Outardes.



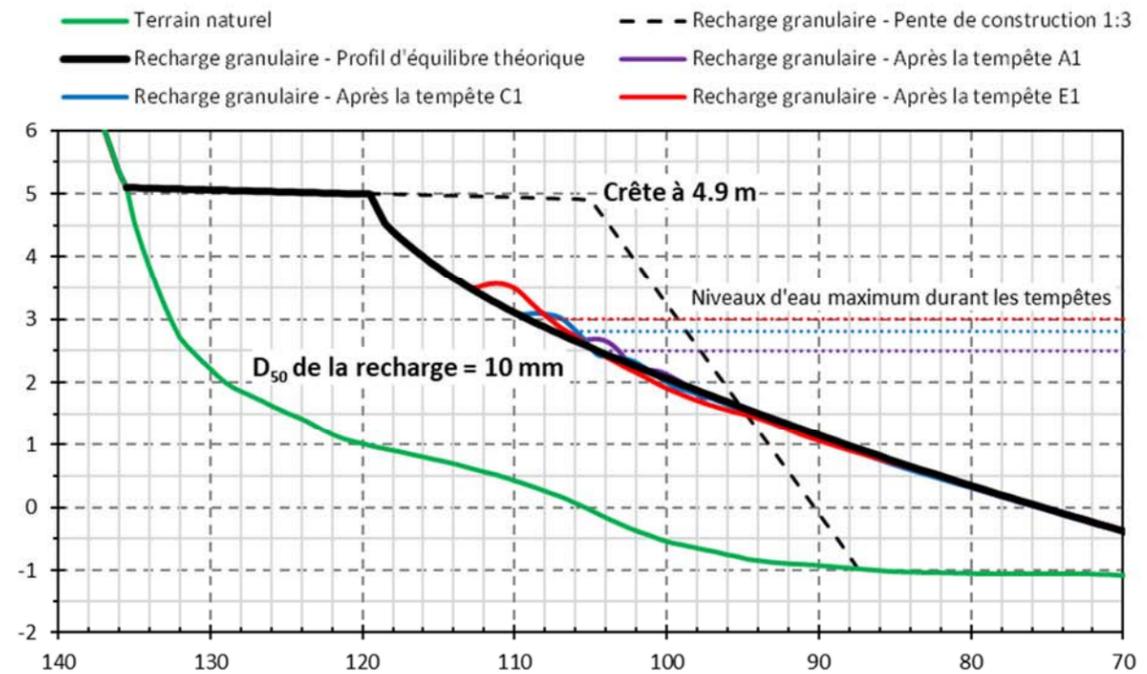
a) Localisation du profil modélisé



c) Run-up de vagues sur le profil de construction durant l'événement de tempête E1



b) Impact des tempêtes ponctuelles sur le profil de construction de la recharge granulaire



d) Impact des tempêtes ponctuelles sur le profil d'équilibre de la recharge granulaire

Figure 7.6 : Résultats de modélisation de l'attaque frontale des vagues sur la recharge de gravier en temps de fortes tempêtes (modélisés avec XBeach-G)

7.1.4 Impacts de la recharge granulaire sur la flèche sableuse à l'ouest du site

Étant donné la composition des matériaux de la recharge de gravier (d_{50} de 10 mm), il est prévu que le transport littoral subisse une diminution dans la zone visée par la recharge de gravier ainsi qu'à proximité de celle-ci. La présente section a pour but d'analyser l'emprise de la zone affectée par la diminution du transport littoral à l'ouest de la recharge de gravier. Plus spécifiquement, cette section vise à déterminer si la flèche sableuse, localisée à 4 km à l'ouest de la recharge de gravier (voir figure 7.7), subira une diminution d'apport sédimentaire et, si c'est le cas, de quantifier cette diminution.



Figure 7.7 : Localisation de la flèche sableuse

La figure 7.4b montre que le transport littoral net (orienté vers l'ouest) vis-à-vis de l'épi de la mise à l'eau est d'environ $1000 \text{ m}^3/\text{année}$ en conditions historiques (avec sable de 0.45 mm) alors qu'en conditions futures (avec gravier de 10 mm), le transport net à ce même endroit n'est que de $300 \text{ m}^3/\text{année}$. Une réduction de 70% est donc à prévoir pour l'apport sédimentaire vis-à-vis de l'épi de la mise à l'eau entre les conditions historiques et futures.

Tel que mentionné précédemment, le modèle LITPACK ne permet pas d'utiliser les deux formulations distinctes pour le transport des matériaux de sable et de gravier au sein d'une même simulation. Il n'est donc pas possible de modéliser de manière intégrée le transport littoral à long terme en considérant du sable à l'ouest de l'épi de la mise à l'eau et du gravier à l'est de celui-ci dans une même simulation. Les résultats de transport de sable et de gravier affichés sur la figure 7.4b proviennent de deux simulations indépendantes (une pour le sable et l'autre pour le gravier).

Il existe tout de même une manière permettant de schématiser la réduction de 70% du transport littoral tout en considérant une granulométrie constante dans l'ensemble du modèle numérique. La méthode consiste à prolonger de manière fictive (seulement dans le modèle LITPACK) l'épi de la mise à l'eau de manière à bloquer davantage de sédiments afin d'obtenir la réduction désirée, soit 70% dans ce contexte.

En prolongeant l'épi de la mise à l'eau d'une longueur d'environ 30 m vers le large, le transport littoral orienté vers l'ouest est réduit de 70% vis-à-vis de cet épi. À cet effet, la figure 7.8 illustre les résultats de modélisation du transport littoral à long-terme en conditions historiques (courbe en orange) ainsi qu'en conditions futures (courbe rouge), c'est-à-dire en prolongeant l'épi d'une longueur de 30 m dans le but de schématiser la présence de gravier à l'est de celui-ci.

La figure 7.8 montre que 100 m plus loin à l'ouest de l'épi (et donc de la recharge de gravier), la diminution passe de 70% à 50%. À 500 m de la recharge, la diminution est de 25% et descend à 10% à 600 m pour finalement être pratiquement nulle à une distance de 850 m de la recharge de gravier. À une distance de 1 km de la recharge granulaire, la courbe de transport en conditions futures rejoint celle des conditions historiques; c'est l'emprise de la zone impactée par la recharge de gravier.

Ainsi sur un horizon de 32 ans, il est prévu que la recharge de gravier engendre un impact, soit une diminution au niveau du transport littoral, sur une distance de 1 km à l'ouest de la recharge. Or, cette distance est quatre fois plus faible que celle qui sépare la recharge de la flèche sableuse (4 km à l'ouest). Il n'est donc pas prévu, sur un horizon de 32 ans, que la recharge granulaire engendre un impact significatif sur la flèche sableuse.

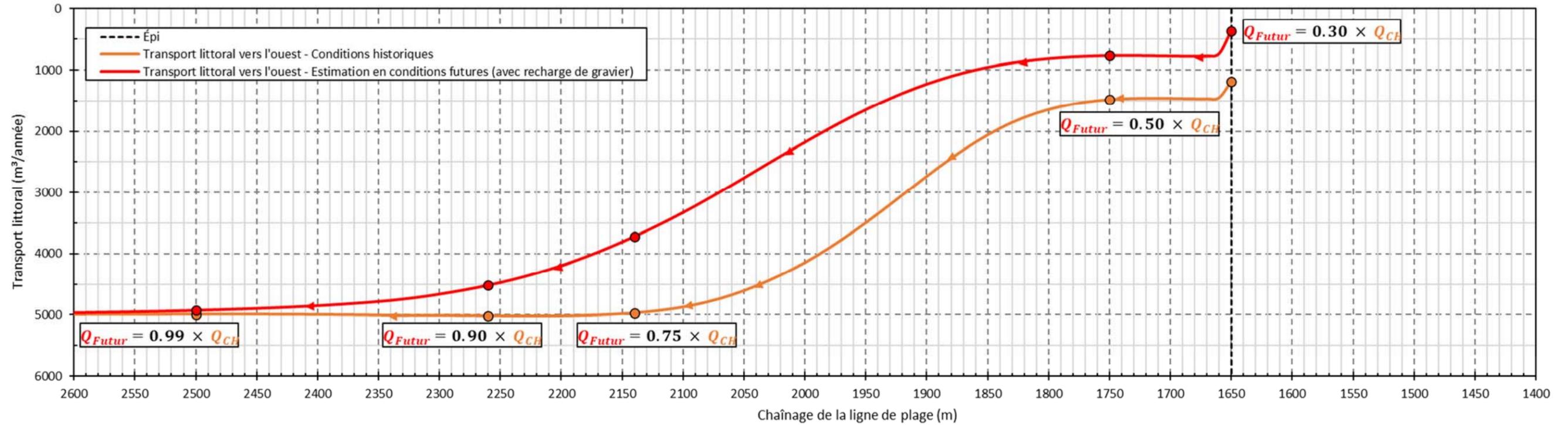


Figure 7.8 : Évaluation de l'emprise de la zone impactée par la recharge granulaire V2

7.2 Champs d'épis

7.2.1 Dimensions et propriétés des épis

En complément à la variante d'intervention de la recharge de gravier (section 7.1), une variante comportant un champ d'épis est considérée dans les travaux de modélisation à long-terme (plusieurs années). Ces travaux de modélisation ont pour but d'évaluer la performance offerte par une telle variante au niveau de la protection des berges. Plus spécifiquement, la modélisation numérique permet de quantifier les impacts engendrés par les épis d'un point de vue d'évolution morphologique de la plage sur le long terme.

Deux variantes de champs d'épis sont considérées dans les travaux de modélisation numérique. La première variante consiste à ajouter 3 épis à l'est de l'épi de la mise à l'eau (pour un total de 4 épis) alors que la deuxième variante en ajoute 5 (pour un total de 6 épis). Chaque épi possède une longueur similaire à celle de l'épi de la mise à l'eau et l'espacement entre les épis est de 500 m pour la variante à 4 épis et 300 m pour celle à 6 épis.

Les deux variantes de champs d'épis ne possèdent pas de recharge granulaire entre les épis. Cette option est toutefois discutée dans la section 7.2.2.

7.2.2 Évolution de la ligne de plage à long-terme (LITPACK)

Méthodologie

La méthodologie utilisée pour modéliser le transport littoral ainsi que l'évolution de la ligne de plage à long-terme (plusieurs dizaines d'années) est présentée à la section 6.2.1. Toutefois pour faciliter la modélisation à long-terme du champ d'épis, un cinquième modèle, soit le modèle 1,5 situé à cheval entre les modèles 1 et 2 (voir figure 6.10 à la p.54), a été utilisé afin d'englober la totalité du champ d'épis. Il est à noter que ce cinquième modèle a été validé en comparant les résultats calculés par ce modèle avec ceux issus des modèles 1 et 2, eux-mêmes validés à l'aide des campagnes de mesures de recul de haut talus effectuées par l'UQAR entre 2000 et 2018.

Le Tableau 7.3 offre un comparatif des paramètres de calculs ayant été utilisés dans le modèle LITPACK pour modéliser l'évolution de la ligne de plage avec et sans champ d'épi.

Tableau 7.3 : Comparaison entre les paramètres de calcul en conditions historiques et futures

Paramètre	Conditions historiques (sans champ d'épi)	Conditions futures (avec champs d'épis)
Série temporelle de vagues et de niveaux d'eau	Ensemble des événements combinant une hauteur de vagues de plus de 0,4 m ainsi qu'un niveau d'eau de plus de -1,5 m (NMM)	Ensemble des événements combinant une hauteur de vagues de plus de 0,4 m ainsi qu'un niveau d'eau de plus de -1,5 m (NMM)
Granulométrie	Sable de 0,45 mm	Sable de 0,45 mm
Structures	Conditions historiques (seulement épi de la mise à l'eau)	4 épis ou 6 épis
Ligne de plage (0 m NMM)	1979	1979
Profondeur active	2,5 m	2,5 m
Hauteur des falaises (dunes)	12 m (sable)	12 m (sable)

Variante à 4 épis

Les figures 7.9 à 7.10 illustrent les résultats de modélisation du transport littoral à long-terme (LITPACK) pour la variante à 4 épis.

La figure 7.9b montre que les trois nouveaux épis interceptent une grande part du transport littoral. En effet, le transport littoral brut (dans chacune des deux directions) peut varier de 0 m³/année vis-à-vis des épis jusqu'à environ 5000 m³/année entre deux épis. Cette variation du transport littoral entre les épis génère des gradients de transport littoral qui, sur le long-terme, remodèle la ligne de plage en forme de « U » (souvent surnommée *pocket beach*) entre les épis. D'une année à l'autre, la forme exacte de ces « *pocket beaches* » peut varier dépendamment du climat de vagues de l'année en cours tel qu'affiché sur la figure 7.10a.

Tel qu'illustré sur la figure 7.9a, le remodelage d'une plage en forme de « U » se traduit par des zones d'accrétion à proximité des épis ainsi que par des zones d'érosion au milieu d'un duo d'épis. À cet effet, le recul de la ligne de plage entre les épis #3 et #4 peut atteindre une valeur maximale de 19 m en 32 ans au chaînage 800 m. Ce recul de la ligne de plage entraîne un recul de la ligne de haut de falaise par le biais d'un décrochement. L'érosion de ces falaises de 12 m de hauteur ajoute une grande quantité de sédiments dans le système qui permet d'alimenter rapidement les zones d'accrétion à proximité des épis. C'est pour cette raison que la ligne de plage peut subir des avancées de plus de 20 m en moins de 5 ans à proximité des épis (voir figure 7.10b au chaînage 520 m).

Il est important de souligner le fait qu'une ligne de haut de falaise, contrairement à une ligne de plage, ne peut pas subir de processus de reconstruction naturelle par l'action des vagues. Pour cette raison, le recul maximal de la ligne de plage (et non le recul modélisé au terme des 32 ans) est un résultat beaucoup plus représentatif des impacts hydro-sédimentaires réels engendrés par les épis sur les berges de Pointe-aux-

Outardes. Ce recul peut être tel que la ligne de bas de talus recule à son tour, entraînant alors un recul irréversible de la ligne de haut de talus, ce qui constitue la principale menace pour les infrastructures à proximité de la côte. En comparant ainsi le recul maximal de la ligne de plage engendré par la variante à 4 épis avec le recul maximal engendré en conditions historiques (seulement l'épi de la mise à l'eau), il est possible de constater que la ligne de haut de falaise subit des reculs supplémentaires entre les chaînages 650 m et 880 m ainsi qu'entre les chaînages 1200 m et 1370 m. À cet effet, les reculs maximums peuvent passer du simple au double à certains endroits tel que montré sur la figure 7.10b.

En aval du dernier épi, soit à l'est de l'épi #4, le gradient de transport littoral subit une amplification majeure entre les chaînages 100 m et 400 m, à cause de l'épi #4 qui intercepte une grande part du transport littoral se dirigeant vers l'est. Cela se répercute ainsi en un recul accéléré de la ligne de plage à cet endroit. Tel qu'indiqué sur la figure 7.10b au chaînage 300 m, le recul maximal modélisé en 32 ans passe de 7 m en conditions historiques à 23 m pour la variante à 4 épis. L'érosion serait donc trois fois plus rapide à cet endroit en la présence de 3 nouveaux épis à l'est de l'épi de la mise à l'eau.

L'ajout de trois épis supplémentaires à l'est de l'épi de la mise à l'eau (pour un total de 4 épis) engendre donc deux impacts principaux :

- Érosion supplémentaire de la ligne de haut de falaise entre les nouveaux épis;
- Érosion accélérée de la plage à l'est de l'épi #4.

Le premier impact peut être atténué en ajoutant une recharge granulaire entre les épis. Cela nécessiterait donc des grandes quantités de matériaux de remblai (sable ou gravier) pour la mise en place de la variante à 4 épis. Une autre option consisterait également à diminuer l'espacement entre ces épis et donc, d'en augmenter le nombre pour compenser. Cette dernière option (variante à 6 épis) est présentée plus bas dans cette section.

Le deuxième impact peut être atténué en procédant à des recharges granulaires récurrentes de la zone affectée afin de compenser le déficit sédimentaire entraînant l'érosion de la plage. Des épis supplémentaires peuvent aussi être ajoutés à l'est de l'épi #4 afin d'étendre la zone protégée. Toutefois, une telle option n'aura pour effet que de déplacer le problème d'érosion plus loin vers l'est. La construction d'un perré en enrochement (ou l'entretien du perré actuellement en place) aura également pour effet de déplacer le problème plus loin vers l'est. De plus, la fondation d'un mur en enrochement dans une zone en déficit sédimentaire peut subir une érosion ce qui mènera potentiellement à l'affaissement de la structure à long terme.

Variante à 6 épis

Les figures 7.11 et 7.12 illustrent les résultats de modélisation du transport littoral à long-terme (LITPACK) pour la variante à 6 épis.

Le patron de transport littoral est similaire pour la variante à 6 épis comparativement à la variante à 4 épis. Le transport littoral brut (dans chacune des deux directions) est toutefois légèrement plus faible pour la variante à 6 épis en raison de la distance réduite entre les épis (300 m versus 500 m).

Le patron de déformation de la ligne de plage entre les épis (forme en « U ») est semblable pour la variante à 6 épis par rapport à la variante à 4 épis. Toutefois, le recul maximal de la ligne de plage entre deux épis est plus faible pour la variante à 6 épis par rapport à celle à 4 épis. En effet entre les épis, le recul maximal est de 17 m au lieu de 19 m et la ligne de plage est affectée par de l'érosion sur une distance de 810 m au lieu de 990 m. En intégrant le recul sur la distance, la surface ayant été érodée entre les épis est de 5900 m² au lieu de 7100 m² ce qui constitue une diminution de 17% pour la variante à 6 épis.

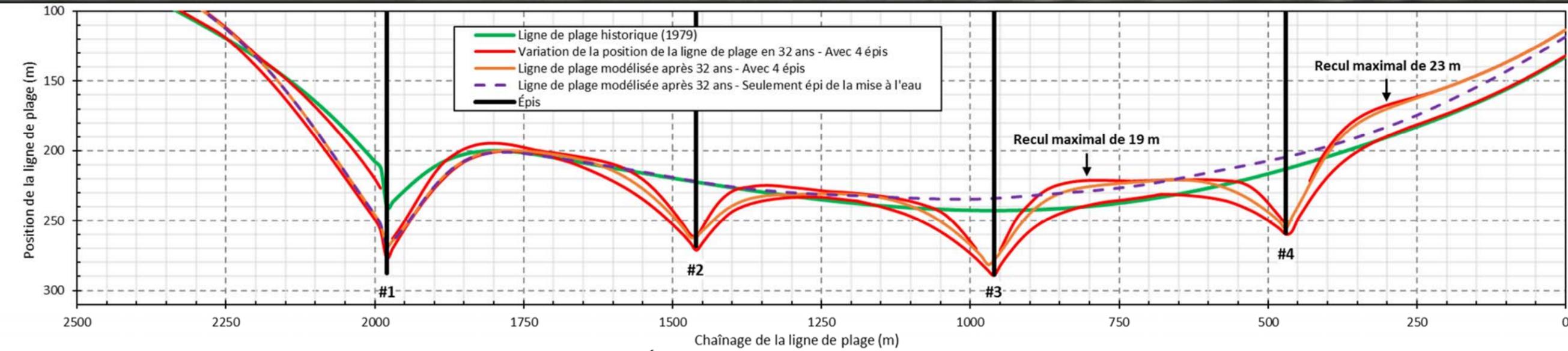
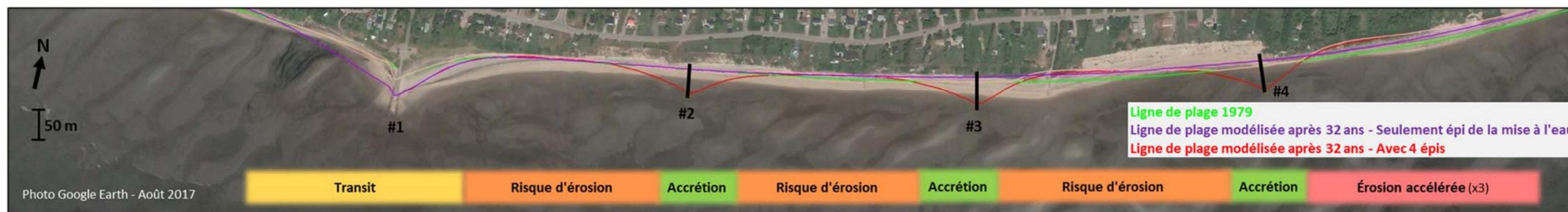
L'érosion est toutefois accentuée à l'est du dernier épi, soit à l'est de l'épi #6. En effet, le recul maximal atteint 29 m pour la variante à 6 épis comparativement à 23 m pour la variante à 4 épis. En intégrant le recul sur la distance, la surface ayant été érodée à l'est des épis est de 9500 m² au lieu de 8000 m² ce qui constitue une augmentation de 19%.

Le fait de diminuer la distance entre les épis (et d'en ajouter plus pour compenser) permet donc d'augmenter la protection des berges pour la zone située entre les premiers et derniers épis au détriment de la zone située à l'est du dernier épi (le plus à l'est). D'une manière plus globale, la surface ayant été érodée à l'est de l'épi de la mise à l'eau est pratiquement identique (15 000 m²) entre les deux variantes de champs d'épis (6 épis ou 4 épis).

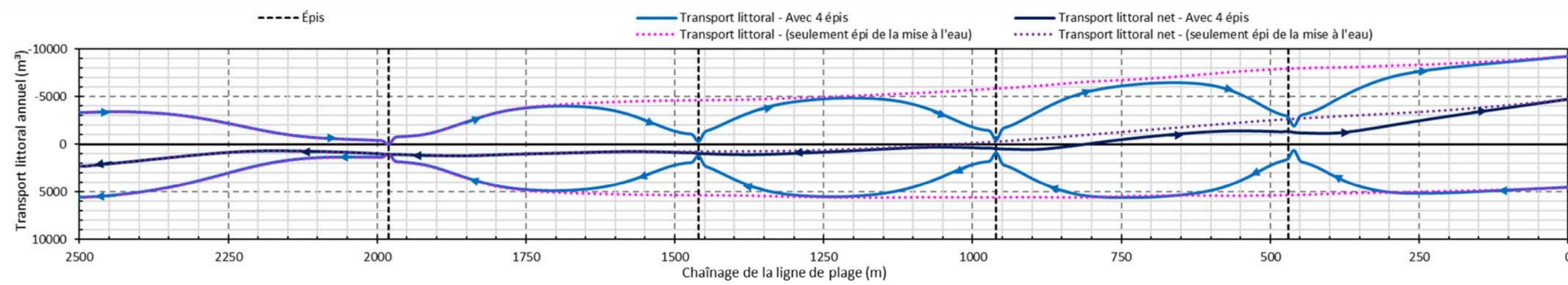
L'ajout de cinq épis supplémentaires à l'est de l'épi de la mise à l'eau (pour un total de 6 épis) engendre donc les mêmes impacts principaux :

- Érosion supplémentaire de la ligne de haut de falaise entre les nouveaux épis;
- Érosion accélérée de la plage à l'est de l'épi #6.

Encore une fois, le premier impact peut être atténué en ajoutant une recharge granulaire entre les épis. Cela nécessiterait des grandes quantités de matériaux de remblai (sable ou gravier) à la mise en place de la variante à 6 épis. Le deuxième impact peut être atténué par des recharges granulaires récurrentes de la zone affectée ou par l'ajout de structures supplémentaires (épi ou mur en enrochements) à l'est du dernier épi. Cette dernière option aurait toutefois pour effet de déplacer la problématique d'érosion plus loin vers l'est. Finalement, il importe de souligner le fait qu'à l'est du dernier épi proposé, la distance séparant la route de la ligne de haut de falaise est inférieure à 35 m à certains endroits. Ainsi, des glissements de terrain supplémentaires engendrés par un déficit sédimentaire dû à la présence d'un champ d'épi pourrait donc s'avérer néfaste sur le long-terme pour la route.



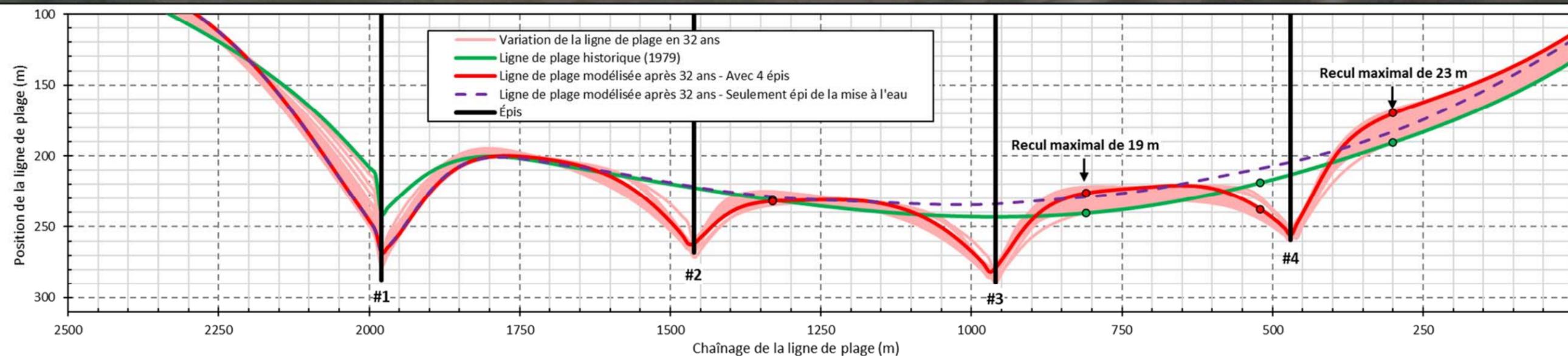
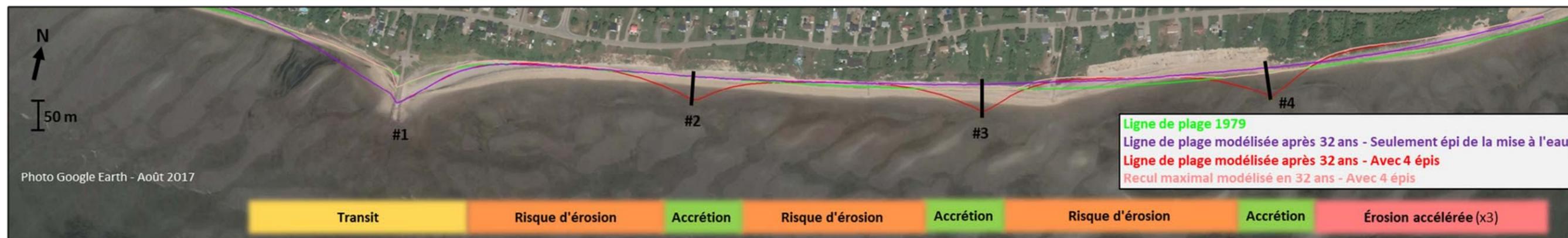
a) Évolution de la ligne de plage de la variante à 4 épis



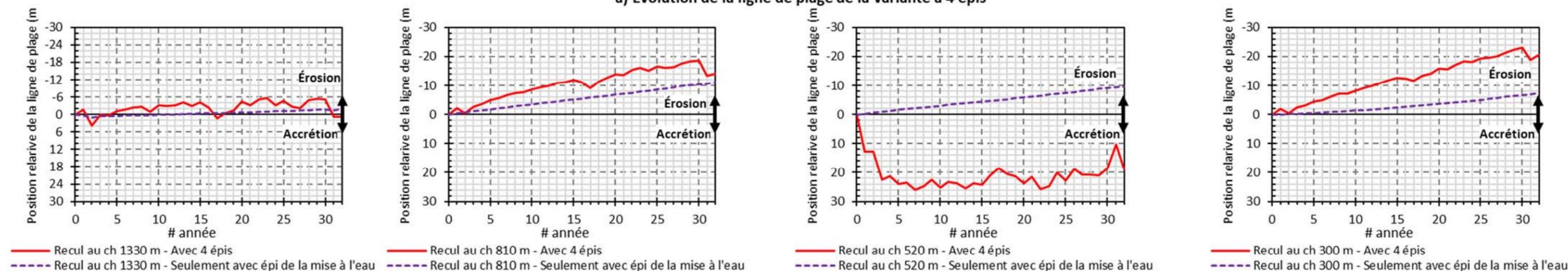
b) Transport littoral brut et net de la variante à 4 épis

Note: Ces résultats schématisent le recul de la ligne de côte, celle-ci étant caractérisée par l'isobathe de l'élévation 0 m (NMM), et non le recul de la ligne de haut de talus, celle-ci pouvant subir des reculs supplémentaires. Les deux scénarios considérés ne tiennent pas compte des petits ouvrages de protection (petits épis et murs en enrochement) présentement observés sur le terrain

Figure 7.9: Évolution de la ligne de plage et transport littoral à long terme pour la variante à 4 épis (modélisée avec LITPACK)



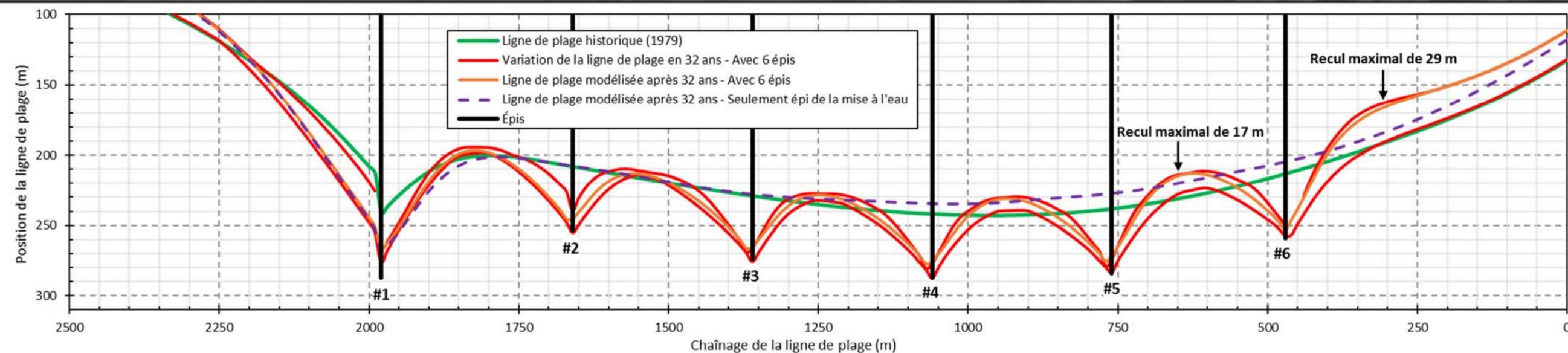
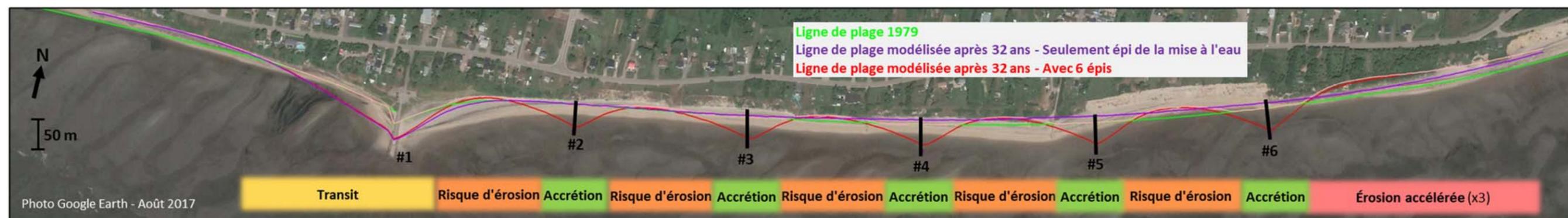
a) Évolution de la ligne de plage de la variante à 4 épis



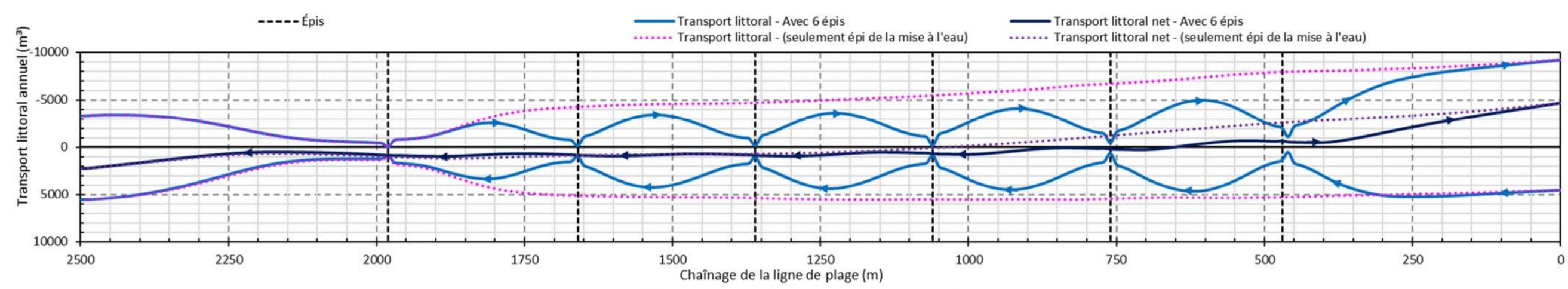
b) Recul de la ligne de plage au fil des années

Note: Ces résultats schématisent le recul de la ligne de plage, celle-ci étant caractérisée par l'isobathe de l'élévation 0 m (NMM), et non le recul de la ligne de haut de talus, celle-ci pouvant subir des reculs supplémentaires.
Les deux scénarios considérés ne tiennent pas compte des petits ouvrages de protection (petits épis et murs en enrochement) présentement observés sur le terrain

Figure 7.10: Évolution de la ligne de plage et variation du transport littoral net en fonction des années pour la variante à 4 épis (modélisée avec LITPACK)



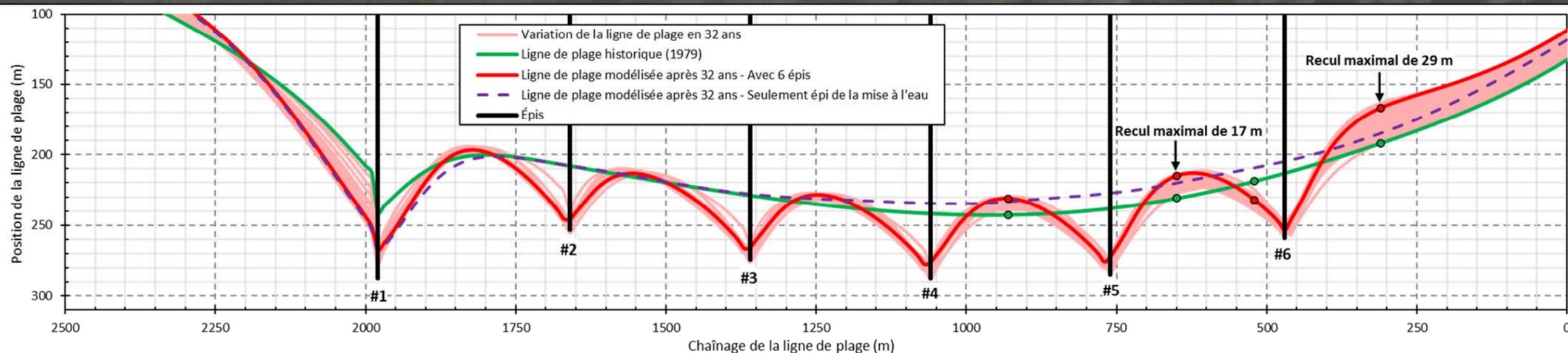
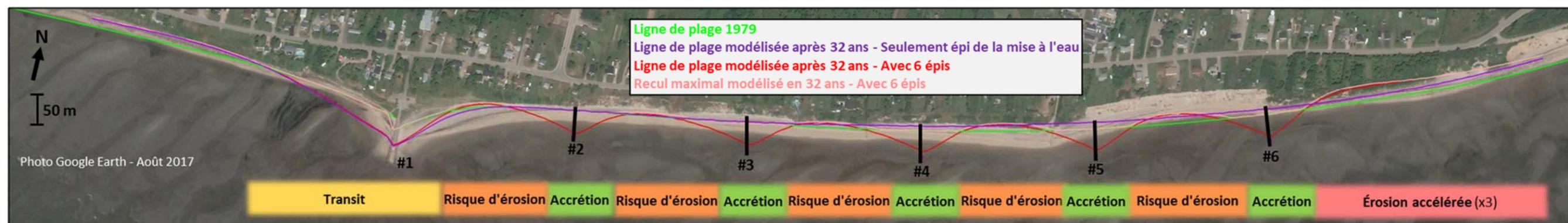
a) Évolution de la ligne de plage de la variante à 6 épis



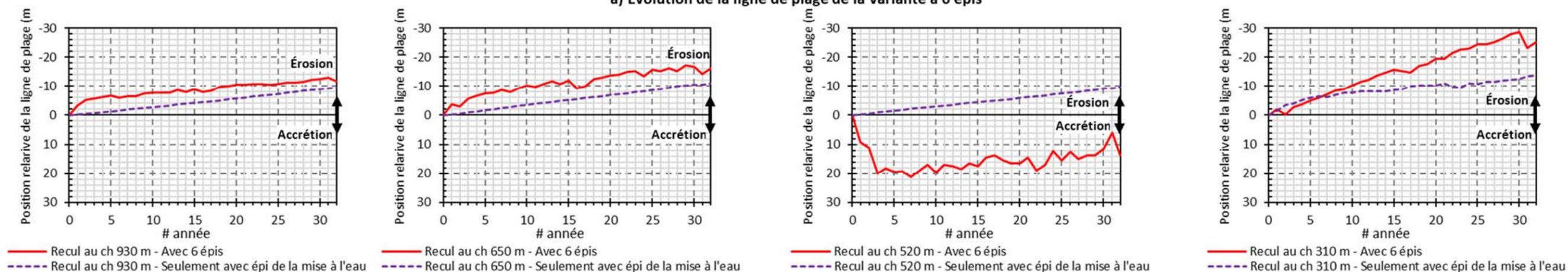
b) Transport littoral brut et net de la variante à 6 épis

Note: Ces résultats schématisent le recul de la ligne de plage, celle-ci étant caractérisée par l'isobathe de l'élévation 0 m (NMM), et non le recul de la ligne de haut de talus, celle-ci pouvant subir des reculs supplémentaires.
Les deux scénarios considérés ne tiennent pas compte des petits ouvrages de protection (petits épis et murs en enrochement) présentement observés sur le terrain

Figure 7.11: Évolution de la ligne de plage et transport littoral à long terme pour la variante à 6 épis (modélisée avec LITPACK)



a) Évolution de la ligne de plage de la variante à 6 épis



b) Recul de la ligne de plage au fil des années

Note: Ces résultats schématisent le recul de la ligne de plage, celle-ci étant caractérisée par l'isobathe de l'élévation 0 m (NMM), et non le recul de la ligne de haut de talus, celle-ci pouvant subir des reculs supplémentaires. Les deux scénarios considérés ne tiennent pas compte des petits ouvrages de procection (petits épis et murs en enrochement) présentement observés sur le terrain

Figure 7.12: Évolution de la ligne de plage et variation du transport littoral net en fonction des années pour la variante à 6 épis (modélisée avec LITPACK)

7.2.3 Réponses aux tempêtes ponctuelles

La fonction primaire d'un champ d'épis est de contenir les sédiments à l'intérieur des cellules délimitées par deux épis dans le but de réduire ou même d'éliminer le déficit sédimentaire menant à un recul récurrent de la ligne de plage. Les épis agissent donc en tant que structures de protection côtière au niveau du transport littoral à long-terme (plusieurs années) et non au niveau du transport transversal généré par les événements de fortes tempêtes ponctuelles (quelques heures ou journées). Il n'est donc pas prévu que la protection envers l'attaque frontale des vagues soit bonifiée suite à la construction d'un champ d'épi. À l'opposé, un épi peut même parfois aggraver très localement la problématique d'érosion à proximité de celui-ci en raison de phénomènes hydrodynamiques 2D générés par l'interaction entre les vagues, l'épi et la plage.

Dans le cas où le champ d'épi serait accompagné d'une recharge de gravier, les résultats de modélisation de l'attaque frontale des vagues présentés à la section 7.1.3 seraient applicables pour quantifier les reculs en temps de fortes tempêtes (voir figure 7.6). Il importe toutefois de rappeler le modèle XBeach tel qu'utilisé pour réaliser ces simulations ne permet pas de tenir compte des phénomènes 2D pouvant survenir à proximité des épis.

7.2.4 Impacts du champ d'épis sur la flèche sableuse à l'ouest du site

Puisque les épis interceptent une bonne part du transport littoral, il importe d'évaluer les impacts potentiels qu'engendrerait un champ d'épis au niveau de la flèche sableuse localisé 4 km à l'ouest de celui-ci (voir figure 7.7 p.91).

Les figures 7.9b et 7.11b montre qu'à l'ouest de l'épi de la mise à l'eau, le transport net est pratiquement identique en conditions historiques (seulement l'épi de la mise à l'eau) et en conditions futures (avec la variante à 4 épis ou 6 épis). Il n'est donc pas prévu que l'ajout d'épis supplémentaire à l'est de l'épi de la mise à l'eau entraîne des répercussions au niveau du transport littoral à l'ouest de cet épi. En effet tel qu'évoqué dans la section 7.2.2, les impacts engendrés par l'ajout d'épis sont plutôt importants à l'est de l'épi de la mise à l'eau.

Toutefois dans un scénario où le champ d'épis serait accompagné d'une recharge de gravier, une diminution du transport littoral sera à prévoir à l'ouest de l'épi de la mise à l'eau. Tel qu'expliqué en détails à la section 7.1.4, l'impact sera toutefois limité sur une distance de 1 km à l'ouest de l'épi de la mise à l'eau, soit une distance quatre fois plus petite que celle séparant la flèche sableuse du champ d'épi. Il n'est donc pas prévu, sur un horizon de 32 ans, qu'un champ d'épis engendre un impact significatif sur la flèche sableuse.

7.3 Récapitulatif de l'analyse des variantes d'intervention et recommandations

Les éléments clés à retenir sont les suivants :

- La construction d'épis supplémentaires à l'est de l'épi de la mise à l'eau engendrera des zones d'érosion sévère entre les nouveaux épis (recul pouvant atteindre 17 m en 32 ans) ainsi qu'à l'est du champ d'épis (recul pouvant atteindre 29 m en 32 ans);
- La construction d'épis supplémentaires à l'est de l'épi de la mise à l'eau nécessiterait donc une recharge granulaire importante à la mise en place de ces nouveaux épis ainsi que des recharges granulaires récurrentes à l'est du champ d'épis afin de protéger cette zone vulnérable;
- L'option de la recharge de gravier (exempte d'épis) est beaucoup plus efficace pour protéger la berge de Pointe-aux-Outardes à court et à long terme;
- Les variantes V1 et V2 des recharges de gravier proposées nécessitent des volumes approximatifs de 144 000 m³ et 166 000 m³ respectivement ($d_{50}=10$ mm);
- La durée de vie de la recharge est évaluée à 10 ans pour la V1 et 25 ans pour la V2.
- La variante V2 est donc recommandée puisque l'ajout de 22 000 m³ (soit 15%) de gravier dans la zone la plus vulnérable permet de prolonger la durée de vie d'un facteur 2,5;
- Une hauteur de crête à 4,9 m (NMM) est suffisante pour la recharge de gravier;
- Il est prévu que la recharge de gravier engendre un impact à l'ouest de l'épi de la mise à l'eau sur une distance d'environ 1 km. Il n'est toutefois pas prévu, sur un horizon de 32 ans, que la flèche sableuse soit impactée significativement puisque celle-ci est localisée 4 km à l'ouest de la recharge de gravier;
- Dans le but de documenter la performance de la recharge de gravier dans le futur, il est recommandé d'effectuer un suivi de l'évolution morphologique de la recharge granulaire. Le protocole de ce suivi devra être établi en détail (méthode, fréquence, etc.) après de la mise en œuvre de la recharge. D'une manière générale, ce suivi devrait contenir au minimum :
 - Un registre des interventions d'entretien de la recharge attendues (date, quantités, granulométrie des matériaux, localisation des recharges d'appoint);
 - Des campagnes de mesures annuelles durant les premières années (photos géoréférencées et relevés LiDAR ou à tout le moins des mesures d'élévation à plusieurs transects permettant des calculs de volume).

8. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Lasalle|NHC a été mandaté par le Ministère de la Sécurité Publique afin d'évaluer, à l'aide d'outils de modélisation numérique, des concepts de protection littorale pour la municipalité de Pointe-aux-Outardes localisée sur la Côte Nord. Plus spécifiquement, le but de l'étude était d'optimiser et de valider la géométrie d'une recharge de gravier. Cette étude a été réalisée en quatre étapes principales.

La première étape consistait à effectuer une analyse statistique du climat maritime à la hauteur de Pointe-aux-Outardes. Les données de vagues, de marée, de surcotes (ondes de tempête) et de glace ont été considérées dans l'analyse afin d'obtenir des périodes de retour d'événements de tempêtes typiques. Un total de 32 ans de données était disponibles dans le cadre de cette étude.

La deuxième étape était le montage du modèle numérique de terrain (MNT) nécessaire pour modéliser la transformation des vagues à l'approche du rivage. L'ensemble des données disponibles (Lidar, SHOAL et relevés bathymétriques) a été utilisé pour le montage de ce modèle.

La troisième étape consistait à analyser le transport littoral (parallèle à la plage) ainsi que l'évolution morphologique de la ligne de plage à long-terme (plusieurs dizaines d'années). Cette analyse a été réalisée, en premier lieu, selon une analyse conceptuelle basée sur l'interprétation de photos aériennes historiques (remontant jusqu'à 1970). En second lieu, l'utilisation d'un modèle filaire (1D) de transport littoral a permis de modéliser l'évolution morphologique de la plage sur une période de 32 ans.

La quatrième étape était d'analyser le transport transversal (perpendiculaire à la plage) engendré par l'attaque frontale des vagues générées par les événements de tempête ponctuelle (quelques heures ou journées). Cette analyse a été réalisée à l'aide d'une combinaison de modèles 1D et 2D dans le but de maximiser la superficie de la zone modélisée tout en offrant une bonne schématisation des phénomènes hydro-sédimentaires à l'échelle locale.

Les étapes trois et quatre ont été réalisées autant en conditions historiques qu'en conditions futures. À cet effet, deux variantes de recharge de gravier (d_{50} 10 mm) ainsi que deux variantes de champs d'épis (ajout de 3 ou 5 épis) ont été considérées dans la présente étude. Ces variantes ont été évaluées d'un point de vue de durabilité et d'impacts potentiels engendrés dans et à l'extérieur de la zone visée par les travaux. À cet effet, la question des impacts potentiels au niveau de la flèche sableuse localisée à l'extrémité ouest de la péninsule a été considérée.

Sur la base de l'analyse des photos aériennes historiques ainsi que des résultats de modélisation, il a été possible de constater que le transport littoral est dominant par rapport au transport transversal pour le secteur de Pointe-aux-Outardes. L'érosion récurrente des berges est due à un gradient positif de transport littoral ce qui engendre un déficit sédimentaire pour la plage et, en conséquence, un recul récurrent de la ligne de plage à long-terme. Le taux de recul est toutefois atténué par la présence de falaises de sable (qui agissent comme des dunes) longeant la plage de Pointe-aux-Outardes qui fournissent des sédiments lorsqu'elles subissent décrochement sous l'action de l'attaque des vagues. En considérant les falaises de sable comme des dunes, le modèle numérique de transport littoral à long-terme calcule des reculs pouvant atteindre 10 m en 32 ans à 1 km à l'est de l'épi de la mise à l'eau.

Toutefois en présence d'un perré en enrochement, les apports de sable fournis par les falaises ne sont plus disponibles puisque la base de ces falaises est protégée de l'action des vagues, ce qui prévient les décrochements et donc élimine les bienfaits de ces falaises (qui agissent comme des dunes) pour ce qui a trait au ralentissement de la vitesse d'érosion de la plage. De plus la transition du mur en enrochement, celui-ci étant non érodable, vers la plage naturelle, celle-ci étant composée de matériaux érodables, provoque un gradient positif important de transport littoral aux extrémités de la structure, ce qui se traduit par une érosion significative de la falaise. À cet effet, les photos aériennes historiques révèlent des reculs pouvant atteindre 30 m en 16 ans. Les résultats de modélisation de transport littoral à long-terme (LITPACK) conduisent à des valeurs cohérentes avec ces observations avec des reculs pouvant varier entre 30 m et 50 m en 32 ans.

À la lumière des résultats de modélisation, il est fortement recommandé de favoriser le concept de la recharge de gravier pour protéger le littoral de Pointe-aux-Outardes et d'éviter le concept du champ d'épis. En effet, il est prévu qu'un champ d'épis engendrera des reculs pouvant atteindre 29 m en 32 ans dans certaines zones vulnérables. À l'opposé, une recharge de gravier permet de protéger le littoral tout en minimisant les impacts à proximité de la zone visée par les travaux. Les variantes V1 et V2 des recharges de gravier proposées nécessitent des volumes approximatifs de 144 000 m³ et 166 000 m³ respectivement ($d_{50}=10$ mm) et leurs durées de vie sont évaluées à 10 ans pour la V1 et 25 ans pour la V2. La variante V2 est donc recommandée puisque l'ajout de 22 000 m³ (soit 15%) de gravier dans la zone la plus vulnérable permet de prolonger la durée de vie d'un facteur 2,5. Il est prévu que la recharge de gravier engendre un impact à l'ouest de l'épi de la mise à l'eau (vieux quai) sur une distance d'environ 1 km. Selon les résultats, il n'est toutefois pas prévu, sur un horizon de 32 ans, que la flèche sableuse soit impactée de manière significative puisque celle-ci est localisée 4 km à l'ouest de la recharge de gravier alors que l'influence de celle-ci sur le transport sédimentaire demeure restreinte à environ 1 km à l'ouest de l'épi de mise à l'eau au cours de la période modélisée.

- Dans le but de documenter la performance de la recharge de gravier dans le futur, il est recommandé d'effectuer un suivi de l'évolution morphologique de la recharge granulaire. Le protocole de ce suivi devra être établi en détail (méthode, fréquence, etc.) après de la mise en œuvre de la recharge. D'une manière générale, ce suivi devrait contenir au minimum :
 - Un registre des interventions d'entretien de la recharge attendues (date, quantités, granulométrie des matériaux, localisation des recharges d'appoint);
 - Des campagnes de mesures annuelles durant les premières années (photos géoréférencées et relevés LiDAR ou à tout le moins des mesures d'élévation à plusieurs transects permettant des calculs de volume).

9. RÉFÉRENCES

- [1] Z. Xu et D. Lefavre, « Prédiction des niveaux d'eau dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent en fonction des changements climatiques », janv. 2015.
- [2] R. T. McCall, « Process-based modelling of storm impacts on gravel coasts », nov. 2015.
- [3] J. Williams *et al.*, « BARDEX (Barrier Dynamics Experiment): Taking the Beach into the Labotary », 2009.
- [4] J. Williams, D. Buscombe, G. Masselink, I. Turner, et C. Swinkels, « Barrier Dynamics Experiment (BARDEX): Aims, Design and Procedures », 2010.
- [5] 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.
- [6] 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.



ANNEXE 9
RAPPORT DE CARACTÉRISATION DE
BANCS D'EMPRUNT

FNX-INNOV – NOVEMBRE 2019

Rapport

F1901477-001

Village de Pointe-aux-Outardes

Novembre 2019

Rapport de caractérisation de bancs d'emprunt
Projet de recharge de plage à Pointe-aux-Outardes
Pointes-aux-Outardes, Québec

Original



FNX
-INNOV

fnx-innov.com



F1901477-001
26 Novembre 2019

Rapport de caractérisation de bancs d'emprunt

Projet de recharge de plage à Pointe-aux-Outardes

Pointes-aux-Outardes, Québec

AO-2019-03

Présenté à :

Madame Dania Hovington
Directrice générale / secrétaire-trésorière
Village de Pointe-aux-Outardes
471, chemin Principal
Pointe-aux-Outardes, Québec G0H 1M0

Préparé par :

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'S. Graveline', is positioned above a horizontal line.

Sonya Graveline, ing. n°OIQ 116692
Directrice de projet – Géotechnique



Équipe de réalisation

Sonya Graveline, ing. géologue

Directrice de projet

Louise Nadeau, Géomorphologue, M. Sc.

Géomorphologue

Simon Marois, tech. sr

Technicien en géologie

Pierre Côté, B. Sc., géogr., M. Sc.

Géomatique

Registre des émissions et révisions		
Identification	Date	Description de l'émission et/ou révision
R00	13-11-2019	Rapport final émis pour commentaires
R01	26-11-2019	Rapport final



Contact

tél. : 514.982.6001
télééc. : 514.982.6106

Adresse

433, rue Chabanel Ouest, 12^e étage
Montréal (Québec) H2N 2J8 CANADA

Certifié ISO 9001 : 2015

fnx-innov.com

iii



Table des matières

1	Introduction.....	1
1.1	Mandat et portée de l'étude.....	1
1.2	Intrants.....	1
1.3	Localisation.....	1
2	Méthodologie.....	3
2.1	Travaux sur le terrain.....	3
2.1.1	Implantation, localisation et nivellement.....	3
2.1.2	Tranchée d'échantillonnage.....	3
2.2	Travaux en laboratoire.....	3
3	Visite des sites.....	5
3.1	Sites à faible potentiel.....	5
3.2	Sites à potentiel moyen.....	6
3.3	Sites à potentiel élevé.....	6
4	Résultats des analyses en laboratoire.....	7
5	Analyse des sites.....	9
5.1	Granulométrie.....	9
5.2	Volume exploitable potentiel.....	11
5.3	Accès et transport.....	11
5.4	Coûts de production et de transport.....	12
6	Conclusions et recommandations.....	13
7	Limitations.....	15

Liste des tableaux

Tableau 1	Résultats des essais en laboratoire sur les sols.....	7
Tableau 2	Opération requise au tamisage pour obtenir 360 000 tm.....	10
Tableau 3	Estimation des volumes exploitables.....	11
Tableau 4	Conditions des tracés routiers.....	12
Tableau 5	Coûts de transport – tonne-kilomètre (M\$).....	12
Tableau 6	Coût de production et de transport (M\$).....	12
Tableau 7	Analyse multicritère.....	14

Liste des figures

Figure 1	Courbe granulométrique du 21-C avant tamisage au tamis 2,5 mm.....	9
Figure 2	Courbe granulométrique du 21-C après tamisage au tamis 2,5 mm.....	10



Annexes

Annexe A	Figure de localisation des sites potentiels Figure de localisation des sondages
Annexe B	Fiche d'inventaire mis à jour
Annexe C	Rapports de sondages
Annexe D	Rapports d'essais en laboratoire



1 Introduction

1.1 Mandat et portée de l'étude

Les services de **FNX-INNOV** ont été retenus par le **Village de Pointe-aux-Outardes**, afin d'effectuer une caractérisation de bancs d'emprunts dans le cadre du projet de recharge de la plage le long de la rue Labrie, à Pointe-aux-Outardes, Québec.

Des travaux d'inventaires préalables effectués sur la base de données SIGEOM ont permis de sélectionner 32 sites sur une liste de 108 qui présentait un potentiel au niveau des critères granulométriques recommandés pour la plage. Ces 32 sites, localisés dans un rayon de 35 km de la Ville de Baie-Comeau, sont majoritairement soit abandonnés ou en exploitation en 1996 et leur statut actuel est à définir.

Le mandat spécifique de cette étude de caractérisation consistait à collecter les informations disponibles, à investiguer les sites, à procéder à un échantillonnage et à rédiger un rapport qui intégrera les données recueillies et les recommandations relativement au choix des trois sites à plus forts potentiels. Le volume de matériau requis pour ces travaux est estimé à 200 000 m³.

Ce rapport présente une description du site et du projet, la méthodologie utilisée lors des travaux de chantier et en laboratoire, les résultats obtenus, de même que nos conclusions et recommandations concernant les trois sites de bancs d'emprunt retenus.

1.2 Intrants

Plusieurs documents nous ont été fournis par les différents intervenants au projet. La liste est la suivante :

- Inventaire des ressources en granulats de la région de Baie-Comeau, MB 96-11, ministère des Ressources naturelles. Brazeau, André, 1996;
- Extrait de la base de données SIGEOM de la région de Baie-Comeau dans un tableau Excel, identifiant les 32 sites potentiels ayant un minimum de 20% en gravier;
- Les sites qui ont fait l'objet d'une analyse granulométrique et/ou de photos sur le terrain;
- Analyses granulométriques;
- Photos terrain;
- Orthophotos 2013 avec une résolution de 30 cm;
- Relevé LiDAR;
- Fichiers en forme Shape files, localisation et cartographie, pour les 32 sites.

1.3 Localisation

Le secteur couvert par l'étude est compris dans un rayon de 35 km de la Ville de Baie-Comeau; au total, 32 sites potentiels de matériaux d'emprunts ont préalablement été identifiés et sont à visiter. La localisation des sites et leur numéro d'identification SIGEOM sont montrés sur la figure de localisation jointe à l'annexe A.

2 Méthodologie

2.1 Travaux sur le terrain

Les travaux sur le terrain se sont déroulés entre le 1^{er} et le 10 octobre 2019, et ils ont consisté en ce qui suit :

- Visite des 32 sites ciblés;
- Mise à jour de la fiche d'inventaire pour chacun des sites;
- Rapport photographique;
- Description granulométrique des matériaux;
- Réalisation de 21 tranchées d'échantillonnages à la pelle mécanique aux sites 19, 20, 21, 28 et 87;

Tous les travaux de terrain ont été réalisés par un technicien senior en géologie et spécialisé en géotechnique. La localisation des 32 sites potentiels et la localisation des tranchées d'échantillonnage sont montrées sur les figures jointes à l'annexe A. Les informations récupérées des tranchées d'échantillonnage sont intégrées dans les rapports de sondage à la pelle inclus à l'annexe B. Les renseignements recueillis ont permis la mise à jour des fiches d'inventaire lesquelles sont jointes à l'annexe C. Le rapport photographique est inclus dans les fiches d'inventaire.

2.1.1 Implantation, localisation et nivellement

La localisation des points d'échantillonnage sur le terrain a été réalisée par le personnel de **FNX-INNOV** en fonction des cibles et des accès disponibles. Un GPS de marque Garmin 62, avec une précision de 3 à 5 m en (X,Y) a été utilisé pour l'implantation et le relevé de localisation. Le système de référence utilisé est celui de la projection universelle transverse de Mercator (UTM), zone 19 nord.

Aucun relevé de nivellement n'a été effectué.

2.1.2 Tranchée d'échantillonnage

Les tranchées d'échantillonnage ont été réalisées à l'aide d'une pelle hydraulique John Deere 240 sous la supervision constante d'un technicien de **FNX-INNOV**. Les puits ont été réalisés aux endroits ciblés comme étant les plus prometteurs d'un point de vue accès et granulométrie des matériaux.

Les tranchées ont atteint une profondeur variant entre 2,5 m et 6,4 m et ont été arrêtées volontairement. Au cours des travaux, l'identification visuelle des différents matériaux rencontrés a été réalisée, permettant ainsi d'établir la séquence stratigraphique au droit des tranchées d'échantillonnage. Des échantillons représentatifs des sols rencontrés ont été prélevés manuellement.

2.2 Travaux en laboratoire

Les échantillons de sols récupérés lors des tranchées ont été acheminés à notre laboratoire et ont d'abord été soumis à une identification visuelle par un ingénieur géotechnicien. Par la suite, vingt-sept (27) analyses granulométriques par tamisage suivant la norme LC 21-040 ont été réalisées afin de préciser la granulométrie des matériaux échantillonnés.

Les résultats des essais en laboratoire sont joints à l'Annexe D.

Tous les échantillons récupérés lors des tranchées d'échantillonnage et qui n'ont pas été utilisés pour les essais de laboratoire seront conservés jusqu'au 1^{er} mai 2020. Après ce délai, ils seront détruits, à moins d'un avis contraire écrit de votre part.



3 Visite des sites

Les informations recueillies lors des visites sont détaillées dans les fiches d'inventaire lesquelles incluent les rapports photographiques, ainsi que dans les rapports de sondage lesquels sont joints en annexe.

L'analyse des informations a permis d'effectuer une première classification des sites en termes de potentiel d'exploitation faible, moyen et élevé.

3.1 Sites à faible potentiel

Les sites suivants ont révélé un faible potentiel d'exploitation, et ce, pour les raisons énumérées ci-bas :

Site 1 : Dépôt fortement sableux, faible volume disponible, site reboisé, site éloigné

Site 3 : Dépôt hétérogène rendant difficile la détermination des volumes exploitables, dépôt exploité de part et d'autre sur de petites cellules de gravier, réserve négligeable, site éloigné

Site 17 : Exploitation partielle en bande riveraine, site éloigné, peu de matériaux graveleux

Site 18 : Dépôt hétérogène fortement sableux, site vidé, paroi recouverte de végétation

Site 22 : Dépôt à forte prédominance sableuse, reboisé et réaménagé

Site 24 : Site vidé, reste quelques monticules de sable graveleux, contaminé par des débris de béton bitumineux

Site 30 : Dépôt à forte prédominance sableuse, peu de volume

Site 32 : Peu de volume, chemin d'accès restreint (sentier de VTT) à construire sur 1,4 km, reboisé

Site 40 : Dépôt de sable, présence de la nappe phréatique (cellule d'enfouissement), présence d'une cellule d'enfouissement

Site 41 : Dépôt de sable, circuit de motocross aménagé, présence de la nappe phréatique à faible profondeur

Site 42 : Dépôt sableux, vidé et devenu un milieu humide

Site 86 : Sable graveleux, en exploitation, volume incertain, mais dépôt hétérogène surmonté d'une couche de sable sur 1 à 2 m

Site 89 : Dépôt sableux

Site 94 : Dépôt vidé devenu un milieu humide voire un marécage, nappe phréatique à proximité, prédominance sableuse, reboisé

Site 95 : Peu d'extension latérale possible, car enclavé par des monts rocheux, 4,2 km de chemin à reconstruire

Site 96 : Dépôt de sable, accès difficile via le Chemin du Lac Acide

Site 98 : Dépôt de sable, volume négligeable, accès difficile via le Chemin du Lac Acide

Site 99 : Dépôt sableux, accès difficile via le Chemin du Lac Acide, 1 km de sentier de VTT à reconstruire

Sites 102 à 106 : Chemins d'accès inondés à plusieurs endroits, sites non accessibles

Site 108 : Dépôt sableux, site éloigné

Site 245 : Dépôt sableux



3.2 Sites à potentiel moyen

Les sites suivants ont révélé un potentiel moyen d'exploitation, et ce, pour les raisons énumérées ci-bas :

Site 91 : Dépôt de sable et gravier, nappe phréatique à proximité à environ 1,5 m de profondeur

Site 97 : Dépôt graveleux, accès difficile via le Chemin du Lac Acide

3.3 Sites à potentiel élevé

Les sites suivants ont révélé un potentiel élevé d'exploitation, et ce, pour les raisons énumérées ci-bas :

Site 19 : Sable et gravier, site exploité récemment, présence de la nappe phréatique à faible profondeur

Site 20 : Sable et gravier, volume intéressant, 100 m d'accès à reconstruire

Site 21 : Sable et gravier, zone d'exploitation restreinte par des cours d'eau

Site 28 : Sable et gravier, volume important, en exploitation, facilité d'accès

Site 87 : Sable graveleux et caillouteux, en exploitation, volume intéressant, facilité d'accès

4 Résultats des analyses en laboratoire

Les sites 19, 20, 21, 28 et 87 ont fait l'objet d'un échantillonnage et d'un programme d'analyse en laboratoire. Au total, vingt-sept (27) échantillons ont été analysés. Les résultats sont synthétisés au tableau suivant et les courbes granulométriques sont illustrées dans les rapports d'essais en laboratoire inclus à l'annexe D.

Tableau 1 Résultats des essais en laboratoire sur les sols

Site no / Tranchée n°	Profondeur (m)	Description	Répartition granulométrique (%)			
			Gravier Ø > 5mm	Sable 0,08 – 5 mm	Silt 2 – 80 µm	D ₅₀ (mm)
19-A	0,38 – 2,50	Gravier et sable, traces de silt	51,0	48,3	0,7	5,3
19-B	0,38 – 2,00	Sable et gravier, traces de silt	46,0	52,5	1,5	4,0
19-B	2 00 – 3,80	Gravier et sable, traces de silt	58,0	40,6	1,4	9,3
MOYENNE			51,7	47,1	1,2	6,2
20-A	2,80 – 5,20	Sable et gravier, traces de silt	36,0	58,5	5,5	1,9
20-B	0,00 – 3,00	Gravier et sable, traces de silt	52,0	47,4	0,6	5,6
20-C	1,60 – 3,60	Sable et gravier, traces de silt	39,0	60,2	0,8	2,8
MOYENNE			42,3	55,4	2,3	3,4
21-A	0,00 – 8,00	Gravier et sable, traces de silt	52,0	43,3	4,7	5,7
21-B	0,00 – 8,00	Gravier et sable, traces de silt	54,0	42,8	3,2	6,2
21-C	3,50 – 6,50	Gravier et sable, traces de silt	52,0	46,0	2,0	5,6
MOYENNE			52,7	44,0	3,3	5,8
28-A	0,90 – 3,10	Sable et gravier, traces de silt	37,0	61,5	1,5	2,4
28-A	3,10 – 5,30	Sable et gravier, traces de silt	40,0	58,3	1,7	2,5
28-B	0,80 – 3,20	Sable et gravier, traces de silt	41,0	57,0	2,0	2,5
28-B	3,20 – 5,30	Sable et gravier, traces de silt	41,0	57,5	1,5	3,0
28-C	1,20 – 4,30	Sable et gravier, traces de silt	46,0	53,0	1,0	3,7
28-D	1,20 – 4,00	Sable et gravier, traces de silt	34,0	64,2	1,8	2,1
28-E	1,20 – 4,00	Sable et gravier, traces de silt	36,0	63,0	1,0	2,0
28-F	1,10 – 3,50	Sable et gravier, traces de silt	43,0	55,8	1,2	3,2
28-F	3,50 – 5,40	Sable et gravier, traces de silt	43,0	56,3	0,7	3,3
MOYENNE			40,1	58,5	1,4	2,7
87-A	0,00 – 1,00	Sable et gravier, traces de silt	40,0	58,4	1,6	2,7
87-B	0,00 – 0,80	Gravier et sable, traces de silt	53,0	45,3	1,7	6,3
87-C	0,00 – 3,00	Gravier et sable, traces de silt	53,0	45,2	1,8	6,2
87-D	0,65 – 1,65	Sable et gravier, traces de silt	40,0	59,6	0,4	2,9
87-E	1,10 – 4,00	Gravier et sable, traces de silt	57,0	38,8	4,2	9,2
87-E	4,00 – 6,00	Gravier sableux, traces de silt	58,0	39,1	0,9	12,9
87-F	0,45 – 2,10	Gravier et sable, traces de silt	58,0	40,6	1,4	8,7
87-G	2,40 – 3,20	Gravier et sable, traces de silt	49,0	48,1	2,9	4,6
87-G	4,30 – 5,20	Sable et gravier, traces de silt	38,0	60,9	1,1	2,9
MOYENNE			49,6	48,4	1,8	6,3



Les résultats montrent qu'aucun échantillon ne respecte intégralement le fuseau granulométrique visé pour le matériau à utiliser en vue du rechargement de la plage. Également, la distribution granulométrique des matériaux échantillonnés est relativement similaire pour les cinq sites étudiés. La proportion de sable et de gravier est variable d'un échantillon à l'autre et d'un site à l'autre, toutefois les plages de valeurs sont similaires. Le pourcentage de gravier (passant 100 mm) varie essentiellement entre 34 et 58% alors que le pourcentage de sable varie entre 39 et 64% donnant des variantes de matériaux passant d'un sable et gravier à un gravier et sable.

5 Analyse des sites

L'analyse des cinq (5) sites retenus a été effectuée essentiellement sur la base des critères granulométriques, des volumes exploitables potentiels, des accès et des coûts de production et d'exploitation.

5.1 Granulométrie

Les résultats des analyses granulométriques des cinq (5) sites échantillonnés sont assez similaires d'un site à l'autre et aucun site ne respecte le fuseau granulométrique ciblé (lignes rouges sur le graphique).

Comme les matériaux ne respectent pas le fuseau granulométrique ciblé, plusieurs essais d'amendement et tamisage ont été réalisés afin de vérifier si le fuseau granulométrique ciblé peut être atteint. Le procédé le plus simple identifié serait de tamiser les matériaux sur un tamis 2,5 mm afin d'obtenir un D_{50} de 16.

Les figures suivantes montrent un exemple pour l'échantillon du sondage 21-C avant et après l'ajustement au tamis 2,5 mm.

Figure 1 Courbe granulométrique du 21-C avant tamisage au tamis 2,5 mm

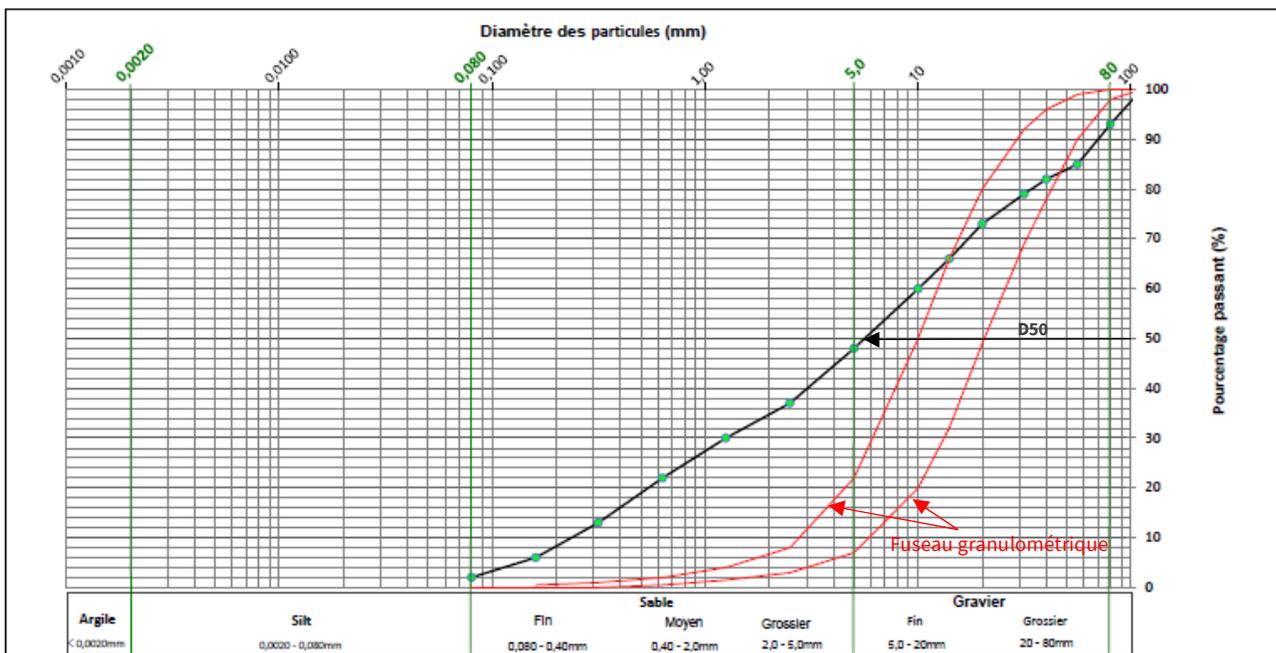
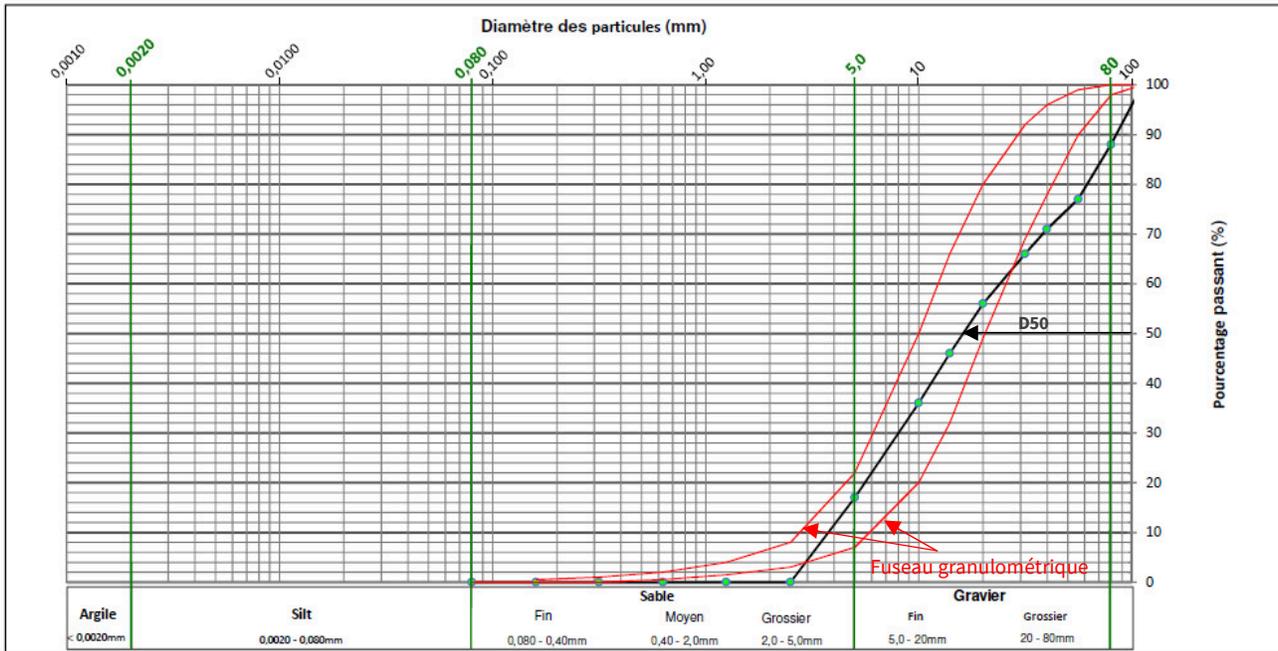




Figure 2 Courbe granulométrique du 21-C après tamisage au tamis 2,5 mm



Le tableau 2 indique la quantité de matériaux devant être tamisé afin d'obtenir le tonnage désiré de 360 000 tm; le pourcentage de récupération retenu au tamis 2,5 varie de 51 à 67% selon les sites pour une quantité à tamiser variant entre 537 313 tm (**site 21**) et 705 882 tm (**site 28**).

Tableau 2 Opération requise au tamisage pour obtenir 360 000 tm

Site	19	20	21	28	87
Pourcentage retenu au tamis 2,5 mm (%)	63	54	67	51	60
Tonnage à tamiser (tm)	574 468	670 807	537 313	705 882	596 685
Tamiseur 2,5 mm / chargeur – Durée d'opération suivant un taux de 200 tm/h					
Jour de 8 h	359	419	336	441	373
Semaine de 45 h	64	75	60	78	66

La durée de tamisage est estimée entre 60 et 78 semaines à raison de 8 heures d'opération par jour; toutefois des doubles quarts de travail permettant d'atteindre 20h d'opération journalière peuvent être envisagés.

5.2 Volume exploitable potentiel

La détermination des volumes exploitables potentiels a été effectuée sur la base des relevés Lidar, des profondeurs des faces d'exploitation, de la stratigraphie observée sur les faces d'exploitation et dans les tranchées d'échantillonnage, de la cartographie des dépôts meubles et finalement de la profondeur de la nappe phréatique. La réalisation des tranchées d'échantillonnage a permis de valider à quelques endroits l'extension latérale de certains dépôts.

Tableau 3 Estimation des volumes exploitables

Site	19	20	21	28	87
Épaisseur moyenne des dépôts de sable et gravier	2,1 à 4,0 m Moy. 3 m Constant	2,0 à 3,0 m Moy. 1,5 m Constant	3 à 8 m Moy. 6 m Variable	2,8 à 4,5 m Moy. 3,8 m Constant	0,6 à 5,5 m Moy. 2,2 m Très variable
Profondeur du dépôt	0,35 m Constant	0 à 2,8 m Variable	0 à 3,5 m Variable	0,8 à 1,2 m Constant	0,0 à 1,5 m Variable
Profondeur de la nappe phréatique	±4 m	>5,0 m	> 11 m	> 5,4 m	> 6,4 m
Superficie exploitable approximative	200 x 400 m 80 000 m ²	100 x 150 m 15 000 m ²	100 x 200 20 000 m ²	300 x 500 150 000 m ²	200 x 500 100 000 m ²
Volume potentiel	240 000 m ³	22 500 m ³	120 000 m ³	570 000 m ³	220 000 m ³
Tonnage potentiel	432 000 tm	40 500 tm	216 000 tm	1 026 000 tm	396 000 tm
Tonnage potentiel pondéré (65%)	280 800 tm	26 325 tm	140 400 tm	666 900 tm	257 400 tm

5.3 Accès et transport

Lorsque le matériau sera produit au niveau du banc d'emprunt, le transport de celui-ci se fera par le réseau routier. Les conditions des tracés sont résumées au tableau 4.

Sommairement, le tracé routier des **sites 19, 20 et 21** est le même et requiert que la circulation traverse la ville de Baie-Comeau via le boulevard Laflèche, avant d'emprunter la route pavée 389 et ensuite le Chemin de la Rivière-aux-Anglais. Le tracé du **site 28** permet d'éviter la ville et se fera par la route de Contournement qui est un large chemin forestier en gravier. Finalement, le tracé du **site 87** permet également d'éviter la ville et se fera par le chemin de la Scierie-des-aux-Outardes et le Chemin d'Auteuil.

Pour la région, et considérant la nature du transport à réaliser, le barème établit selon le *Recueil des tarifs de camionnage en vrac - 2019* est un paiement basé sur un prix tonne-kilomètre. Le **site 19** est le moins avantageux avec une distance de 45 km, les **sites 20 et 28** sont à la même distance de 43 km, alors que les **sites 21 et 87** sont les plus avantageux avec une distance respective de 38 et 40 km. Les coûts associés sont détaillés au Tableau 5.

Aucune restriction n'a été relevée le long des tracés pouvant limiter le transport en vrac. Dans le secteur du Chemin d'Auteuil, un pont est en reconstruction et une voie de contournement est en fonction afin d'accéder au **site 87**.



Tableau 4 Conditions des tracés routiers

Site	19	20	21	28	87
Distance aller (km)	45	43	38	43	40
Durée aller (minutes)*	40	38	35	34	34

*Trajet en camion de type ¾ t

Tableau 5 Coûts de transport – tonne-kilomètre (M\$)

Type de camion	Nb de voyage	Sites				
		19	20	21	28	87
Camion 3 essieux (16,0 tm)	22 500	4,051	3,942	3,614	3,942	3,778
Camion 4 essieux (20,75 tm)	17 350					
Semi-remorque 2 essieux (27,75 tm)	12 973					
Semi-remorque 3 essieux (32,5 tm)	11 077					
Semi-remorque 4 essieux (36,5 tm)	9 863					

*Selon le recueil des tarifs de camionnage en vrac – 2019

5.4 Coûts de production et de transport

Le tableau suivant présente les coûts de production (tamisage) et de transport en vue de procéder aux travaux de recharge de la plage. Les coûts suivants seront à intégrer dans le prix :

- Coûts de déboisement, essouchage et décapage qui dépendront des sites qui seront exploités
- Coûts de la manutention et de la mise en place à la plage, lesquels seront similaires, peu importe le ou les sites retenus
- Coûts de gestion et de supervision des opérations lesquels seront similaires, peu importe le ou les sites retenus
- Royauté au Gouvernement, prix par tonne métrique
- La redevance municipale, prix par tonne métrique

Tableau 6 Coût de production et de transport (M\$)

	Sites				
	19	20	21	28	87
Tamisage – 3,00\$/tm	1,723	2,012	1,612	2,117	1,790
Transport	4,051	3,942	3,614	3,942	3,778
COÛTS	5,774	5,954	5,226	6,059	5,568

6 Conclusions et recommandations

Les résultats de cette étude nous ont conduit à sélectionner les sites 19, 20, 21, 28 et 87 comme étant ceux ayant le plus fort potentiel d'exploitation suite à la visite des sites effectuée. Par la suite, les résultats des analyses granulométriques ont révélé des matériaux relativement similaires mais qui ne respecte pas le fuseau granulométrique visé. Un traitement de tamisage permettant d'éliminer le passant au tamis 2,5 mm a été ciblé comme méthode efficace et abordable pour obtenir un matériau qui correspond assez bien au fuseau souhaité.

Une différence de coût de production est donc à considérer selon le pourcentage de passant 2,5 mm des matériaux provenant des 5 sites. Cette différence fait passer le coût de production de 1,612 M\$ pour le site 21 à 2,117 M\$ pour le site 28, portant l'écart à 0,5 M\$. Au global, les sites 19, 21 et 87 sont les plus avantageux avec un coût de production de 1,723 M\$, 1,612 M\$ et 1,790 M\$ respectivement. Alors que les sites 20 et 28 coûteront 2,012 M\$ et 2,117 M\$ respectivement.

Pour le transport, les coûts varient de 3,613 M\$ à 4,051 M\$ pour un écart de 0,44 M\$. Les sites 21 et 87 étant les plus près avec un coût de 3,613 M\$ et 3,778 M\$ respectivement.

Concernant les volumes exploitables, le site 20 comporte l'incertitude d'avoir une profondeur de dépôt variable de 0 à 2,8 m, ce qui peut entraîner des coûts supplémentaires d'excavation afin d'atteindre le dépôt exploitable. Ceci associé au fait que l'épaisseur moyenne exploitable de ce dépôt soit de l'ordre de 1,5 m le rend nettement moins intéressant.

La couche exploitable du dépôt 87 se trouve entre 0 et 1,5 m de la surface, par contre l'épaisseur exploitable est très variable avec une moyenne de 2,2 m, et entre 0,6 et 5,5 m d'épaisseur.

L'horizon exploitable du site 21 se trouve à une profondeur variant entre 0 et 3,5 m, mais son épaisseur exploitable moyenne est intéressant avec une épaisseur de 6 m.

Le dépôt exploitable du site 28 se trouve entre 0,8 et 1,2 m de profondeur et fait une épaisseur moyenne de 3,8 m avec peu de variation; la constance de ce dépôt, le rend substantiellement intéressant malgré qu'il constitue le dépôt où l'opération de tamisage est le plus dispendieux.

Au niveau du transport, les sites 19, 20 et 21 comporte le désavantage d'un tracé où les camions de transport circuleront sur l'artère principale de la Ville de Baie-Comeau. Compte tenu du nombre élevé de voyage que ces travaux nécessitent, le transport peut effectivement perturber la circulation dans la ville. À titre indicatif, si des 10 roues sont utilisés, cela représente 22 500 voyage, donc 45 000 passages. Comme les travaux devraient s'étaler sur une période approximative de 1 an, cela représente environ 40 passages de camion à l'heure.

Afin de bien considérer ces critères de sélection, nous avons intégré ces paramètres dans une grille multicritère, laquelle est présentée au tableau 7.

L'analyse multicritère a été réalisée à l'aide d'une grille comparative de six (6) critères afin de déterminer le site le mieux adapté et le plus avantageux en fonction des critères établit. Une pondération de 1 a été attribuée à chaque critère, toutefois il peut être envisagé d'attribuer plus ou moins d'importance à un critère en leur attribuant par exemple une pondération de « 0,5 » représentant un critère de moindre importance, ou une pondération de « 2 » représentant un critère plus important. Ces pondérations pourront donc être revues afin de représenter les valeurs et les objectifs du client.

Chaque critère a été évalué selon une échelle qualitative de « A » à « E » correspondant au degré de réponse au critère évalué du plus favorable au moins favorable.



- La cote A est attribuée à l'ouvrage répondant le mieux ou qui répond facilement au critère évalué et/ou présente peu, voire pas de contraintes ou d'incertitudes, ce qui est qualifié de « très bon ».
- La cote B est attribuée si l'ouvrage répond bien ou relativement bien au critère et/ou présente peu de contraintes ou d'incertitudes, ce qui est qualifié de « bon »;
- La cote C est attribuée si l'ouvrage répond correctement au critère évalué, mais présente quelques contraintes et/ou incertitudes, ce qui est qualifié de « moyen »;
- La cote D est attribuée si l'ouvrage répond moyennement à difficilement au critère évalué et/ou présente des contraintes ou des incertitudes, ce qui est qualifié de « mauvais »;
- La cote E est attribuée à l'ouvrage qui répond difficilement au critère évalué et présente beaucoup de contraintes ou d'incertitudes, ce qui correspond au qualitatif de « très mauvais »;

Plusieurs scénarios peuvent être cotés à égalité sur un même critère.

Tableau 7 Analyse multicritère

	Critère d'évaluation		Pondération	Site				
				19	20	21	28	87
Contraintes techniques	A	E	4	11	7	6	15	11
1. Conformité granulométrique	Conforme	Non conforme	1	E	E	E	E	E
2. Volume exploitable	Beaucoup	Peu	1	D	E	E	A	D
3. Accès à la réserve / constance du dépôt	Facile	Difficile	1	A	D	E	B	C
4. Contrainte de transport (Ville)	Peu	Beaucoup	1	C	C	C	A	A
Coûts	A	E	2	6	6	10	5	8
5. Coût de production	Faible	Important	1	B	C	A	D	B
6. Coût de transport	Faible	Important	1	D	C	A	C	B
TOTAL				17	13	16	20	19

Sur la base que l'on attribue une importance égale à chaque critère définit (pondération), les résultats indiquent clairement le rejet du site 20, alors que celui en tête de liste est le site 28. Les sites 87, 19 et 21 suivent de près.

Ainsi, les réserves substantielles du site 28, la constance de la position et l'épaisseur de son dépôt exploitable, le faible impact au niveau du transport le place en première position, malgré que son coût de production soit le plus élevé. En tant que réserve secondaire, nous recommandons de considérer dans l'ordre les sites 87, 19 et 21.



7 Limitations

Les résultats obtenus lors de cette étude ne sont applicables qu'en regard des hypothèses et des données utilisées au cours de l'étude et sur les limites et techniques d'exploration. Des conditions de site différentes de celles décrites dans ce rapport sont possibles en cours d'exploitation.

Les conditions d'eau souterraine décrites dans ce rapport se rapportent uniquement à celles observées aux endroits et aux dates indiquées dans ce rapport. Il est important de noter que le niveau de l'eau souterraine peut être influencé par plusieurs facteurs dont, entre autres, les précipitations, la fonte des neiges et les modifications apportées au milieu physique et qu'ainsi, il peut varier avec les saisons et les années.

Toutes les données factuelles, les interprétations et les recommandations émises dans le présent rapport se rapportent uniquement au projet décrit dans ce rapport et ne s'appliquent à aucun autre projet ou site. Ce rapport a été préparé pour le seul bénéfice de notre client. Nous déclinons toute responsabilité ou obligation associée à l'utilisation de ce rapport par une tierce personne, de même que toute décision qui en découle lui en est strictement imputable.



Annexe A

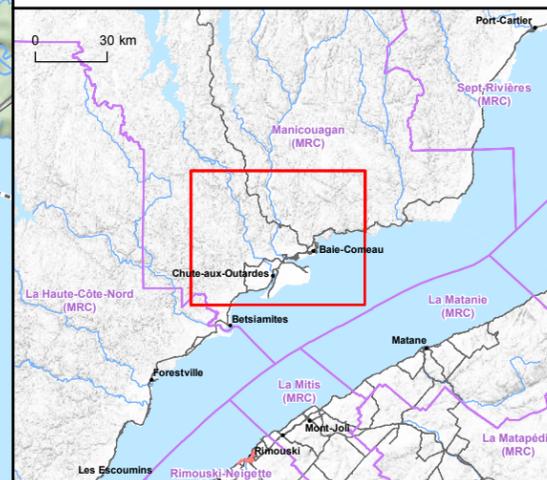
Localisation des sites

Localisation des tranchées d'échantillonnage



- Sites potentiels
- 99 N° de banc (SIGEOM)
- Accès aux sites potentiels
- Site du rechargement de sable
- Limite municipale

Les éléments cartographiés sur ce document ne doivent pas servir à des fins de délimitation foncière. Aucun relevé n'a été effectué par un arpenteur-géomètre.



Projet de caractérisation de bancs d'emprunt,
Municipalité Pointe-aux-Outardes

Figure 1
Localisation des sites potentiels

Source(s) :
CanVec, 1/50 000, RNCan, 2017
SDA, 1/20 000, MERN Québec, 2019
Adresses Québec, © Gouvernement du Québec, 2019
Données SIGEOM, MERN, 2019

0 2 200 4 400 m

UTM, fuseau 19, NAD83

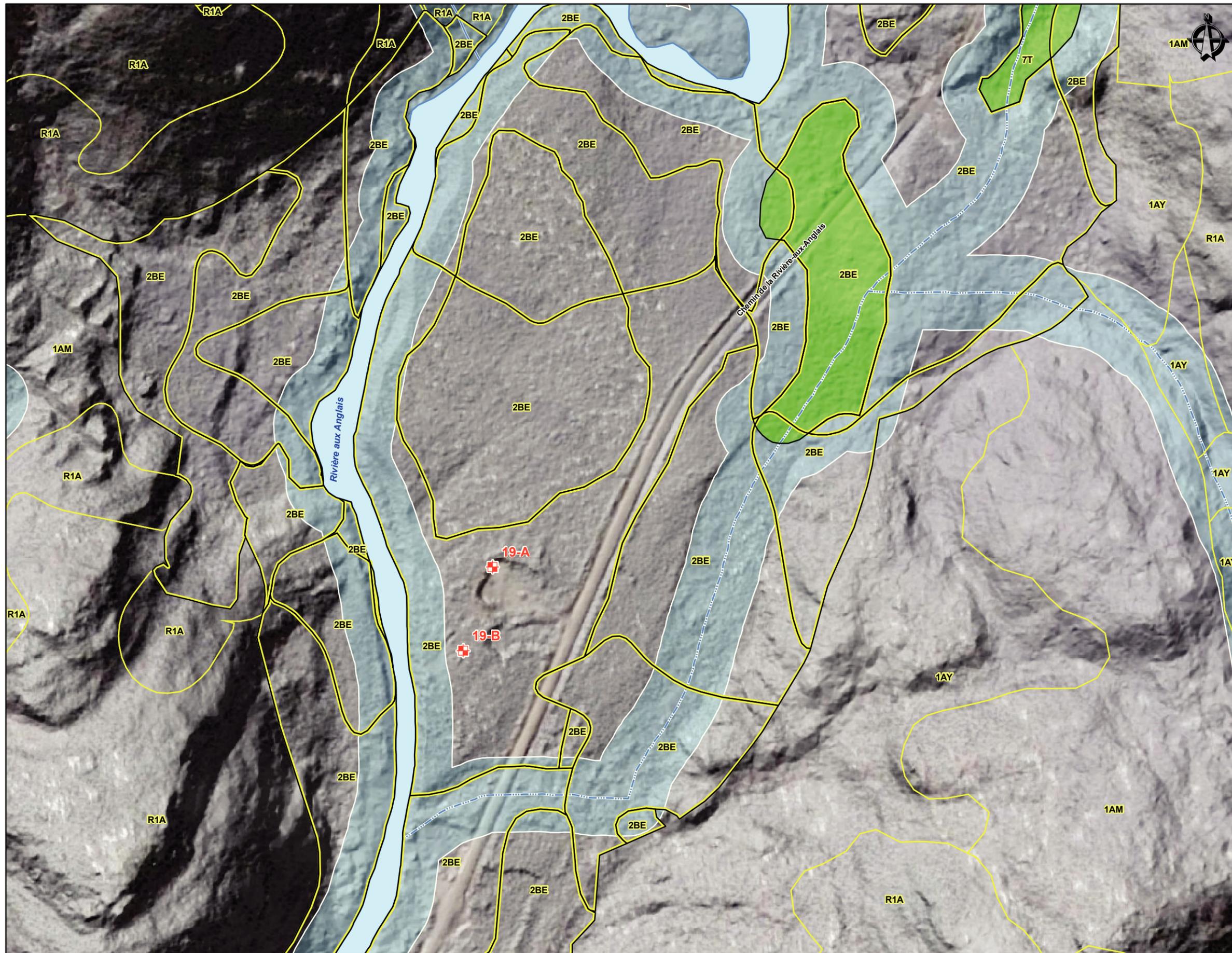
Octobre 2019

PRÉLIMINAIRE



Approuvé par :

Fichier : F1901477001N001_LocSitesPotentielles_191008_SG.mxd



Tranchées d'échantillonnage

Dépôts de surface d'intérêt

2A Dépôt fluvio-glaciaire, juxta-glaciaire
2BD Dépôt fluvio-glaciaire, pro-glaciaire, delta fluvio-glaciaire
2BE Dépôt fluvio-glaciaire, pro-glaciaire, épandage

Autres dépôts de surface

1A; 1AM; 1AY; 3AE; 3AN; 5A; 5S; 5SY; 6S; 7E; 7T; 8E; R; R1A; R5S

Milieus naturels

Aires protégées
 Milieux humides potentiels
 Bande riveraine des cours d'eau et milieux humides (30 m)

Les éléments cartographiés sur ce document ne doivent pas servir à des fins de délimitation foncière. Aucun relevé n'a été effectué par un arpenteur-géomètre.



Projet de caractérisation de bancs d'emprunt
Municipalité Pointe-aux-Outardes

Localisation des tranchées d'échantillonnage
Site 19

Source(s) :

World Imagery, ESRI ArcGIS Online and data partners
 CanVec, 1/50 000, RNCan, 2017
 Adresses Québec, © Gouvernement du Québec, 2019
 Données dérivées du Lidar, MFFP
 Milieux humides potentiels, MELCC, 2019
 Dépôts de surface, SIEF, MFFP
 Aires protégées, MELCC, 2019

0 30 60 m

UTM, fuseau 19, NAD83

Novembre 2019

Approuvé par : Sonya Graveline, ing.

Fichier : F1901477001N002_Site19_sondage_191105_SG.mxd



Tranchées d'échantillonnage

Dépôts de surface d'intérêt

2A Dépôt fluvio-glaciaire, juxta-glaciaire
2BD Dépôt fluvio-glaciaire, pro-glaciaire, delta fluvio-glaciaire
2BE Dépôt fluvio-glaciaire, pro-glaciaire, épandage

Autres dépôts de surface

1A; 1AM; 1AY; 3AE; 3AN; 5A; 5S; 5SY; 6S; 7E; 7T; 8E; R; R1A; R5S

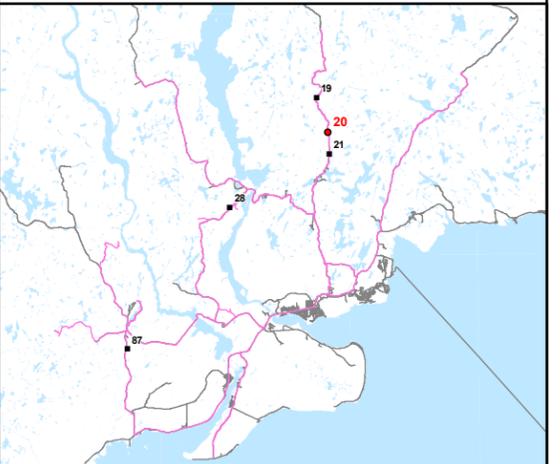
Milieus naturels

Aires protégées

Milieus humides potentiels

Bande riveraine des cours d'eau et milieux humides (30 m)

Les éléments cartographiés sur ce document ne doivent pas servir à des fins de délimitation foncière. Aucun relevé n'a été effectué par un arpenteur-géomètre.



**Projet de caractérisation de bancs d'emprunt
Municipalité Pointe-aux-Outardes**

**Localisation des tranchées d'échantillonnage
Site 20**

Source(s) :

World Imagery, ESRI ArcGIS Online and data partners
 CanVec, 1/50 000, RNCan, 2017
 Adresses Québec, © Gouvernement du Québec, 2019
 Données dérivées du Lidar, MFFP
 Milieux humides potentiels, MELCC, 2019
 Dépôts de surface, SIEF, MFFP
 Aires protégées, MELCC, 2019

0 20 40 m

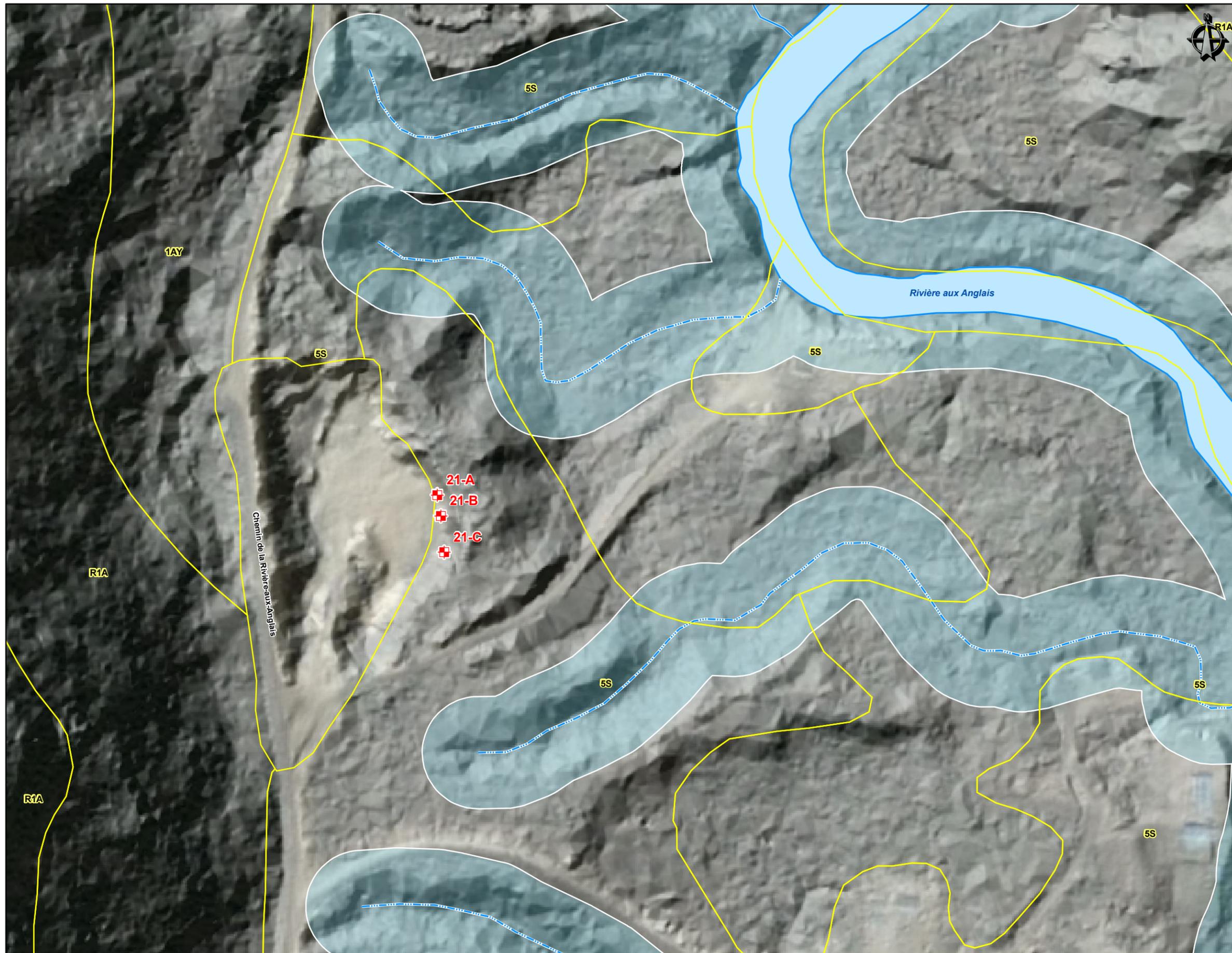
UTM, fuseau 19, NAD83

Novembre 2019

Approuvé par : Sonya Graveline, ing.

Fichier : F1901477001N003_Site20_sondage_191105_SG.mxd

FNX
INNOV



Tranchées d'échantillonnage

Dépôts de surface d'intérêt

2A Dépôt fluvio-glaciaire, juxta-glaciaire
2BD Dépôt fluvio-glaciaire, pro-glaciaire, delta fluvio-glaciaire
2BE Dépôt fluvio-glaciaire, pro-glaciaire, épandage

Autres dépôts de surface

1A; 1AM; 1AY; 3AE; 3AN; 5A; 5S; 5SY; 6S; 7E; 7T; 8E; R; R1A; R5S

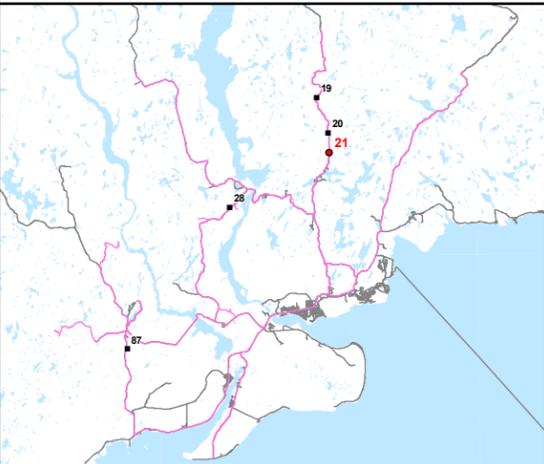
Milieus naturels

Aires protégées

Milieus humides potentiels

Bande riveraine des cours d'eau et milieux humides (30 m)

Les éléments cartographiés sur ce document ne doivent pas servir à des fins de délimitation foncière. Aucun relevé n'a été effectué par un arpenteur-géomètre.

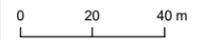


**Projet de caractérisation de bancs d'emprunt
Municipalité Pointe-aux-Outardes**

**Localisation des tranchées d'échantillonnage
Site 21**

Source(s) :

World Imagery, ESRI ArcGIS Online and data partners
 CanVec, 1/50 000, RNCan, 2017
 Adresses Québec, © Gouvernement du Québec, 2019
 Données dérivées du Lidar, MFFP
 Milieux humides potentiels, MELCC, 2019
 Dépôts de surface, SIEF, MFFP
 Aires protégées, MELCC, 2019

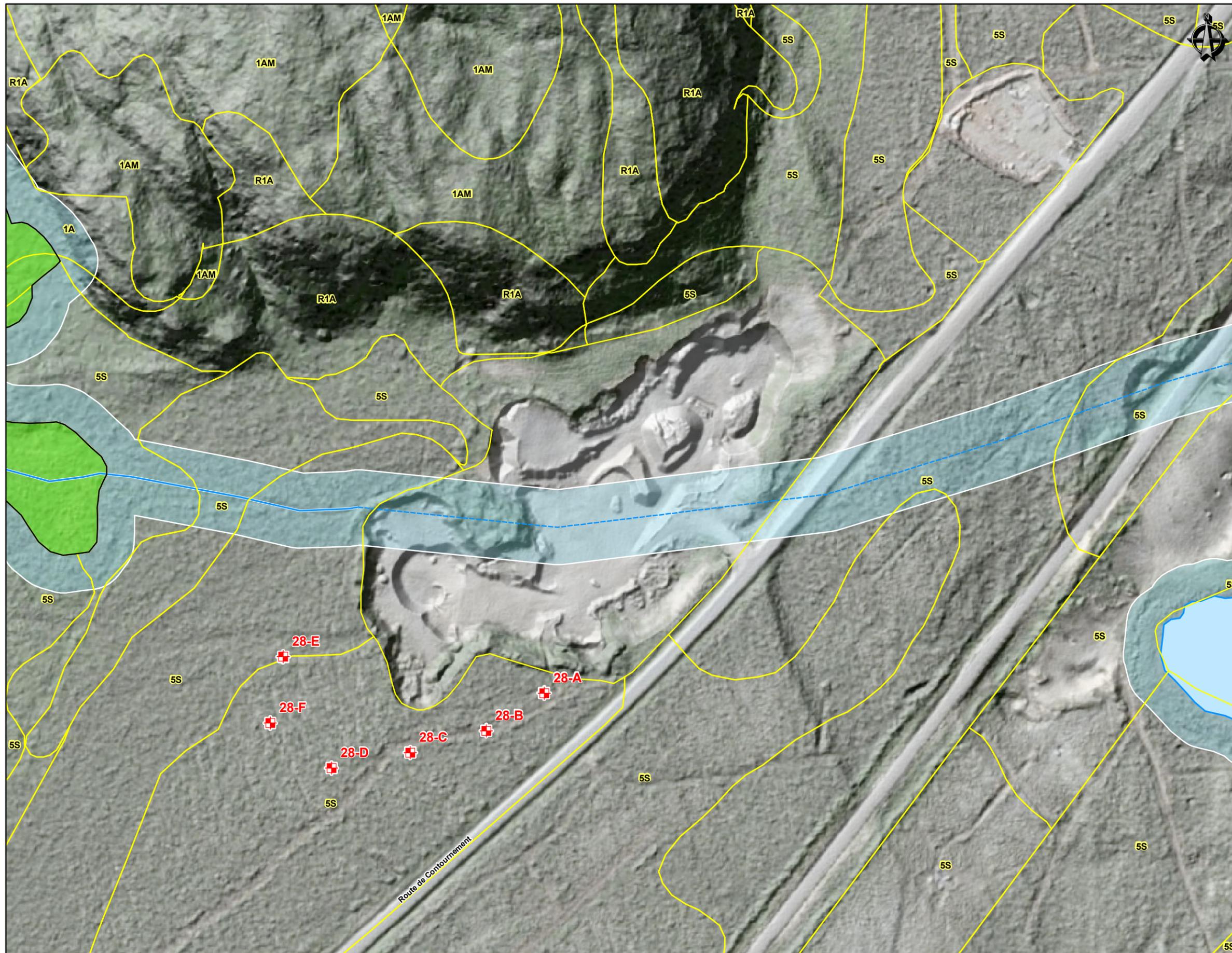


UTM, fuseau 19, NAD83

Novembre 2019



Approuvé par : Sonya Graveline, ing.
 Fichier : F1901477001N004_Site21_sondage_191105_SG.mxd



Tranchées d'échantillonnage

Dépôts de surface d'intérêt

2A Dépôt fluvio-glaciaire, juxta-glaciaire
2BD Dépôt fluvio-glaciaire, pro-glaciaire, delta fluvio-glaciaire
2BE Dépôt fluvio-glaciaire, pro-glaciaire, épandage

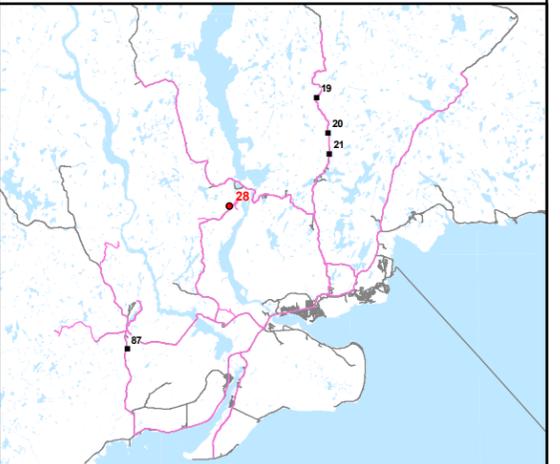
Autres dépôts de surface

1A; 1AM; 1AY; 3AE; 3AN; 5A; 5S; 5SY; 6S; 7E; 7T; 8E; R; R1A; R5S

Milieus naturels

Aires protégées
 Milieux humides potentiels
 Bande riveraine des cours d'eau et milieux humides (30 m)

Les éléments cartographiés sur ce document ne doivent pas servir à des fins de délimitation foncière. Aucun relevé n'a été effectué par un arpenteur-géomètre.



Projet de caractérisation de bancs d'emprunt
Municipalité Pointe-aux-Outardes

Localisation des tranchées d'échantillonnage
Site 28

Source(s) :

World Imagery, ESRI ArcGIS Online and data partners
 CanVec, 1/50 000, RNCan, 2017
 Adresses Québec, © Gouvernement du Québec, 2019
 Données dérivées du Lidar, MFFP
 Milieux humides potentiels, MELCC, 2019
 Dépôts de surface, SIEF, MFFP
 Aires protégées, MELCC, 2019

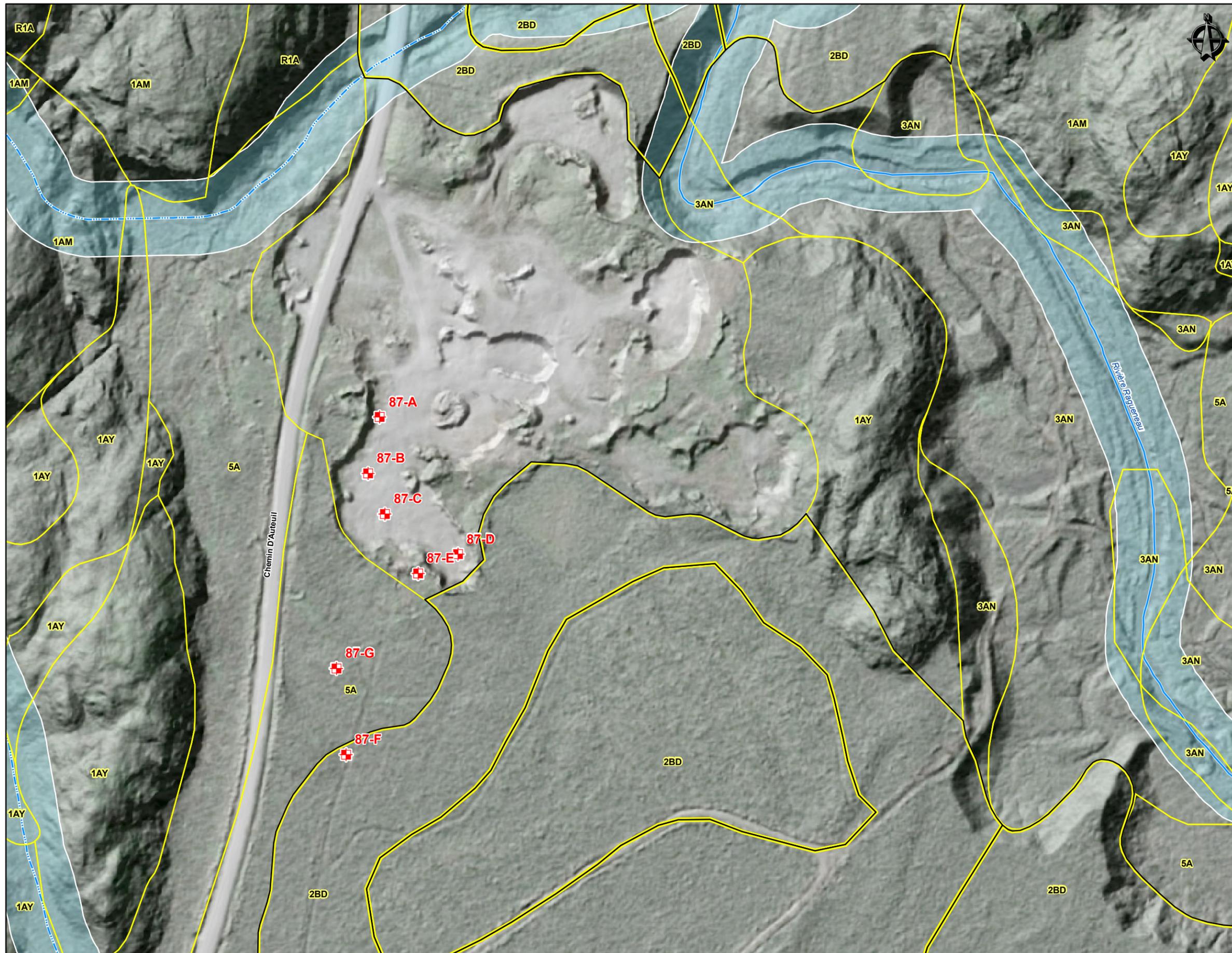
0 30 60 m

UTM, fuseau 19, NAD83

Novembre 2019

Approuvé par : Sonya Graveline, ing.

Fichier : F1901477001N005_Site28_sondage_191105_SG.mxd



Tranchées d'échantillonnage

Dépôts de surface d'intérêt

2A Dépôt fluvio-glaciaire, juxta-glaciaire
2BD Dépôt fluvio-glaciaire, pro-glaciaire, delta fluvio-glaciaire
2BE Dépôt fluvio-glaciaire, pro-glaciaire, épandage

Autres dépôts de surface

1A; 1AM; 1AY; 3AE; 3AN; 5A; 5S; 5SY; 6S; 7E; 7T; 8E; R; R1A; R5S

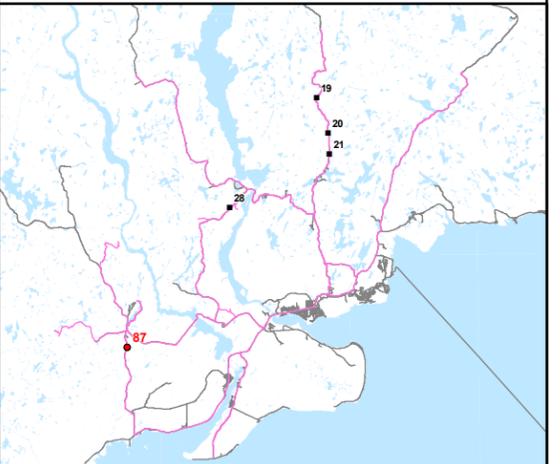
Milieus naturels

Aires protégées

Milieus humides potentiels

Bande riveraine des cours d'eau et milieux humides (30 m)

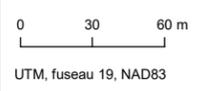
Les éléments cartographiés sur ce document ne doivent pas servir à des fins de délimitation foncière. Aucun relevé n'a été effectué par un arpenteur-géomètre.



**Projet de caractérisation de bancs d'emprunt
Municipalité Pointe-aux-Outardes**

**Localisation des tranchées d'échantillonnage
Site 87**

Source(s) :
 World Imagery, ESRI ArcGIS Online and data partners
 CanVec, 1/50 000, RNCan, 2017
 Adresses Québec, © Gouvernement du Québec, 2019
 Données dérivées du Lidar, MFFP
 Milieux humides potentiels, MELCC, 2019
 Dépôts de surface, SIEF, MFFP
 Aires protégées, MELCC, 2019





Annexe B

Fiches d'inventaire

INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS

Rapport de visite

Localisation: Municipalité de Franquelin

Technicien: Simon Marois, tech. en géologie

Coordonnées: 68,01907° 49,43913° UTM Zone 19

Date: 05 octobre 2019

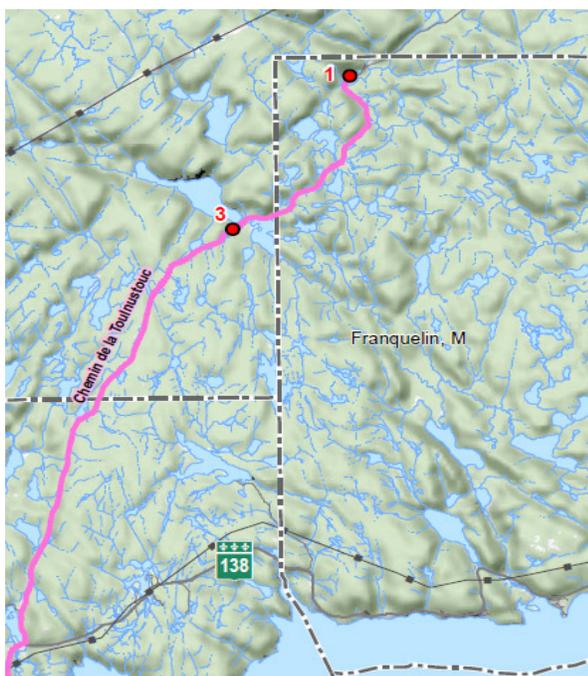
Milieu:		Accès:		Végétation		Type:	
urbain	<input type="checkbox"/>	Chemin de la Toulmoustouc		boisé	<input checked="" type="checkbox"/>	conifères	<input type="checkbox"/>
rural	<input checked="" type="checkbox"/>			non boisé	<input type="checkbox"/>	feuillus	<input type="checkbox"/>
maison la plus proche (km)				cultivée	<input type="checkbox"/>	mixtes	<input checked="" type="checkbox"/>
0,4 km				autres	<input type="checkbox"/>		
Topographie:		Épaisseur (m):		Origine:			
étagée	<input type="checkbox"/>	minimum	1	glaciaire	<input type="checkbox"/>	deltaïque	<input type="checkbox"/>
plane	<input checked="" type="checkbox"/>	maximum	4	fluvioglaciaire	<input checked="" type="checkbox"/>	éolienne	<input type="checkbox"/>
bosselée	<input type="checkbox"/>	moyenne	3	fluviale	<input type="checkbox"/>	autres	
ondulée	<input type="checkbox"/>			lacustre	<input type="checkbox"/>		
Condition des faces:		Plancher:		Condition du site		Difficulté d'exploitation:	
fraîches	<input type="checkbox"/>	gravier	<input type="checkbox"/>	en exploitation	<input type="checkbox"/>	aucune	<input checked="" type="checkbox"/>
non ouvertes	<input type="checkbox"/>	sable	<input checked="" type="checkbox"/>	abandonné	<input checked="" type="checkbox"/>	découverte	<input type="checkbox"/>
végétation	<input type="checkbox"/>	argile	<input type="checkbox"/>	vidé	<input type="checkbox"/>	accès	<input type="checkbox"/>
effondrées	<input checked="" type="checkbox"/>	till	<input type="checkbox"/>	réaménagé	<input type="checkbox"/>	nappe phréatique	<input type="checkbox"/>
aplanies	<input type="checkbox"/>	roc	<input type="checkbox"/>			environnement	<input type="checkbox"/>
reboisées	<input checked="" type="checkbox"/>					dépôt hétérogène	<input type="checkbox"/>

DESCRIPTION / COMMENTAIRE

- présence de la nappe phréatique

- reboisée partiellement

- tamisage d'un échantillon en chantier: 88% passant 5 mm / 15% retenu 5 mm / 7% retenu 14 mm

CROQUIS / PHOTO




INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS

Rapport de visite

Localisation: Rivière-aux-Outardes

Technicien: Simon Marois, tech. en géologie

Coordonnées: 68,06254° 49,39307° UTM Zone 19

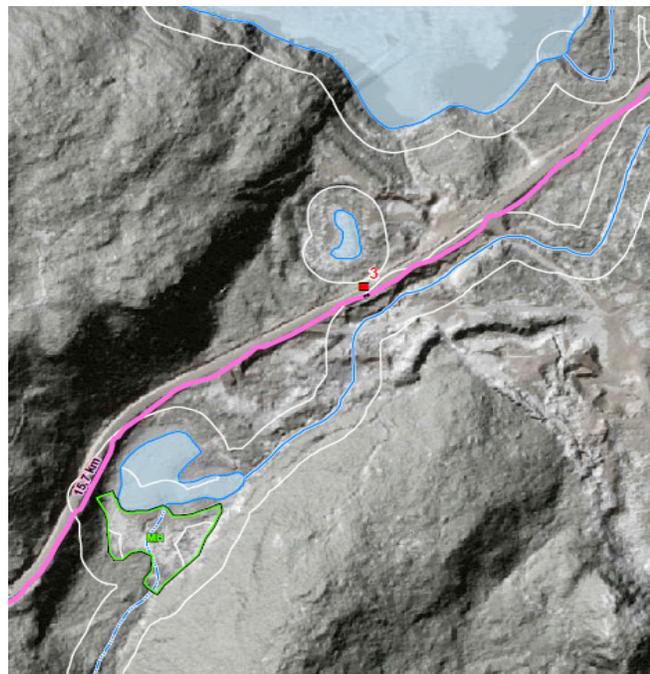
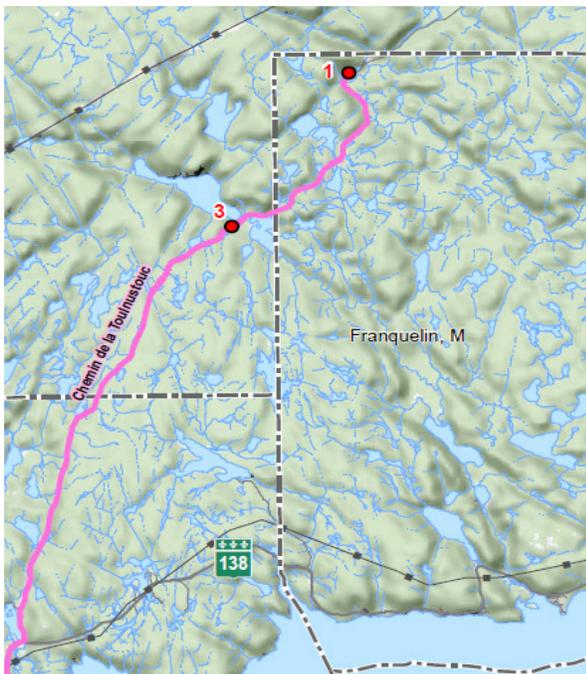
Date: 05 octobre 2019

Milieu:	Accès:	Végétation	Type:
urbain <input type="checkbox"/>	Chemin de la Toulnostouc	boisé <input checked="" type="checkbox"/>	conifères <input type="checkbox"/>
rural <input checked="" type="checkbox"/>		non boisé <input type="checkbox"/>	feuillus <input type="checkbox"/>
maison la plus proche (km)		cultivée <input type="checkbox"/>	mixtes <input checked="" type="checkbox"/>
chalet sur le dépôt		autres <input type="checkbox"/>	
Topographie:	Épaisseur (m):	Origine:	
étagée <input checked="" type="checkbox"/>	minimum 0	glaciaire <input type="checkbox"/>	deltaïque <input type="checkbox"/>
plane <input type="checkbox"/>	maximum 4	fluvioglaciaire <input checked="" type="checkbox"/>	éolienne <input type="checkbox"/>
bosselée <input checked="" type="checkbox"/>	moyenne 3	fluviale <input type="checkbox"/>	autres <input type="checkbox"/>
ondulée <input type="checkbox"/>		lacustre <input type="checkbox"/>	
Condition des faces:	Plancher:	Condition du site	Difficulté d'exploitation:
fraîches <input type="checkbox"/>	gravier <input checked="" type="checkbox"/>	en exploitation <input checked="" type="checkbox"/>	aucune <input checked="" type="checkbox"/>
non ouvertes <input checked="" type="checkbox"/>	sable <input type="checkbox"/>	abandonné <input type="checkbox"/>	découverte <input type="checkbox"/>
végétation <input checked="" type="checkbox"/>	argile <input type="checkbox"/>	vidé <input type="checkbox"/>	accès <input type="checkbox"/>
effondrées <input checked="" type="checkbox"/>	till <input type="checkbox"/>	réaménagé <input type="checkbox"/>	nappe phréatique <input type="checkbox"/>
aplanies <input type="checkbox"/>	roc <input type="checkbox"/>		environnement <input type="checkbox"/>
reboisées <input checked="" type="checkbox"/>			dépôt hétérogène <input type="checkbox"/>

DESCRIPTION / COMMENTAIRE

- nappe phréatique non observée
- site exploité de part et d'autre sur de petites cellules de gravier
- réserve négligeable
- dépôt hétérogène

CROQUIS / PHOTO





INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS

Rapport de visite

Localisation:	Rivière-aux-Outardes	Technicien:	Simon Marois, tech. en géologie
Coordonnées:	68,24438° 49,48435° UTM Zone 19	Date:	1er octobre 2019

Milieu:	Accès:	Végétation	Type:
urbain <input type="checkbox"/>	Chemin de la Rivière-aux-Anglais	boisé <input checked="" type="checkbox"/>	conifères <input type="checkbox"/>
rural <input checked="" type="checkbox"/>	Chemin en gravier depuis la route 389.	non boisé <input type="checkbox"/>	feuillus <input type="checkbox"/>
maison la plus proche (km)	Pont Cache Guy à 1 voie.	cultivée <input type="checkbox"/>	mixtes <input checked="" type="checkbox"/>
chalet à 5,4 km	(3 ponts voir photo)	autres <input type="checkbox"/>	

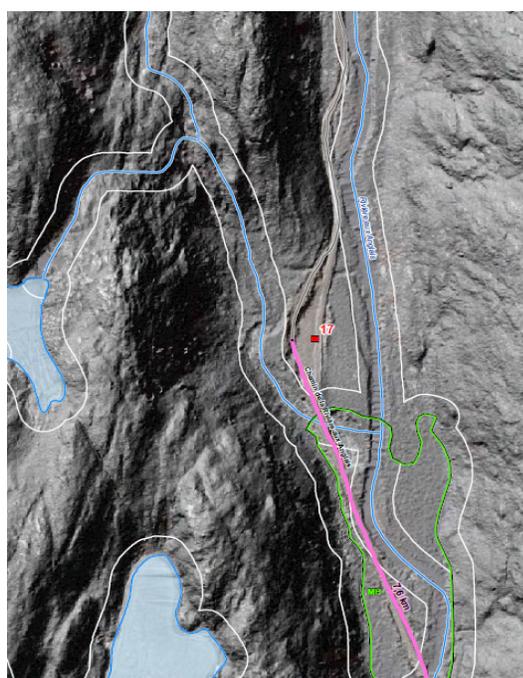
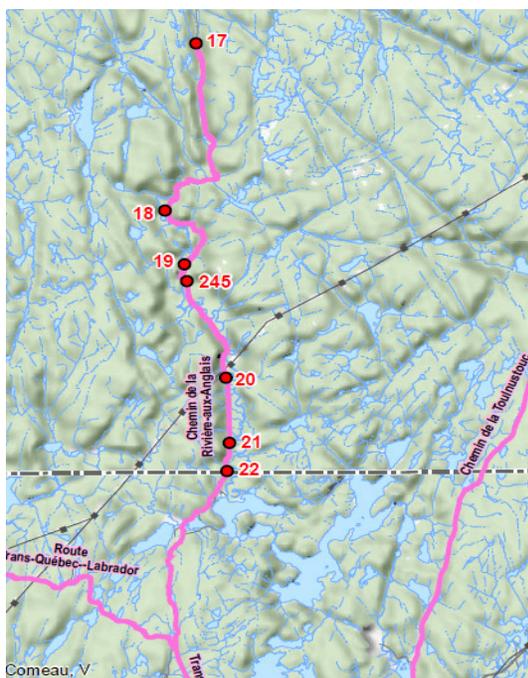
Topographie:	Épaisseur (m):	Origine:	
étagée <input checked="" type="checkbox"/>	minimum 1	glaciaire <input type="checkbox"/>	deltaïque <input type="checkbox"/>
plane <input type="checkbox"/>	maximum 3	fluvioglaciaire <input checked="" type="checkbox"/>	éolienne <input type="checkbox"/>
bosselée <input type="checkbox"/>	moyenne 2	fluviale <input type="checkbox"/>	autres <input type="checkbox"/>
ondulée <input type="checkbox"/>		lacustre <input type="checkbox"/>	

Condition des faces:	Plancher:	Condition du site	Difficulté d'exploitation:
fraîches <input type="checkbox"/>	gravier <input checked="" type="checkbox"/>	en exploitation <input type="checkbox"/>	aucune <input type="checkbox"/>
non ouvertes <input type="checkbox"/>	sable <input checked="" type="checkbox"/>	abandonné <input checked="" type="checkbox"/>	découverte <input type="checkbox"/>
végétation <input type="checkbox"/>	argile <input type="checkbox"/>	vidé <input checked="" type="checkbox"/>	accès <input checked="" type="checkbox"/>
effondrées <input checked="" type="checkbox"/>	till <input type="checkbox"/>	réaménagé <input type="checkbox"/>	nappe phréatique <input type="checkbox"/>
aplanies <input type="checkbox"/>	roc <input type="checkbox"/>		environnement <input type="checkbox"/>
reboisées <input type="checkbox"/>			dépôt hétérogène <input type="checkbox"/>

DESCRIPTION / COMMENTAIRE

- nappe phréatique non observée
- proximité d'un ruisseau
- partiellement exploité dans une bande riveraine
- couche de 1 à 1,5 m de terre végétale et de sable à retirer de la surface en vue d'une exploitation
- tamisage d'un échantillon en chantier: 35% passant 5 mm / 11% retenu 5 mm / 18% retenu 14 mm / 36% retenu 31,5 mm

CROQUIS / PHOTO





INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS

Rapport de visite

Localisation:	Rivière-aux-Outardes	Technicien:	Simon Marois, tech. en géologie
Coordonnées:	68,25741° 49,43102° UTM Zone 19	Date:	1er octobre 2019

Milieu:	Accès:	Végétation	Type:
urbain <input type="checkbox"/>	Chemin de la Rivière-aux-Anglais	boisé <input checked="" type="checkbox"/>	conifères <input type="checkbox"/>
rural <input checked="" type="checkbox"/>	Chemin en gravier depuis la route 389.	non boisé <input type="checkbox"/>	feuillus <input type="checkbox"/>
maison la plus proche (km)		cultivée <input type="checkbox"/>	mixtes <input checked="" type="checkbox"/>
		autres <input type="checkbox"/>	

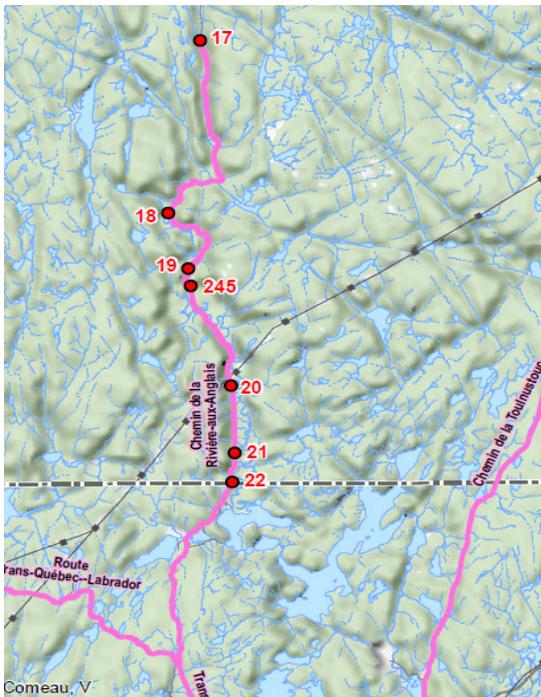
Topographie:	Épaisseur (m):	Origine:	
étagée <input type="checkbox"/>	minimum 0,5	glaciaire <input type="checkbox"/>	deltaïque <input type="checkbox"/>
plane <input checked="" type="checkbox"/>	maximum 1	fluvioglaciaire <input checked="" type="checkbox"/>	éolienne <input type="checkbox"/>
bosselée <input type="checkbox"/>	moyenne 0,75	fluviale <input type="checkbox"/>	autres <input type="checkbox"/>
ondulée <input type="checkbox"/>		lacustre <input type="checkbox"/>	

Condition des faces:	Plancher:	Condition du site	Difficulté d'exploitation:
fraîches <input type="checkbox"/>	gravier <input checked="" type="checkbox"/>	en exploitation <input type="checkbox"/>	aucune <input type="checkbox"/>
non ouvertes <input type="checkbox"/>	sable <input checked="" type="checkbox"/>	abandonné <input checked="" type="checkbox"/>	découverte <input type="checkbox"/>
végétation <input checked="" type="checkbox"/>	argile <input type="checkbox"/>	vidé <input checked="" type="checkbox"/>	accès <input checked="" type="checkbox"/>
effondrées <input checked="" type="checkbox"/>	till <input type="checkbox"/>	réaménagé <input type="checkbox"/>	nappe phréatique <input type="checkbox"/>
aplanies <input type="checkbox"/>	roc <input type="checkbox"/>		environnement <input type="checkbox"/>
reboisées <input type="checkbox"/>			dépôt hétérogène <input checked="" type="checkbox"/>

DESCRIPTION / COMMENTAIRE

- nappe phréatique non observée
- site en apparence vidé
- parfois recouverte de végétation à 70%
- lit de gravier recouvert par 1 à 1,5 m de végétation et de sable
- dépôt hétérogène et fortement sableux

CROQUIS / PHOTO





INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS

Rapport de visite

Localisation: Rivière-aux-Outardes **Technicien:** Simon Marois, tech. en géologie
Date: 1er octobre 2019
Coordonnées: 68,25035° 49,41351° UTM Zone 19

Milieu:	Accès:	Végétation	Type:
urbain <input type="checkbox"/>	Chemin de la Rivière-aux-Anglais	boisé <input checked="" type="checkbox"/>	conifères <input type="checkbox"/>
rural <input checked="" type="checkbox"/>	Chemin en gravier depuis la route 389.	non boisé <input type="checkbox"/>	feuillus <input type="checkbox"/>
maison la plus proche (km)		cultivée <input type="checkbox"/>	mixtes <input checked="" type="checkbox"/>
		autres <input type="checkbox"/>	

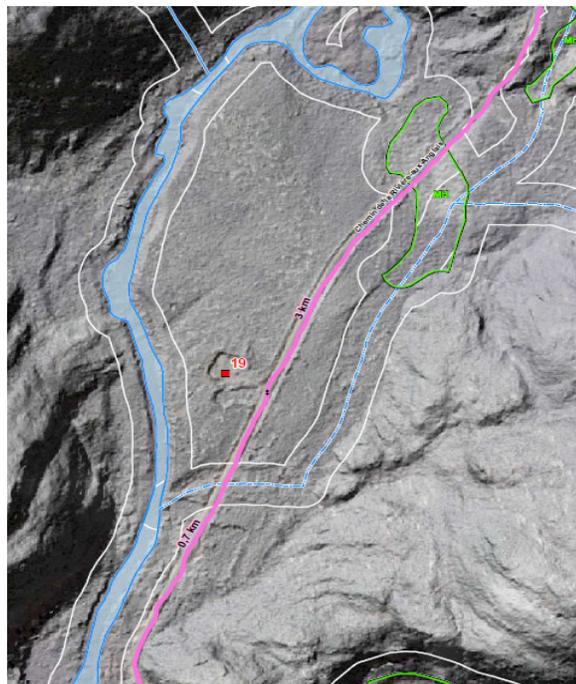
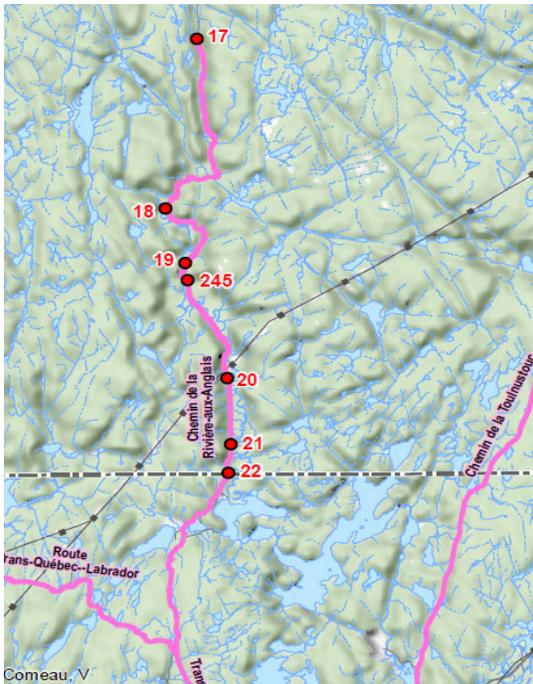
Topographie:	Épaisseur (m):	Origine:	
étagée <input checked="" type="checkbox"/>	minimum 1	glaciaire <input type="checkbox"/>	deltaïque <input type="checkbox"/>
plane <input type="checkbox"/>	maximum 3	fluvioglaciaire <input checked="" type="checkbox"/>	éolienne <input type="checkbox"/>
bosselée <input type="checkbox"/>	moyenne 2	fluviale <input type="checkbox"/>	autres <input type="checkbox"/>
ondulée <input type="checkbox"/>		lacustre <input type="checkbox"/>	

Condition des faces:	Plancher:	Condition du site	Difficulté d'exploitation:
fraîches <input checked="" type="checkbox"/>	gravier <input checked="" type="checkbox"/>	en exploitation <input checked="" type="checkbox"/>	aucune <input type="checkbox"/>
non ouvertes <input type="checkbox"/>	sable <input type="checkbox"/>	abandonné <input checked="" type="checkbox"/>	découverte <input type="checkbox"/>
végétation <input checked="" type="checkbox"/>	argile <input type="checkbox"/>	vidé <input type="checkbox"/>	accès <input checked="" type="checkbox"/>
effondrées <input checked="" type="checkbox"/>	till <input type="checkbox"/>	réaménagé <input type="checkbox"/>	nappe phréatique <input type="checkbox"/>
aplanies <input type="checkbox"/>	roc <input type="checkbox"/>		environnement <input type="checkbox"/>
reboisées <input type="checkbox"/>			dépôt hétérogène <input type="checkbox"/>

DESCRIPTION / COMMENTAIRE

- présence de la nappe phréatique
- partiellement exploité en 2018
- 50% de la superficie recouverte par de la végétation
- tamisage d'un échantillon en chantier: 49% passant 5 mm / 18% retenu 5 mm / 8% retenu 14 mm / 25% retenu 31,5 mm

CROQUIS / PHOTO





INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS

Rapport de visite

Localisation: Rivière-aux-Outardes
Technicien: Simon Marois, tech. en géologie
Date: 1er octobre 2019
Coordonnées: 68,23286° 49,37661° UTM Zone 19

Milieu:	Accès:	Végétation	Type:
urbain <input type="checkbox"/>	Chemin de la Rivière-aux-Anglais	boisé <input checked="" type="checkbox"/>	conifères <input type="checkbox"/>
rural <input checked="" type="checkbox"/>	Chemin en gravier depuis la route 389.	non boisé <input type="checkbox"/>	feuillus <input type="checkbox"/>
maison la plus proche (km)		cultivée <input type="checkbox"/>	mixtes <input checked="" type="checkbox"/>
		autres <input type="checkbox"/>	

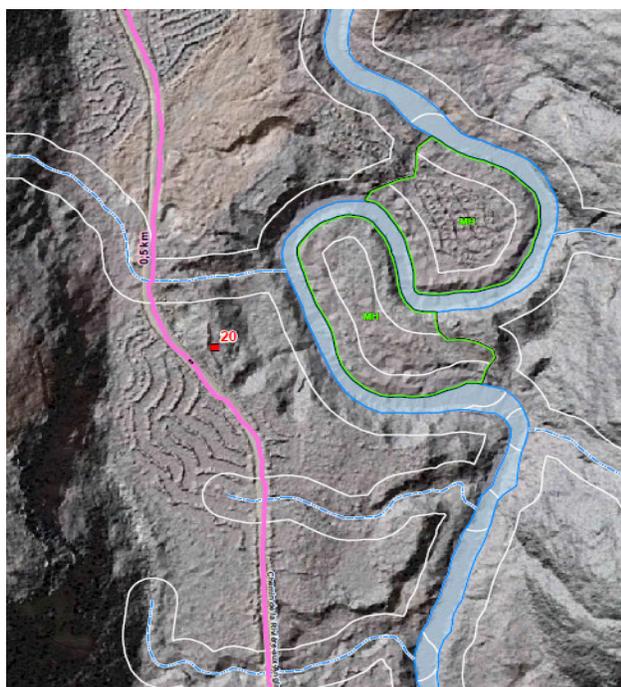
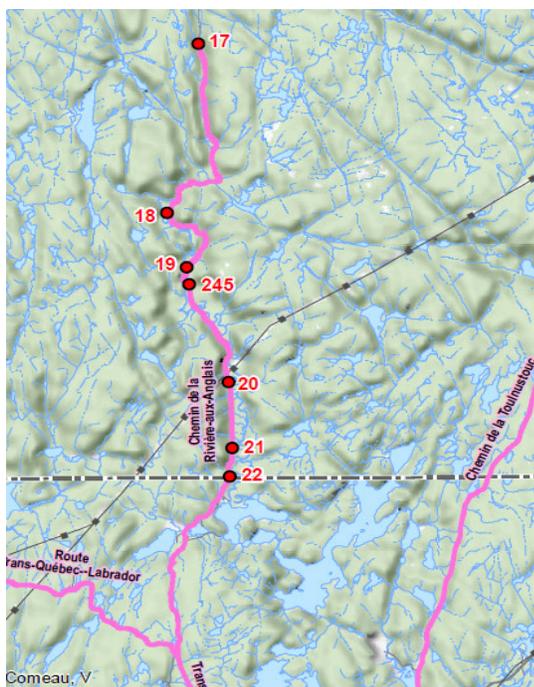
Topographie:	Épaisseur (m):	Origine:	
étagée <input type="checkbox"/>	minimum	glaciaire <input type="checkbox"/>	deltaïque <input type="checkbox"/>
plane <input type="checkbox"/>	maximum 4-5 m	fluvioglaciaire <input checked="" type="checkbox"/>	éolienne <input type="checkbox"/>
bosselée <input type="checkbox"/>	moyenne	fluviale <input type="checkbox"/>	autres <input type="checkbox"/>
ondulée <input checked="" type="checkbox"/>		lacustre <input type="checkbox"/>	

Condition des faces:	Plancher:	Condition du site	Difficulté d'exploitation:
fraîches <input type="checkbox"/>	gravier <input checked="" type="checkbox"/>	en exploitation <input type="checkbox"/>	aucune <input type="checkbox"/>
non ouvertes <input type="checkbox"/>	sable <input type="checkbox"/>	abandonné <input checked="" type="checkbox"/>	découverte <input type="checkbox"/>
végétation <input checked="" type="checkbox"/>	argile <input type="checkbox"/>	vidé <input type="checkbox"/>	accès <input checked="" type="checkbox"/>
effondrées <input type="checkbox"/>	till <input type="checkbox"/>	réaménagé <input type="checkbox"/>	nappe phréatique <input type="checkbox"/>
aplanies <input type="checkbox"/>	roc <input type="checkbox"/>		environnement <input type="checkbox"/>
reboisées <input type="checkbox"/>			dépôt hétérogène <input type="checkbox"/>

DESCRIPTION / COMMENTAIRE

- nappe phréatique non observée
- chemin d'accès à reconstruire sur environ 100 m
- tamisage d'un échantillon en chantier: 41% passant 5 mm / 33% retenu 5 mm / 17% retenu 14 mm / 8% retenu 31,5 mm

CROQUIS / PHOTO



CROQUIS / PHOTO



INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS

Rapport de visite

Localisation: Rivière-aux-Outardes **Technicien:** Simon Marois, tech. en géologie
Coordonnées: 68,23116° 49,35590° UTM Zone 19 **Date:** 1er octobre 2019

Milieu:	Accès:	Végétation	Type:
urbain <input type="checkbox"/>	Chemin de la Rivière-aux-Anglais	boisé <input checked="" type="checkbox"/>	conifères <input type="checkbox"/>
rural <input checked="" type="checkbox"/>	Chemin en gravier depuis la route 389.	non boisé <input type="checkbox"/>	feuillus <input type="checkbox"/>
maison la plus proche (km)		cultivée <input type="checkbox"/>	mixtes <input checked="" type="checkbox"/>
		autres <input type="checkbox"/>	

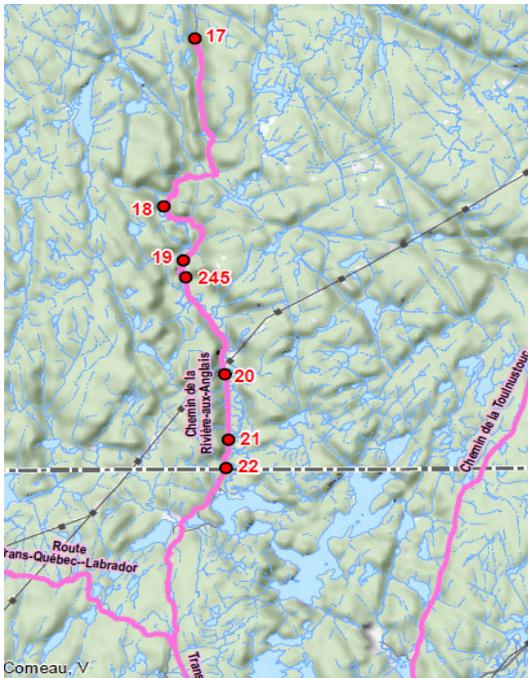
Topographie:	Épaisseur (m):	Origine:	
étagée <input checked="" type="checkbox"/>	minimum 2	glaciaire <input type="checkbox"/>	deltaïque <input type="checkbox"/>
plane <input type="checkbox"/>	maximum 8	fluvioglaciaire <input checked="" type="checkbox"/>	éolienne <input type="checkbox"/>
bosselée <input type="checkbox"/>	moyenne 5	fluviale <input type="checkbox"/>	autres <input type="checkbox"/>
ondulée <input type="checkbox"/>		lacustre <input type="checkbox"/>	

Condition des faces:	Plancher:	Condition du site	Difficulté d'exploitation:
fraîches <input type="checkbox"/>	gravier <input checked="" type="checkbox"/>	en exploitation <input type="checkbox"/>	aucune <input type="checkbox"/>
non ouvertes <input type="checkbox"/>	sable <input checked="" type="checkbox"/>	abandonné <input checked="" type="checkbox"/>	découverte <input type="checkbox"/>
végétation <input checked="" type="checkbox"/>	argile <input type="checkbox"/>	vidé <input type="checkbox"/>	accès <input checked="" type="checkbox"/>
effondrées <input checked="" type="checkbox"/>	till <input type="checkbox"/>	réaménagé <input type="checkbox"/>	nappe phréatique <input type="checkbox"/>
aplanies <input type="checkbox"/>	roc <input type="checkbox"/>		environnement <input type="checkbox"/>
reboisées <input type="checkbox"/>			dépôt hétérogène <input type="checkbox"/>

DESCRIPTION / COMMENTAIRE

- nappe phréatique non observée
 - tamisage d'un échantillon en chantier: 47% passant 5 mm / 19% retenu 5 mm / 10% retenu 14 mm / 24% retenu 31,5 mm

CROQUIS / PHOTO



CROQUIS / PHOTO



INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS

Rapport de visite

Localisation: Rivière-aux-Outardes

Technicien: Simon Marois, tech. en géologie

Coordonnées: 68,23269° 49,34668° UTM Zone 19

Date: 05 octobre 2019

Milieu:	Accès:	Végétation	Type:
urbain <input type="checkbox"/>	Chemin de la Rivière-aux-Anglais	boisé <input checked="" type="checkbox"/>	conifères <input type="checkbox"/>
rural <input checked="" type="checkbox"/>	Chemin en gravier depuis la route 389.	non boisé <input type="checkbox"/>	feuillus <input type="checkbox"/>
maison la plus proche (km)		cultivée <input type="checkbox"/>	mixtes <input checked="" type="checkbox"/>
		autres <input type="checkbox"/>	

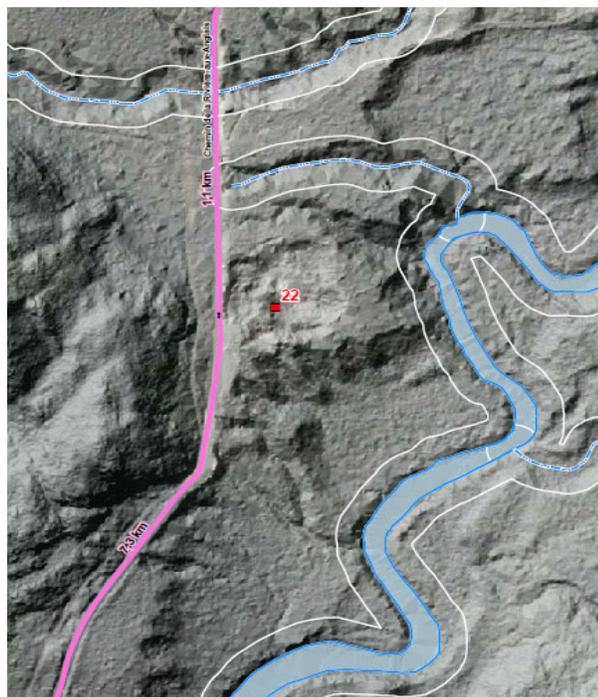
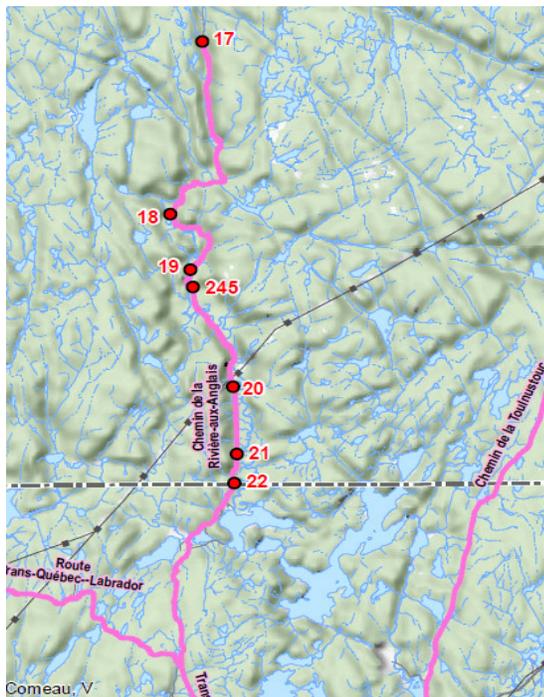
Topographie:	Épaisseur (m):	Origine:	
étagée <input checked="" type="checkbox"/>	minimum	glaciaire <input type="checkbox"/>	deltaïque <input type="checkbox"/>
plane <input type="checkbox"/>	maximum 7	fluvioglaciaire <input checked="" type="checkbox"/>	éolienne <input type="checkbox"/>
bosselée <input type="checkbox"/>	moyenne 5	fluviale <input type="checkbox"/>	autres <input type="checkbox"/>
ondulée <input type="checkbox"/>		lacustre <input type="checkbox"/>	

Condition des faces:	Plancher:	Condition du site	Difficulté d'exploitation:
fraîches <input type="checkbox"/>	gravier <input type="checkbox"/>	en exploitation <input type="checkbox"/>	aucune <input checked="" type="checkbox"/>
non ouvertes <input type="checkbox"/>	sable <input checked="" type="checkbox"/>	abandonné <input type="checkbox"/>	découverte <input type="checkbox"/>
végétation <input checked="" type="checkbox"/>	argile <input type="checkbox"/>	vidé <input type="checkbox"/>	accès <input type="checkbox"/>
effondrées <input type="checkbox"/>	till <input type="checkbox"/>	réaménagé <input checked="" type="checkbox"/>	nappe phréatique <input type="checkbox"/>
aplanies <input type="checkbox"/>	roc <input type="checkbox"/>		environnement <input type="checkbox"/>
reboisées <input checked="" type="checkbox"/>			dépôt hétérogène <input type="checkbox"/>

DESCRIPTION / COMMENTAIRE

- nappe phréatique non observée
- reboisée / réaménagé
- dépôt à prédominance sableuse

CROQUIS / PHOTO



CROQUIS / PHOTO



INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS

Rapport de visite

Localisation: Rivière-aux-Outardes **Technicien:** Simon Marois, tech. en géologie
Coordonnées: 68,38216° 49,32483° UTM Zone 19 **Date:** 04 octobre 2019

Milieu:	Accès:	Végétation	Type:
urbain <input type="checkbox"/>	Route 389	boisé <input checked="" type="checkbox"/>	conifères <input type="checkbox"/>
rural <input checked="" type="checkbox"/>		non boisé <input type="checkbox"/>	feuillus <input type="checkbox"/>
maison la plus proche (km)		cultivée <input type="checkbox"/>	mixtes <input checked="" type="checkbox"/>
chalet à 400 m		autres <input type="checkbox"/>	

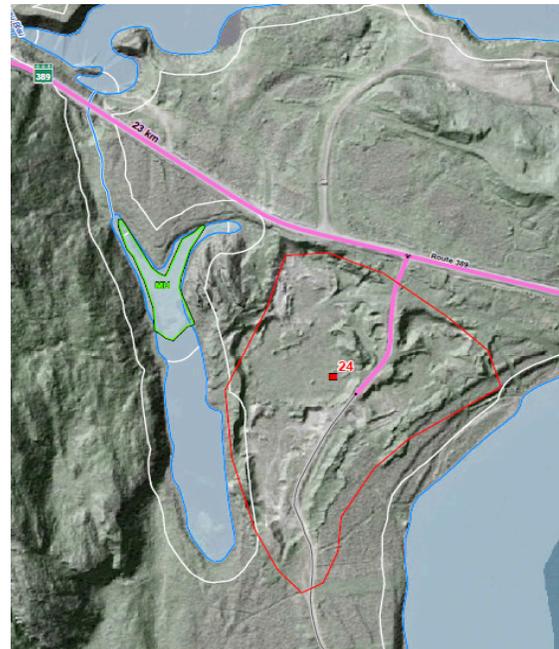
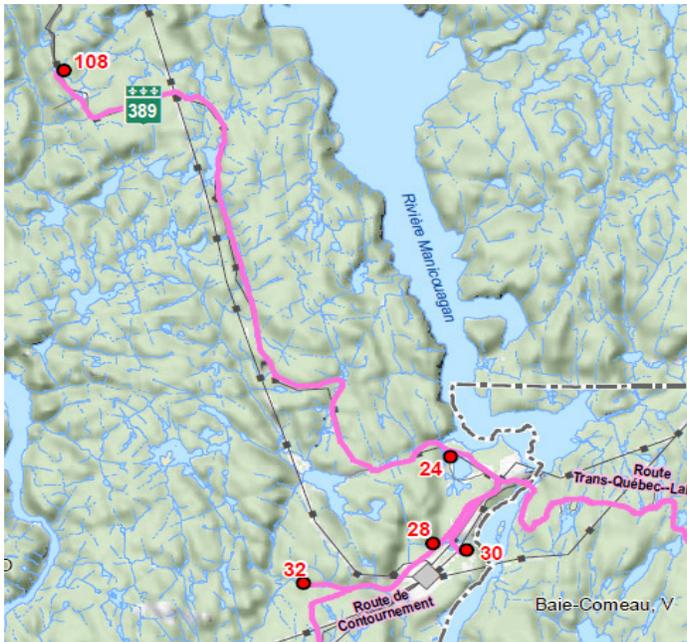
Topographie:	Épaisseur (m):	Origine:	
étagée <input type="checkbox"/>	minimum 0	glaciaire <input type="checkbox"/>	deltaïque <input type="checkbox"/>
plane <input type="checkbox"/>	maximum 8	fluvioglaciaire <input checked="" type="checkbox"/>	éolienne <input type="checkbox"/>
bosselée <input checked="" type="checkbox"/>	moyenne 5	fluviale <input type="checkbox"/>	autres <input type="checkbox"/>
ondulée <input type="checkbox"/>		lacustre <input type="checkbox"/>	

Condition des faces:	Plancher:	Condition du site	Difficulté d'exploitation:
fraîches <input type="checkbox"/>	gravier <input checked="" type="checkbox"/>	en exploitation <input type="checkbox"/>	aucune <input checked="" type="checkbox"/>
non ouvertes <input type="checkbox"/>	sable <input type="checkbox"/>	abandonné <input type="checkbox"/>	découverte <input type="checkbox"/>
végétation <input checked="" type="checkbox"/>	argile <input type="checkbox"/>	vidé <input checked="" type="checkbox"/>	accès <input type="checkbox"/>
effondrées <input type="checkbox"/>	till <input type="checkbox"/>	réaménagé <input type="checkbox"/>	nappe phréatique <input type="checkbox"/>
aplanies <input type="checkbox"/>	roc <input type="checkbox"/>		environnement <input type="checkbox"/>
reboisées <input type="checkbox"/>			dépôt hétérogène <input type="checkbox"/>

DESCRIPTION / COMMENTAIRE

- nappe phréatique non observée
- présence d'amoncellement de débris de béton bitumineux
- reste quelques monticules de sable graveleux

CROQUIS / PHOTO





INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS

Rapport de visite

Localisation: Rivière-aux-Outardes **Technicien:** Simon Marois, tech. en géologie
Coordonnées: 68,38921° 49,30162° UTM Zone 19 **Date:** 05 octobre 2019

Milieu:	Accès:	Végétation	Type:
urbain <input type="checkbox"/>	Route de contournement	boisé <input checked="" type="checkbox"/>	conifères <input checked="" type="checkbox"/>
rural <input checked="" type="checkbox"/>		non boisé <input type="checkbox"/>	feuillus <input type="checkbox"/>
maison la plus proche (km)		cultivée <input type="checkbox"/>	mixtes <input type="checkbox"/>
		autres <input type="checkbox"/>	

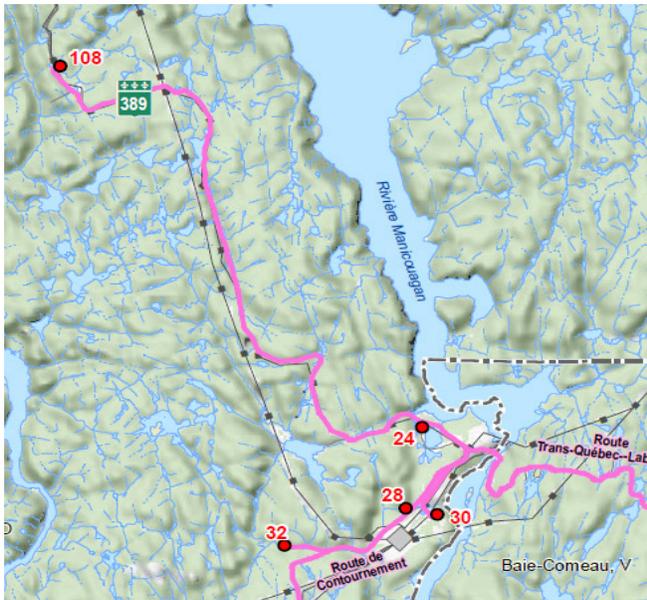
Topographie:	Épaisseur (m):	Origine:	
étagée <input type="checkbox"/>	minimum 2	glaciaire <input type="checkbox"/>	deltaïque <input type="checkbox"/>
plane <input checked="" type="checkbox"/>	maximum 8	fluvioglaciaire <input checked="" type="checkbox"/>	éolienne <input type="checkbox"/>
bosselée <input type="checkbox"/>	moyenne 5	fluviale <input type="checkbox"/>	autres <input type="checkbox"/>
ondulée <input type="checkbox"/>		lacustre <input type="checkbox"/>	

Condition des faces:	Plancher:	Condition du site	Difficulté d'exploitation:
fraîches <input checked="" type="checkbox"/>	gravier <input checked="" type="checkbox"/>	en exploitation <input checked="" type="checkbox"/>	aucune <input checked="" type="checkbox"/>
non ouvertes <input type="checkbox"/>	sable <input checked="" type="checkbox"/>	abandonné <input type="checkbox"/>	découverte <input type="checkbox"/>
végétation <input type="checkbox"/>	argile <input type="checkbox"/>	vidé <input type="checkbox"/>	accès <input type="checkbox"/>
effondrées <input checked="" type="checkbox"/>	till <input type="checkbox"/>	réaménagé <input type="checkbox"/>	nappe phréatique <input type="checkbox"/>
aplanies <input type="checkbox"/>	roc <input type="checkbox"/>		environnement <input type="checkbox"/>
reboisées <input type="checkbox"/>			dépôt hétérogène <input type="checkbox"/>

DESCRIPTION / COMMENTAIRE

- nappe phréatique non observée
 - volume important
 - granulométrie moyenne sur 6 échantillons: 60% passant 5 mm /15% retenu 5 mm / 12% retenu 14 mm /13% retenu 31,5 mm

CROQUIS / PHOTO





INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS

Rapport de visite

Localisation: Rivière-aux-Outardes

Technicien: Simon Marois, tech. en géologie

Coordonnées: 68,37654° 49,29933° UTM Zone 19

Date: 04 octobre 2019

Milieu:	Accès:	Végétation	Type:
urbain <input type="checkbox"/>	Route de contournement	boisé <input checked="" type="checkbox"/>	conifères <input type="checkbox"/>
rural <input checked="" type="checkbox"/>		non boisé <input type="checkbox"/>	feuillus <input type="checkbox"/>
maison la plus proche (km)		cultivée <input type="checkbox"/>	mixtes <input checked="" type="checkbox"/>
		autres <input type="checkbox"/>	

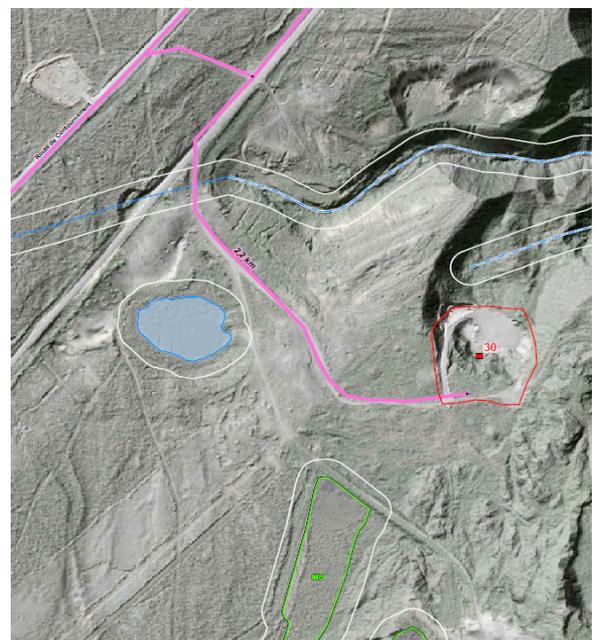
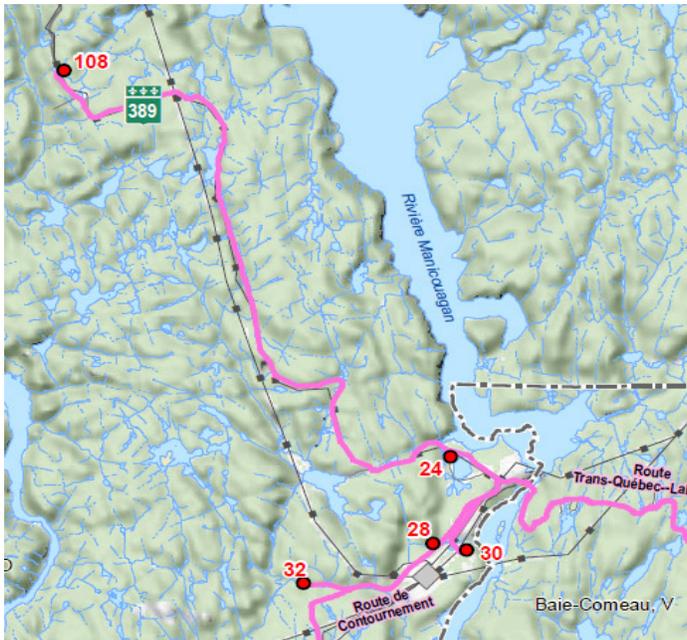
Topographie:	Épaisseur (m):	Origine:	
étagée <input checked="" type="checkbox"/>	minimum 2	glaciaire <input type="checkbox"/>	deltaïque <input type="checkbox"/>
plane <input type="checkbox"/>	maximum 8	fluvioglaciaire <input checked="" type="checkbox"/>	éolienne <input type="checkbox"/>
bosselée <input checked="" type="checkbox"/>	moyenne 6	fluviale <input type="checkbox"/>	autres <input type="checkbox"/>
ondulée <input type="checkbox"/>		lacustre <input type="checkbox"/>	

Condition des faces:	Plancher:	Condition du site	Difficulté d'exploitation:
fraîches <input type="checkbox"/>	gravier <input type="checkbox"/>	en exploitation <input type="checkbox"/>	aucune <input type="checkbox"/>
non ouvertes <input type="checkbox"/>	sable <input checked="" type="checkbox"/>	abandonné <input checked="" type="checkbox"/>	découverte <input type="checkbox"/>
végétation <input type="checkbox"/>	argile <input type="checkbox"/>	vidé <input type="checkbox"/>	accès <input checked="" type="checkbox"/>
effondrées <input checked="" type="checkbox"/>	till <input type="checkbox"/>	réaménagé <input type="checkbox"/>	nappe phréatique <input type="checkbox"/>
aplanies <input type="checkbox"/>	roc <input type="checkbox"/>		environnement <input type="checkbox"/>
reboisées <input type="checkbox"/>			dépôt hétérogène <input type="checkbox"/>

DESCRIPTION / COMMENTAIRE

- nappe phréatique non observée
- chemin du dépôt à reconstruire
- dépôt sableux

CROQUIS / PHOTO





INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS

Rapport de visite

Localisation: Rivière-aux-Outardes **Technicien:** Simon Marois, tech. en géologie
Coordonnées: 68,44073° 49,29009° UTM Zone 19 **Date:** 04 octobre 2019

Milieu:	Accès:	Végétation	Type:
urbain <input type="checkbox"/>	Route de contournement	boisé <input checked="" type="checkbox"/>	conifères <input type="checkbox"/>
rural <input checked="" type="checkbox"/>	Sentier sur 1,4 km	non boisé <input type="checkbox"/>	feuillus <input type="checkbox"/>
maison la plus proche (km)		cultivée <input type="checkbox"/>	mixtes <input checked="" type="checkbox"/>
		autres <input type="checkbox"/>	

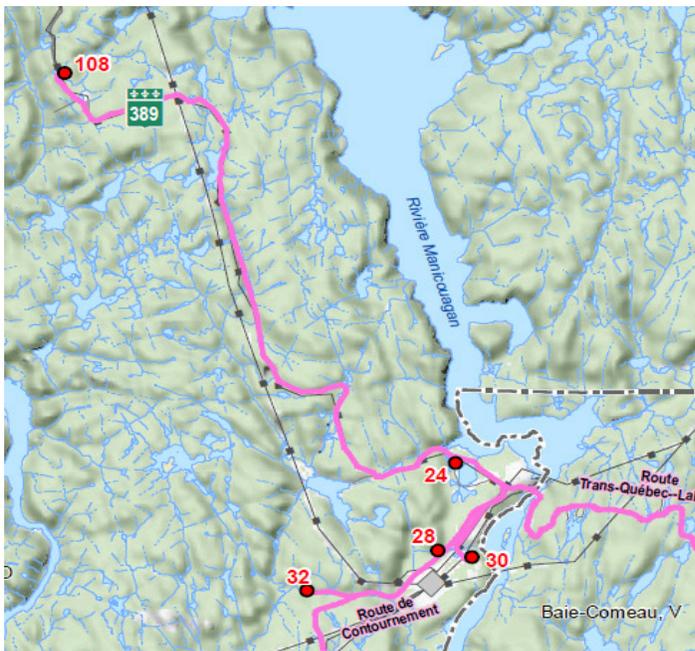
Topographie:	Épaisseur (m):	Origine:	
étagée <input type="checkbox"/>	minimum	glaciaire <input type="checkbox"/>	deltaïque <input type="checkbox"/>
plane <input checked="" type="checkbox"/>	maximum	fluvioglaciaire <input checked="" type="checkbox"/>	éolienne <input type="checkbox"/>
bosselée <input type="checkbox"/>	moyenne 6	fluviale <input type="checkbox"/>	autres <input type="checkbox"/>
ondulée <input type="checkbox"/>		lacustre <input type="checkbox"/>	

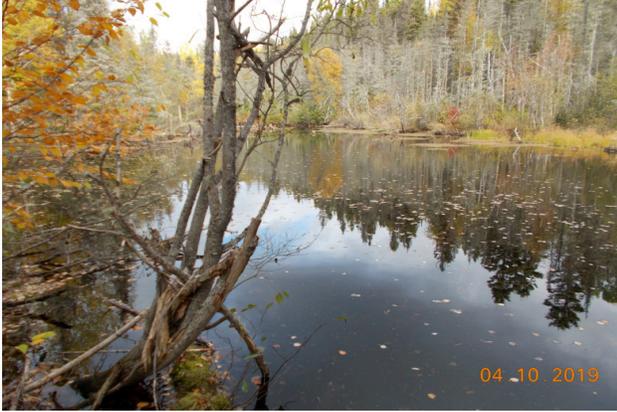
Condition des faces:	Plancher:	Condition du site	Difficulté d'exploitation:
fraîches <input type="checkbox"/>	gravier <input checked="" type="checkbox"/>	en exploitation <input type="checkbox"/>	aucune <input type="checkbox"/>
non ouvertes <input type="checkbox"/>	sable <input checked="" type="checkbox"/>	abandonné <input type="checkbox"/>	découverte <input type="checkbox"/>
végétation <input checked="" type="checkbox"/>	argile <input type="checkbox"/>	vidé <input type="checkbox"/>	accès <input checked="" type="checkbox"/>
effondrées <input type="checkbox"/>	till <input type="checkbox"/>	réaménagé <input checked="" type="checkbox"/>	nappe phréatique <input type="checkbox"/>
aplanies <input checked="" type="checkbox"/>	roc <input type="checkbox"/>		environnement <input type="checkbox"/>
reboisées <input checked="" type="checkbox"/>			dépôt hétérogène <input type="checkbox"/>

DESCRIPTION / COMMENTAIRE

- nappe phréatique non observée
 - tamisage d'un échantillon en chantier: 55% passant 5 mm / 12% retenu 5 mm / 10% retenu 14 mm / 23% retenu 31,5 mm

CROQUIS / PHOTO





INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS

Rapport de visite

Localisation: Baie-Comeau

Technicien: Simon Marois, tech. en géologie

Coordonnées: 68,38723° 49,19662° UTM Zone 19

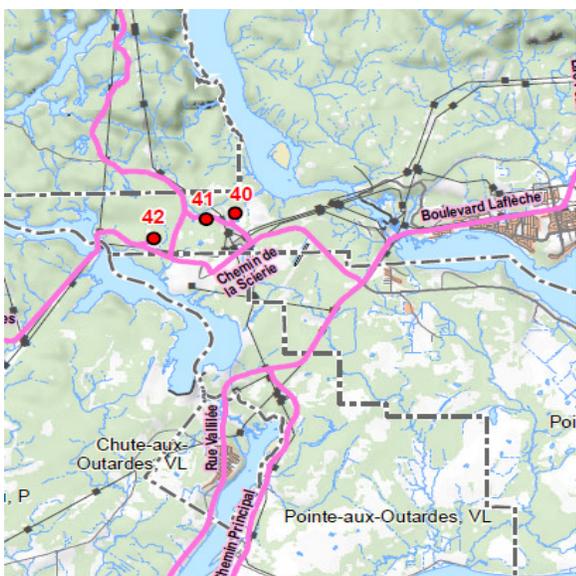
Date: 04 octobre 2019

Milieu:		Accès:		Végétation		Type:	
urbain	<input type="checkbox"/>	Chemin de la Scierie		boisé	<input checked="" type="checkbox"/>	conifères	<input type="checkbox"/>
rural	<input checked="" type="checkbox"/>			non boisé	<input type="checkbox"/>	feuillus	<input type="checkbox"/>
maison la plus proche (km)				cultivée	<input type="checkbox"/>	mixtes	<input checked="" type="checkbox"/>
				autres	<input type="checkbox"/>		
Topographie:		Épaisseur (m):		Origine:			
étagée	<input checked="" type="checkbox"/>	minimum	8	glaciaire	<input type="checkbox"/>	deltaïque	<input type="checkbox"/>
plane	<input type="checkbox"/>	maximum	10	fluvioglaciaire	<input type="checkbox"/>	éolienne	<input type="checkbox"/>
bosselée	<input type="checkbox"/>	moyenne	9	fluviale	<input type="checkbox"/>	autres	
ondulée	<input type="checkbox"/>			lacustre	<input type="checkbox"/>	*marin, eau peu profonde	
Condition des faces:		Plancher:		Condition du site		Difficulté d'exploitation:	
fraîches	<input checked="" type="checkbox"/>	gravier	<input type="checkbox"/>	en exploitation	<input type="checkbox"/>	aucune	<input checked="" type="checkbox"/>
non ouvertes	<input type="checkbox"/>	sable	<input checked="" type="checkbox"/>	abandonné	<input type="checkbox"/>	découverte	<input type="checkbox"/>
végétation	<input checked="" type="checkbox"/>	argile	<input type="checkbox"/>	vidé	<input type="checkbox"/>	accès	<input type="checkbox"/>
effondrées	<input checked="" type="checkbox"/>	till	<input type="checkbox"/>	réaménagé	<input checked="" type="checkbox"/>	nappe phréatique	<input checked="" type="checkbox"/>
aplanies	<input type="checkbox"/>	roc	<input type="checkbox"/>			environnement	<input type="checkbox"/>
reboisées	<input type="checkbox"/>					dépôt hétérogène	<input type="checkbox"/>

DESCRIPTION / COMMENTAIRE

- présence de la nappe phréatique dans le secteur de la cellule d'enfouissement
- cellule d'enfouissement

CROQUIS / PHOTO





INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS

Rapport de visite

Localisation: Baie-Comeau **Technicien:** Simon Marois, tech. en géologie
Date: 04 octobre 2019
Coordonnées: 68,39947° 49,19464° UTM Zone 19

Milieu:	Accès:	Végétation	Type:
urbain <input type="checkbox"/>	Chemin de la Scierie	boisé <input checked="" type="checkbox"/>	conifères <input type="checkbox"/>
rural <input checked="" type="checkbox"/>		non boisé <input type="checkbox"/>	feuillus <input type="checkbox"/>
maison la plus proche (km)		cultivée <input type="checkbox"/>	mixtes <input checked="" type="checkbox"/>
		autres <input type="checkbox"/>	

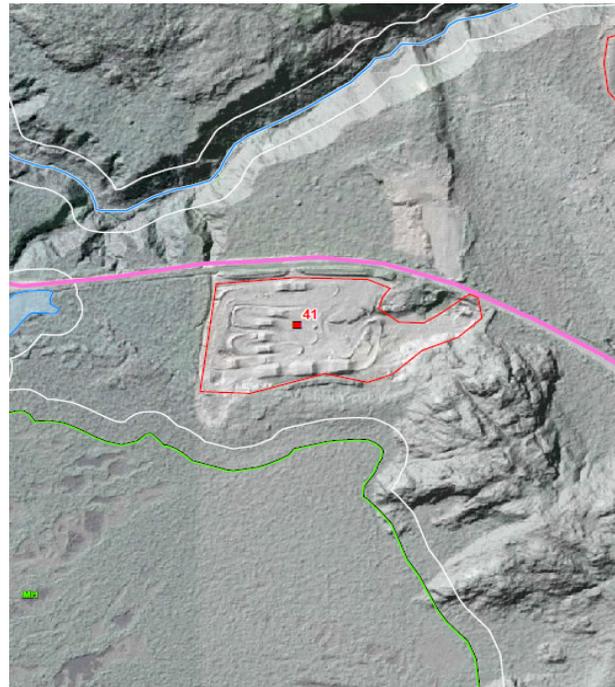
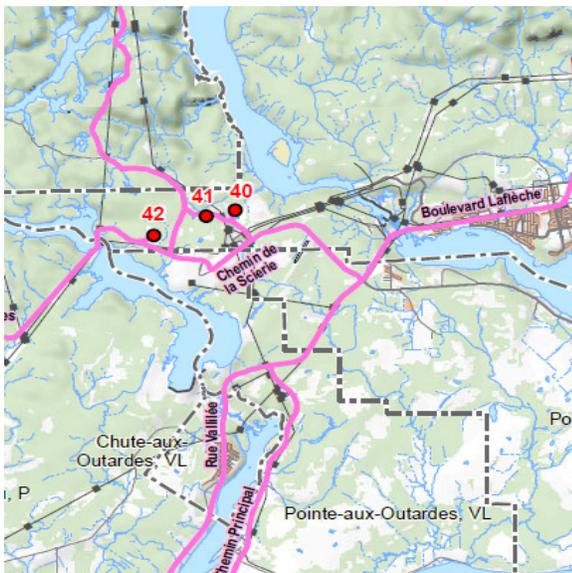
Topographie:	Épaisseur (m):	Origine:	
étagée <input checked="" type="checkbox"/>	minimum 7	glaciaire <input type="checkbox"/>	deltaïque <input type="checkbox"/>
plane <input type="checkbox"/>	maximum 8	fluvioglaciaire <input checked="" type="checkbox"/>	éolienne <input type="checkbox"/>
bosselée <input type="checkbox"/>	moyenne	fluviale <input type="checkbox"/>	autres <input type="checkbox"/>
ondulée <input type="checkbox"/>		lacustre <input type="checkbox"/>	

Condition des faces:	Plancher:	Condition du site	Difficulté d'exploitation:
fraîches <input type="checkbox"/>	gravier <input type="checkbox"/>	en exploitation <input type="checkbox"/>	aucune <input checked="" type="checkbox"/>
non ouvertes <input type="checkbox"/>	sable <input checked="" type="checkbox"/>	abandonné <input type="checkbox"/>	découverte <input type="checkbox"/>
végétation <input checked="" type="checkbox"/>	argile <input type="checkbox"/>	vidé <input type="checkbox"/>	accès <input type="checkbox"/>
effondrées <input checked="" type="checkbox"/>	till <input type="checkbox"/>	réaménagé <input checked="" type="checkbox"/>	nappe phréatique <input type="checkbox"/>
aplanies <input type="checkbox"/>	roc <input type="checkbox"/>		environnement <input type="checkbox"/>
reboisées <input type="checkbox"/>			dépôt hétérogène <input type="checkbox"/>

DESCRIPTION / COMMENTAIRE

- présence de la nappe phréatique
- présence d'affleurement rocheux
- site réaménagé en circuit de motocross

CROQUIS / PHOTO





INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS

Rapport de visite

Localisation: Baie-Comeau **Technicien:** Simon Marois, tech. en géologie
Coordonnées: 68,01907° 49,43913° UTM Zone 19 **Date:** 05 octobre 2019

Milieu:	Accès:	Végétation	Type:
urbain <input type="checkbox"/>	Chemin de la Scierie	boisé <input checked="" type="checkbox"/>	conifères <input type="checkbox"/>
rural <input checked="" type="checkbox"/>	Sentier sur 0,5 km	non boisé <input type="checkbox"/>	feuillus <input type="checkbox"/>
maison la plus proche (km)		cultivée <input type="checkbox"/>	mixtes <input checked="" type="checkbox"/>
		autres <input checked="" type="checkbox"/>	

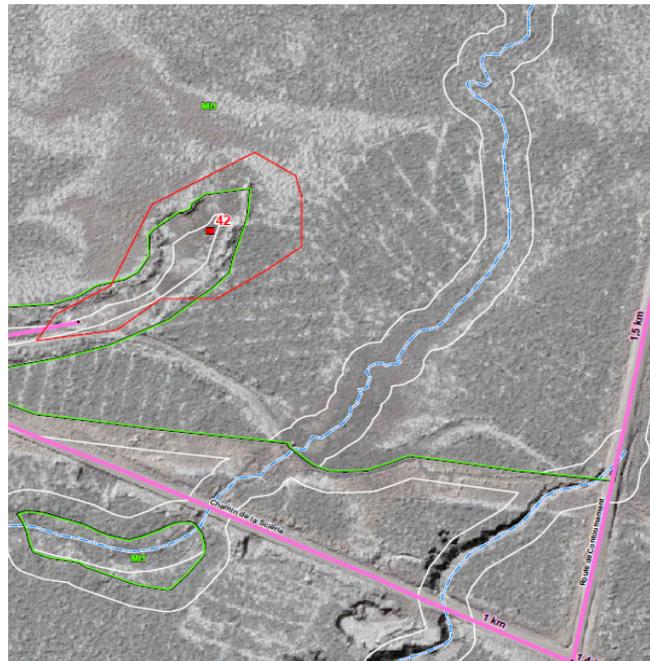
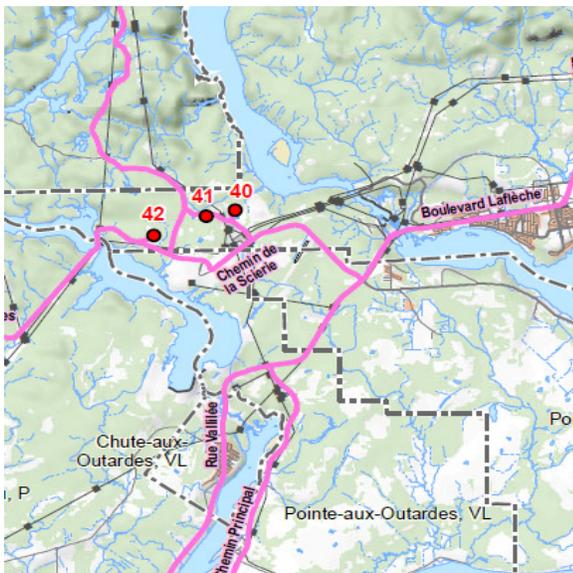
Topographie:	Épaisseur (m):	Origine:	
étagée <input type="checkbox"/>	minimum 1	glaciaire <input type="checkbox"/>	deltaïque <input type="checkbox"/>
plane <input checked="" type="checkbox"/>	maximum 3	fluvioglaciaire <input type="checkbox"/>	éolienne <input type="checkbox"/>
bosselée <input type="checkbox"/>	moyenne 2	fluviatile <input checked="" type="checkbox"/>	autres <input type="checkbox"/>
ondulée <input type="checkbox"/>		lacustre <input type="checkbox"/>	

Condition des faces:	Plancher:	Condition du site	Difficulté d'exploitation:
fraîches <input type="checkbox"/>	gravier <input type="checkbox"/>	en exploitation <input type="checkbox"/>	aucune <input type="checkbox"/>
non ouvertes <input type="checkbox"/>	sable <input checked="" type="checkbox"/>	abandonné <input type="checkbox"/>	découverte <input type="checkbox"/>
végétation <input checked="" type="checkbox"/>	argile <input type="checkbox"/>	vidé <input checked="" type="checkbox"/>	accès <input checked="" type="checkbox"/>
effondrées <input type="checkbox"/>	till <input type="checkbox"/>	réaménagé <input type="checkbox"/>	nappe phréatique <input type="checkbox"/>
aplanies <input type="checkbox"/>	roc <input type="checkbox"/>		environnement <input checked="" type="checkbox"/>
reboisées <input type="checkbox"/>			dépôt hétérogène <input type="checkbox"/>

DESCRIPTION / COMMENTAIRE

- présence de la nappe phréatique, milieux humides, marécage

CROQUIS / PHOTO





INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS

Rapport de visite

Localisation: Ragueneau **Technicien:** Simon Marois, tech. en géologie
Date: 2 octobre 2019
Coordonnées: 68,54467° 49,13852° UTM Zone 19

Milieu:	Accès:	Végétation	Type:
urbain <input type="checkbox"/>	Chemin d'Auteuil	boisé <input checked="" type="checkbox"/>	conifères <input type="checkbox"/>
rural <input checked="" type="checkbox"/>		non boisé <input type="checkbox"/>	feuillus <input type="checkbox"/>
maison la plus proche (km)		cultivée <input type="checkbox"/>	mixtes <input checked="" type="checkbox"/>
		autres <input type="checkbox"/>	

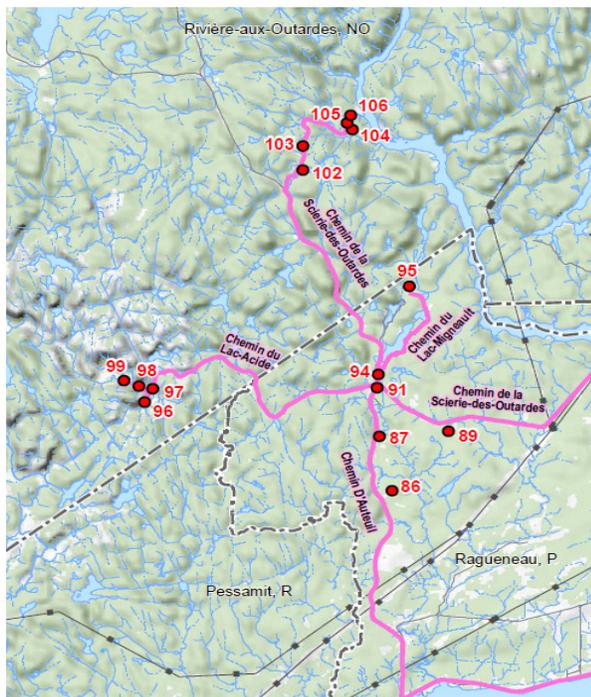
Topographie:	Épaisseur (m):	Origine:	
étagée <input checked="" type="checkbox"/>	minimum 2	glaciaire <input type="checkbox"/>	deltaïque <input type="checkbox"/>
plane <input type="checkbox"/>	maximum 8	fluvioglaciaire <input checked="" type="checkbox"/>	éolienne <input type="checkbox"/>
bosselée <input type="checkbox"/>	moyenne 5	fluviale <input type="checkbox"/>	autres <input type="checkbox"/>
ondulée <input type="checkbox"/>		lacustre <input type="checkbox"/>	

Condition des faces:	Plancher:	Condition du site	Difficulté d'exploitation:
fraîches <input checked="" type="checkbox"/>	gravier <input checked="" type="checkbox"/>	en exploitation <input checked="" type="checkbox"/>	aucune <input checked="" type="checkbox"/>
non ouvertes <input type="checkbox"/>	sable <input checked="" type="checkbox"/>	abandonné <input type="checkbox"/>	découverte <input type="checkbox"/>
végétation <input type="checkbox"/>	argile <input type="checkbox"/>	vidé <input type="checkbox"/>	accès <input type="checkbox"/>
effondrées <input checked="" type="checkbox"/>	till <input type="checkbox"/>	réaménagé <input type="checkbox"/>	nappe phréatique <input type="checkbox"/>
aplanies <input type="checkbox"/>	roc <input type="checkbox"/>		environnement <input type="checkbox"/>
reboisées <input type="checkbox"/>			dépôt hétérogène <input checked="" type="checkbox"/>

DESCRIPTION / COMMENTAIRE

- présence de source d'eau dans un secteur du dépôt
- tamisage d'un échantillon en chantier: 70% passant 5 mm / 10% retenu 5 mm / 7% retenu 14 mm / 13% retenu 31,5 mm

CROQUIS / PHOTO





INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS

Rapport de visite

Localisation:	Ragueneau			Technicien:	Simon Marois, tech. en géologie
Coordonnées:	68,55185°	49,15714°	UTM Zone 19	Date:	03 octobre 2019

Milieu:		Accès:	Végétation	Type:
urbain	<input type="checkbox"/>	Chemin d'Auteuil	boisé	conifères
rural	<input checked="" type="checkbox"/>		non boisé	feuillus
maison la plus proche (km)			cultivée	mixtes
			autres	

Topographie:		Épaisseur (m):	Origine:	
étagée	<input checked="" type="checkbox"/>	minimum 2	glaciaire	deltaïque
plane	<input type="checkbox"/>	maximum 6	fluvioglaciaire	éolienne
bosselée	<input type="checkbox"/>	moyenne	fluviale	autres
ondulée	<input type="checkbox"/>		lacustre	

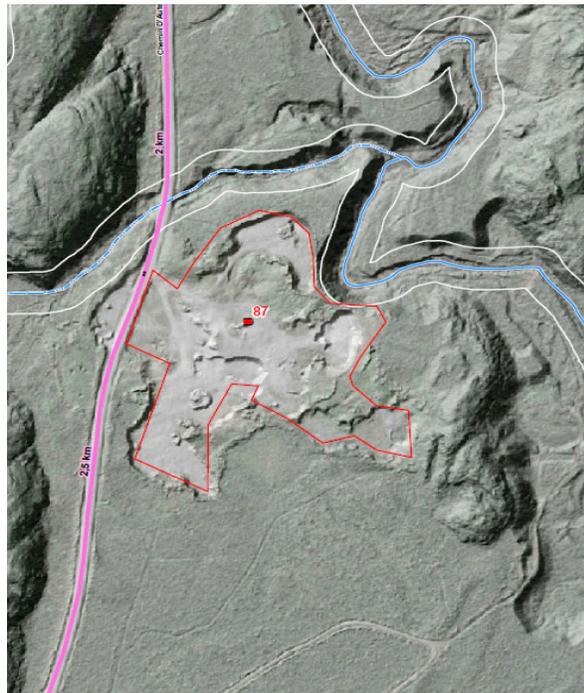
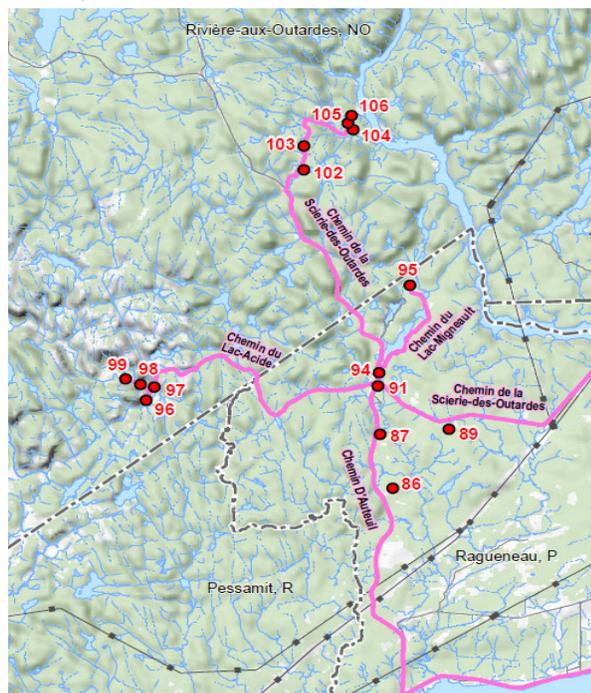
Condition des faces:		Plancher:	Condition du site	Difficulté d'exploitation:
fraîches	<input checked="" type="checkbox"/>	gravier	en exploitation	aucune
non ouvertes	<input type="checkbox"/>	sable	abandonné	découverte
végétation	<input checked="" type="checkbox"/>	argile	vidé	accès
effondrées	<input checked="" type="checkbox"/>	till	réaménagé	nappe phréatique
aplanies	<input type="checkbox"/>	roc		environnement
reboisées	<input type="checkbox"/>			dépôt hétérogène

DESCRIPTION / COMMENTAIRE

- nappe phréatique non observée

- tamisage d'un échantillon en chantier: 50% passant 5 mm / 14% retenu 5 mm / 9% retenu 14 mm / 27% retenu 31,5 mm

CROQUIS / PHOTO





INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS

Rapport de visite

Localisation: _____ **Technicien:** Simon Marois, tech. en géologie
Coordonnées: _____ **Date:** _____
 _____ UTM Zone 19

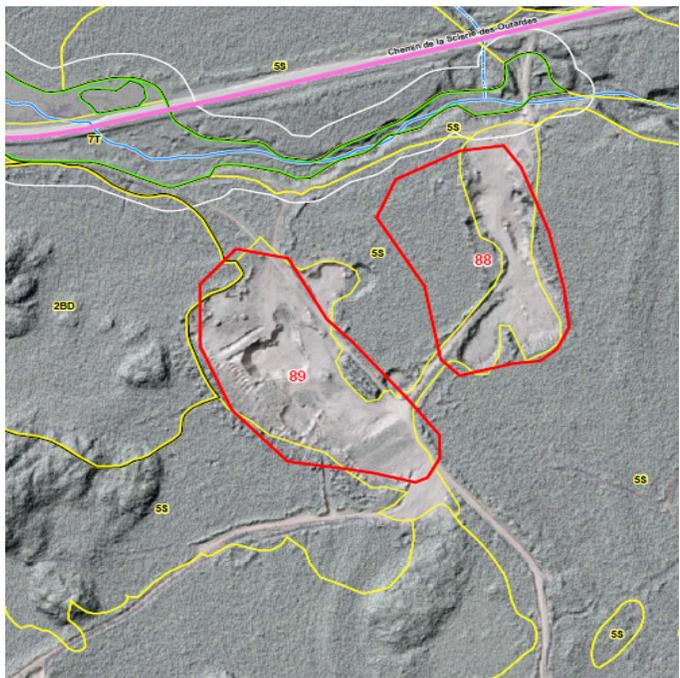
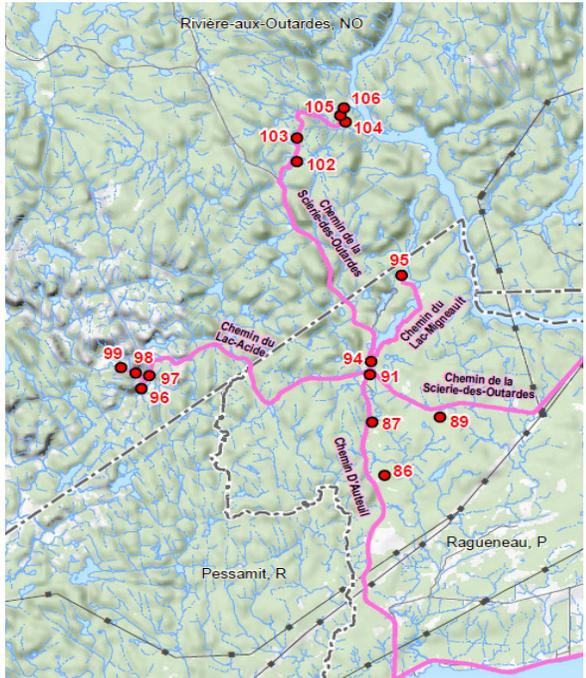
Milieu:	Accès:	Végétation	Type:
urbain <input type="checkbox"/>	_____	boisé <input type="checkbox"/>	conifères <input type="checkbox"/>
rural <input checked="" type="checkbox"/>	_____	non boisé <input type="checkbox"/>	feuillus <input type="checkbox"/>
maison la plus proche (km) _____	_____	cultivée <input type="checkbox"/>	mixtes <input type="checkbox"/>
_____	_____	autres <input type="checkbox"/>	

Topographie:	Épaisseur (m):	Origine:	
étagée <input type="checkbox"/>	minimum _____	glaciaire <input type="checkbox"/>	deltaïque <input type="checkbox"/>
plane <input type="checkbox"/>	maximum _____	fluvioglaciaire <input type="checkbox"/>	éolienne <input type="checkbox"/>
bosselée <input type="checkbox"/>	moyenne _____	fluviale <input type="checkbox"/>	autres _____
ondulée <input type="checkbox"/>		lacustre <input type="checkbox"/>	

Condition des faces:	Plancher:	Condition du site	Difficulté d'exploitation:
fraîches <input type="checkbox"/>	gravier <input type="checkbox"/>	en exploitation <input type="checkbox"/>	aucune <input type="checkbox"/>
non ouvertes <input type="checkbox"/>	sable <input checked="" type="checkbox"/>	abandonné <input type="checkbox"/>	découverte <input type="checkbox"/>
végétation <input type="checkbox"/>	argile <input type="checkbox"/>	vidé <input type="checkbox"/>	accès <input type="checkbox"/>
effondrées <input type="checkbox"/>	till <input type="checkbox"/>	réaménagé <input type="checkbox"/>	nappe phréatique <input type="checkbox"/>
aplanies <input type="checkbox"/>	roc <input type="checkbox"/>		environnement <input type="checkbox"/>
reboisées <input type="checkbox"/>			dépôt hétérogène <input type="checkbox"/>

DESCRIPTION / COMMENTAIRE

CROQUIS / PHOTO





INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS

Rapport de visite

Localisation: Ragueneau **Technicien:** Simon Marois, tech. en géologie
Date: 02 octobre 2019
Coordonnées: 68,55335° 49,17387° UTM Zone 19

Milieu:	Accès:	Végétation	Type:
urbain <input type="checkbox"/>	Chemin d'Auteuil <input type="checkbox"/>	boisé <input checked="" type="checkbox"/>	conifères <input type="checkbox"/>
rural <input checked="" type="checkbox"/>		non boisé <input type="checkbox"/>	feuillus <input type="checkbox"/>
maison la plus proche (km)		cultivée <input type="checkbox"/>	mixtes <input checked="" type="checkbox"/>
0,5 km		autres <input type="checkbox"/>	

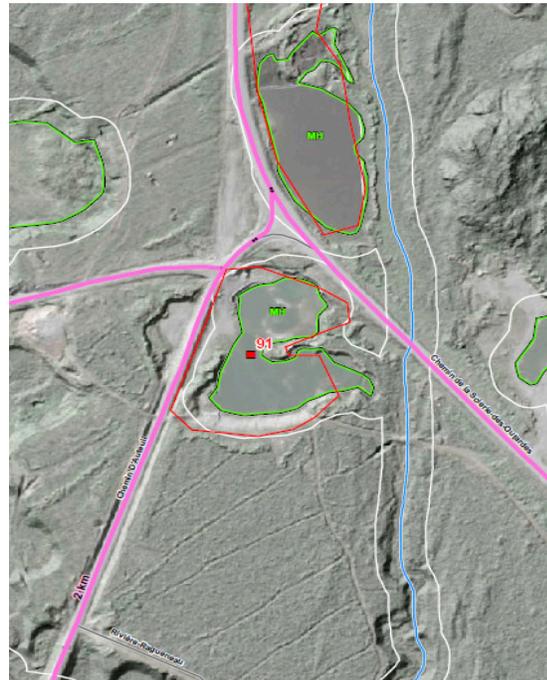
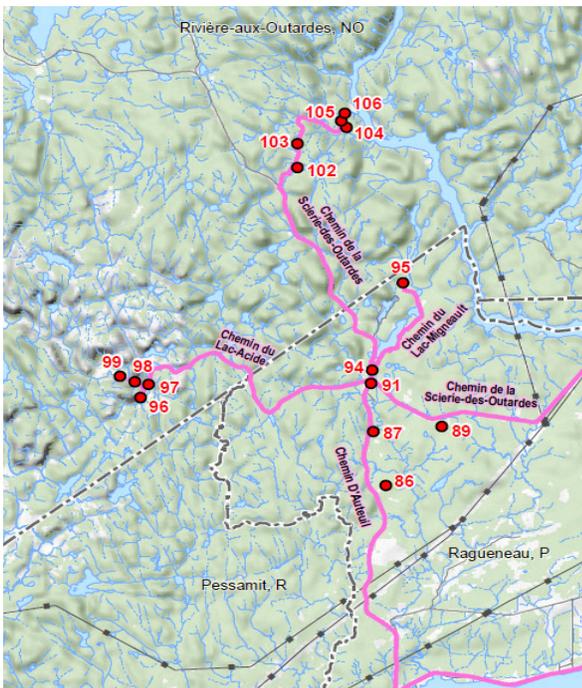
Topographie:	Épaisseur (m):	Origine:	
étagée <input checked="" type="checkbox"/>	minimum 2	glaciaire <input type="checkbox"/>	deltaïque <input type="checkbox"/>
plane <input type="checkbox"/>	maximum 4	fluvioglaciaire <input checked="" type="checkbox"/>	éolienne <input type="checkbox"/>
bosselée <input type="checkbox"/>	moyenne 3	fluviale <input type="checkbox"/>	autres <input type="checkbox"/>
ondulée <input type="checkbox"/>		lacustre <input type="checkbox"/>	

Condition des faces:	Plancher:	Condition du site	Difficulté d'exploitation:
fraîches <input type="checkbox"/>	gravier <input checked="" type="checkbox"/>	en exploitation <input type="checkbox"/>	aucune <input type="checkbox"/>
non ouvertes <input type="checkbox"/>	sable <input checked="" type="checkbox"/>	abandonné <input checked="" type="checkbox"/>	découverte <input type="checkbox"/>
végétation <input checked="" type="checkbox"/>	argile <input type="checkbox"/>	vidé <input checked="" type="checkbox"/>	accès <input type="checkbox"/>
effondrées <input checked="" type="checkbox"/>	till <input type="checkbox"/>	réaménagé <input type="checkbox"/>	nappe phréatique <input checked="" type="checkbox"/>
aplanies <input type="checkbox"/>	roc <input type="checkbox"/>		environnement <input type="checkbox"/>
reboisées <input type="checkbox"/>			dépôt hétérogène <input type="checkbox"/>

DESCRIPTION / COMMENTAIRE

- présence de la nappe phréatique
 - reboisé partiellement

CROQUIS / PHOTO





INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS

Rapport de visite

Localisation:	Ragueneau	Technicien:	Simon Marois, tech. en géologie
Coordonnées:	68,55256° 49,17820° UTM Zone 19	Date:	2 octobre 2019

Milieu:	Accès:	Végétation	Type:
urbain <input type="checkbox"/>	Chemin de la Scierie des Outardes	boisé <input checked="" type="checkbox"/>	conifères <input type="checkbox"/>
rural <input checked="" type="checkbox"/>		non boisé <input type="checkbox"/>	feuillus <input type="checkbox"/>
maison la plus proche (km)		cultivée <input type="checkbox"/>	mixtes <input checked="" type="checkbox"/>
0,3 km		autres <input type="checkbox"/>	

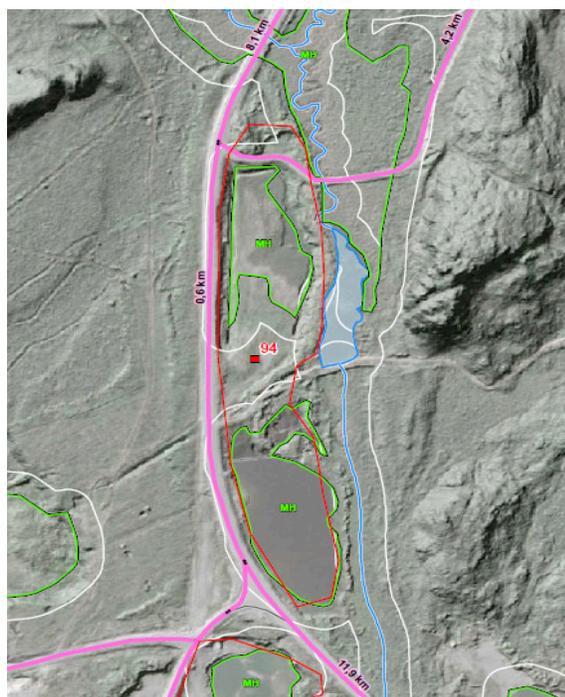
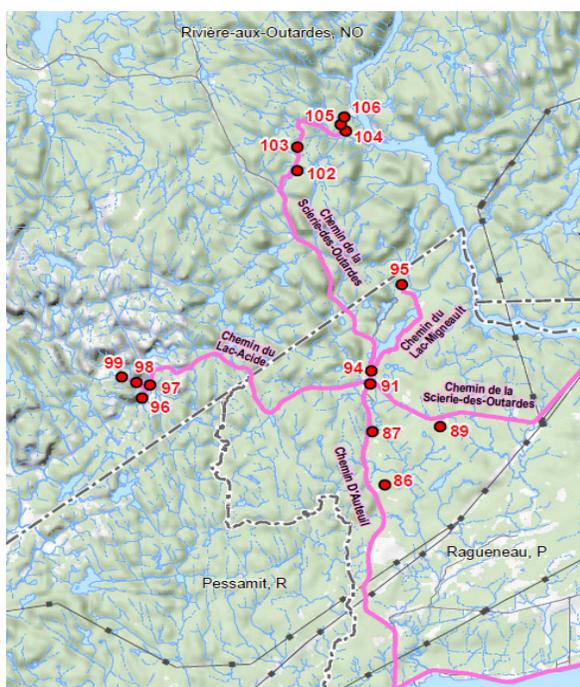
Topographie:	Épaisseur (m):	Origine:	
étagée <input type="checkbox"/>	minimum 1	glaciaire <input checked="" type="checkbox"/>	deltaïque <input type="checkbox"/>
plane <input checked="" type="checkbox"/>	maximum 2	fluvioglaciaire <input type="checkbox"/>	éolienne <input type="checkbox"/>
bosselée <input type="checkbox"/>	moyenne 1,5	fluviale <input type="checkbox"/>	autres <input type="checkbox"/>
ondulée <input type="checkbox"/>		lacustre <input type="checkbox"/>	

Condition des faces:	Plancher:	Condition du site	Difficulté d'exploitation:
fraîches <input type="checkbox"/>	gravier <input checked="" type="checkbox"/>	en exploitation <input type="checkbox"/>	aucune <input type="checkbox"/>
non ouvertes <input type="checkbox"/>	sable <input checked="" type="checkbox"/>	abandonné <input checked="" type="checkbox"/>	découverte <input type="checkbox"/>
végétation <input checked="" type="checkbox"/>	argile <input type="checkbox"/>	vidé <input checked="" type="checkbox"/>	accès <input type="checkbox"/>
effondrées <input type="checkbox"/>	till <input type="checkbox"/>	réaménagé <input checked="" type="checkbox"/>	nappe phréatique <input checked="" type="checkbox"/>
aplanies <input type="checkbox"/>	roc <input type="checkbox"/>		environnement <input type="checkbox"/>
reboisées <input checked="" type="checkbox"/>			dépôt hétérogène <input type="checkbox"/>

DESCRIPTION / COMMENTAIRE

- présence de la nappe phréatique
- reboisée partiellement

CROQUIS / PHOTO





INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS

Rapport de visite

Localisation:	Ragueneau			Technicien:	Simon Marois, tech. en géologie		
Coordonnées:	68,53699°	49,20710°	UTM Zone 19	Date:	2 octobre 2019		

Milieu:	Accès:	Végétation	Type:
urbain <input type="checkbox"/>	Chemin du Lac-Migneault	boisé <input checked="" type="checkbox"/>	conifères <input type="checkbox"/>
rural <input checked="" type="checkbox"/>	Restreint à 1 voie	non boisé <input type="checkbox"/>	feuillus <input type="checkbox"/>
maison la plus proche (km)		cultivée <input type="checkbox"/>	mixtes <input checked="" type="checkbox"/>
		autres <input type="checkbox"/>	

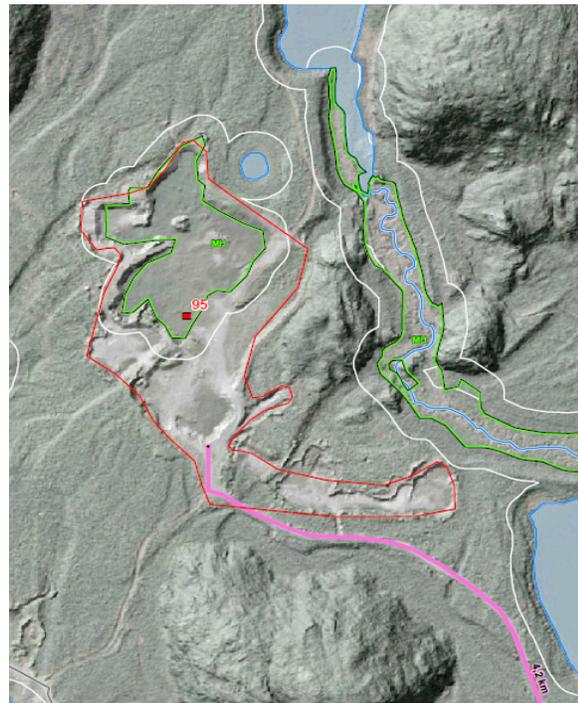
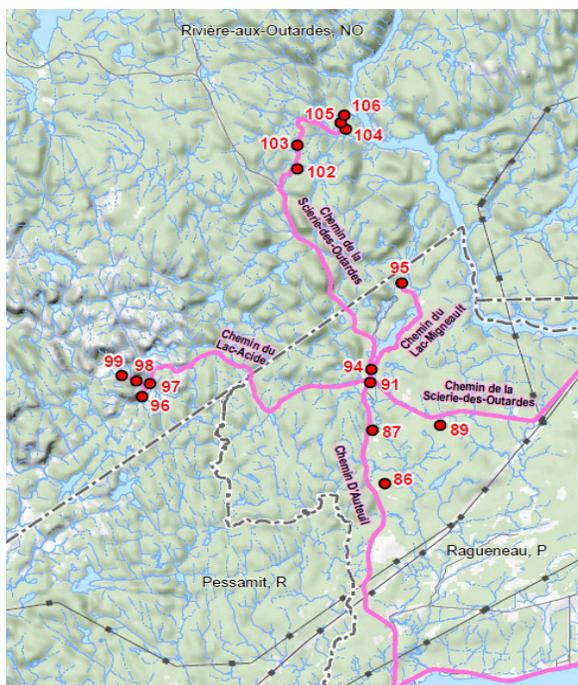
Topographie:	Épaisseur (m):	Origine:
étagée <input type="checkbox"/>	minimum 3	glaciaire <input type="checkbox"/>
plane <input type="checkbox"/>	maximum 4	fluvioglaciaire <input checked="" type="checkbox"/>
bosselée <input type="checkbox"/>	moyenne 3,5	fluviale <input type="checkbox"/>
ondulée <input checked="" type="checkbox"/>		lacustre <input type="checkbox"/>
		deltaïque <input type="checkbox"/>
		éolienne <input type="checkbox"/>
		autres <input type="checkbox"/>

Condition des faces:	Plancher:	Condition du site	Difficulté d'exploitation:
fraîches <input type="checkbox"/>	gravier <input checked="" type="checkbox"/>	en exploitation <input type="checkbox"/>	aucune <input type="checkbox"/>
non ouvertes <input type="checkbox"/>	sable <input type="checkbox"/>	abandonné <input checked="" type="checkbox"/>	découverte <input type="checkbox"/>
végétation <input checked="" type="checkbox"/>	argile <input type="checkbox"/>	vidé <input checked="" type="checkbox"/>	accès <input checked="" type="checkbox"/>
effondrées <input checked="" type="checkbox"/>	till <input type="checkbox"/>	réaménagé <input type="checkbox"/>	nappe phréatique <input checked="" type="checkbox"/>
aplanies <input type="checkbox"/>	roc <input type="checkbox"/>		environnement <input type="checkbox"/>
reboisées <input type="checkbox"/>			dépôt hétérogène <input type="checkbox"/>

DESCRIPTION / COMMENTAIRE

- présence de la nappe phréatique
- tamisage d'un échantillon en chantier: 42% passant 5 mm /16% retenu 5 mm /19% retenu 14 mm / 23% retenu 31,5 mm

CROQUIS / PHOTO





INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS

Rapport de visite

Localisation:	Rivière-aux-Outardes	Technicien:	Simon Marois, tech. en géologie
Coordonnées:	68,66035° 49,16904° UTM Zone 19	Date:	3 octobre 2019

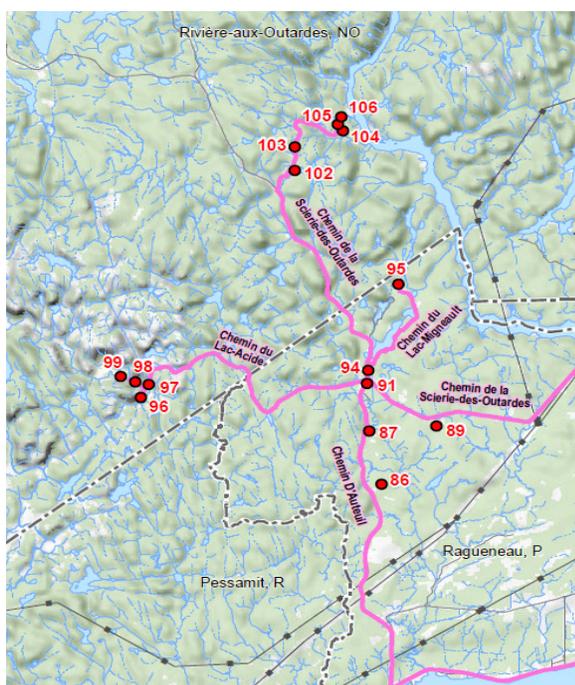
Milieu:	Accès:	Végétation	Type:
urbain <input type="checkbox"/>	Chemin du Lac-Acide	boisé <input checked="" type="checkbox"/>	conifères <input type="checkbox"/>
rural <input checked="" type="checkbox"/>	(étroit)	non boisé <input type="checkbox"/>	feuillus <input type="checkbox"/>
maison la plus proche (km)		cultivée <input type="checkbox"/>	mixtes <input checked="" type="checkbox"/>
4 km		autres <input type="checkbox"/>	

Topographie:	Épaisseur (m):	Origine:	
étagée <input checked="" type="checkbox"/>	minimum 3	glaciaire <input type="checkbox"/>	deltaïque <input type="checkbox"/>
plane <input type="checkbox"/>	maximum 5	fluvioglaciaire <input checked="" type="checkbox"/>	éolienne <input type="checkbox"/>
bosselée <input type="checkbox"/>	moyenne 4	fluviale <input type="checkbox"/>	autres <input type="checkbox"/>
ondulée <input type="checkbox"/>		lacustre <input type="checkbox"/>	

Condition des faces:	Plancher:	Condition du site	Difficulté d'exploitation:
fraîches <input type="checkbox"/>	gravier <input type="checkbox"/>	en exploitation <input type="checkbox"/>	aucune <input type="checkbox"/>
non ouvertes <input type="checkbox"/>	sable <input checked="" type="checkbox"/>	abandonné <input checked="" type="checkbox"/>	découverte <input type="checkbox"/>
végétation <input type="checkbox"/>	argile <input type="checkbox"/>	vidé <input type="checkbox"/>	accès <input checked="" type="checkbox"/>
effondrées <input checked="" type="checkbox"/>	till <input type="checkbox"/>	réaménagé <input type="checkbox"/>	nappe phréatique <input type="checkbox"/>
aplanies <input type="checkbox"/>	roc <input type="checkbox"/>		environnement <input type="checkbox"/>
reboisées <input type="checkbox"/>			dépôt hétérogène <input type="checkbox"/>

DESCRIPTION / COMMENTAIRE

- nappe phréatique non observée
- tamisage d'un échantillon en chantier: 91% passant 5 mm

CROQUIS / PHOTO




INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS

Rapport de visite

Localisation:	Rivière-aux-Outardes	Technicien:	Simon Marois, tech. en géologie
Coordonnées:	68,65530° 49,17263° UTM Zone 19	Date:	3 octobre 2019

Milieu:	Accès:	Végétation	Type:
urbain <input type="checkbox"/>	Chemin du Lac-Acide	boisé <input checked="" type="checkbox"/>	conifères <input type="checkbox"/>
rural <input checked="" type="checkbox"/>	(étroit)	non boisé <input type="checkbox"/>	feuillus <input type="checkbox"/>
maison la plus proche (km)		cultivée <input type="checkbox"/>	mixtes <input checked="" type="checkbox"/>
3 km		autres <input type="checkbox"/>	

Topographie:	Épaisseur (m):	Origine:	
étagée <input checked="" type="checkbox"/>	minimum 2	glaciaire <input type="checkbox"/>	deltaïque <input type="checkbox"/>
plane <input type="checkbox"/>	maximum 8	fluvioglaciaire <input checked="" type="checkbox"/>	éolienne <input type="checkbox"/>
bosselée <input checked="" type="checkbox"/>	moyenne 5	fluviale <input type="checkbox"/>	autres <input type="checkbox"/>
ondulée <input type="checkbox"/>		lacustre <input type="checkbox"/>	

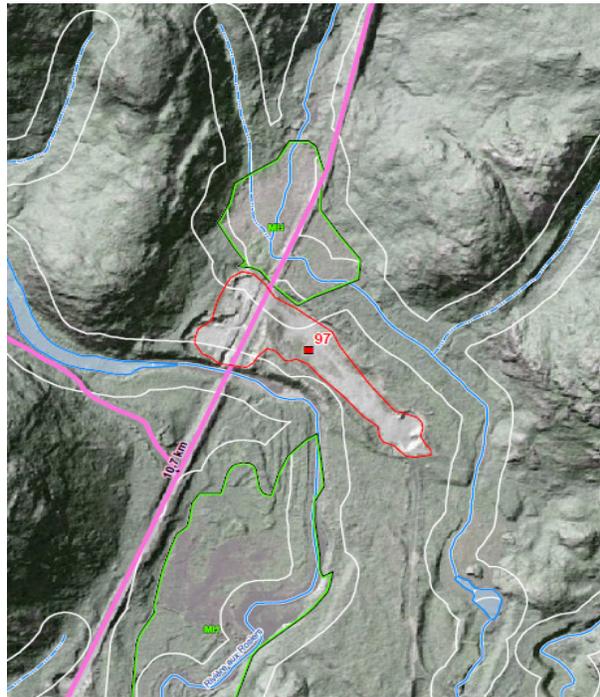
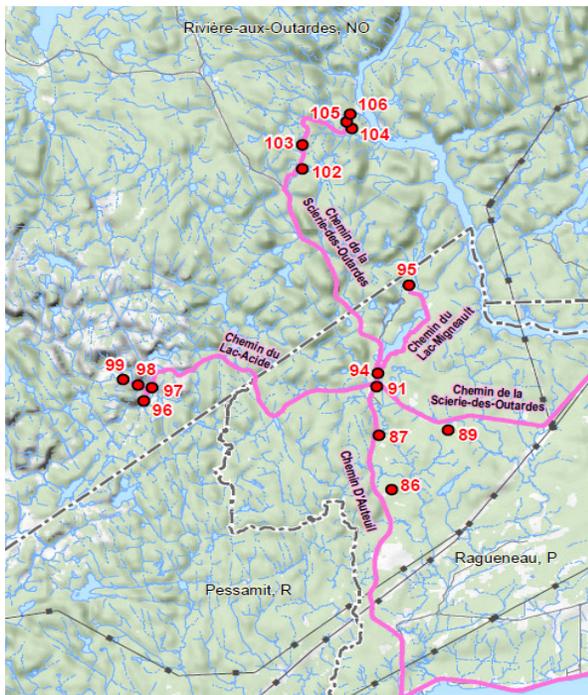
Condition des faces:	Plancher:	Condition du site	Difficulté d'exploitation:
fraîches <input checked="" type="checkbox"/>	gravier <input checked="" type="checkbox"/>	en exploitation <input type="checkbox"/>	aucune <input type="checkbox"/>
non ouvertes <input type="checkbox"/>	sable <input type="checkbox"/>	abandonné <input checked="" type="checkbox"/>	découverte <input type="checkbox"/>
végétation <input type="checkbox"/>	argile <input type="checkbox"/>	vidé <input type="checkbox"/>	accès <input checked="" type="checkbox"/>
effondrées <input checked="" type="checkbox"/>	till <input type="checkbox"/>	réaménagé <input type="checkbox"/>	nappe phréatique <input type="checkbox"/>
aplanies <input type="checkbox"/>	roc <input type="checkbox"/>		environnement <input type="checkbox"/>
reboisées <input type="checkbox"/>			dépôt hétérogène <input type="checkbox"/>

DESCRIPTION / COMMENTAIRE

- nappe phréatique non observée

- tamisage d'un échantillon en chantier: 43% passant 5 mm / 11% retenu 5 mm / 11% retenu 14 mm / 35% retenu 31,5 mm

CROQUIS / PHOTO





INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS

Rapport de visite

Localisation:	Rivière-aux-Outardes	Technicien:	Simon Marois, tech. en géologie
Coordonnées:	68,66257° 49,17440° UTM Zone 19	Date:	3 octobre 2019

Milieu:	Accès:	Végétation	Type:
urbain <input type="checkbox"/>	Chemin du Lac-Acide	boisé <input checked="" type="checkbox"/>	conifères <input type="checkbox"/>
rural <input checked="" type="checkbox"/>	(étroit/sentier)	non boisé <input type="checkbox"/>	feuillus <input type="checkbox"/>
maison la plus proche (km)		cultivée <input type="checkbox"/>	mixtes <input checked="" type="checkbox"/>
4 km		autres <input type="checkbox"/>	

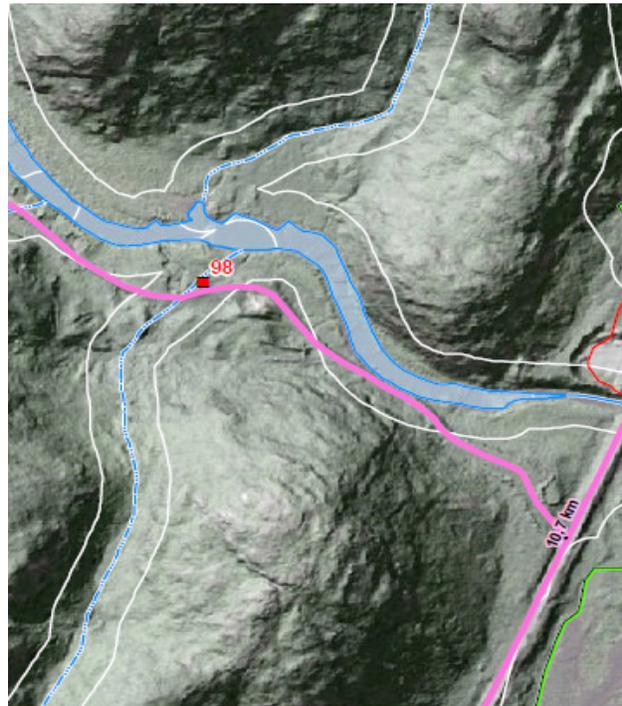
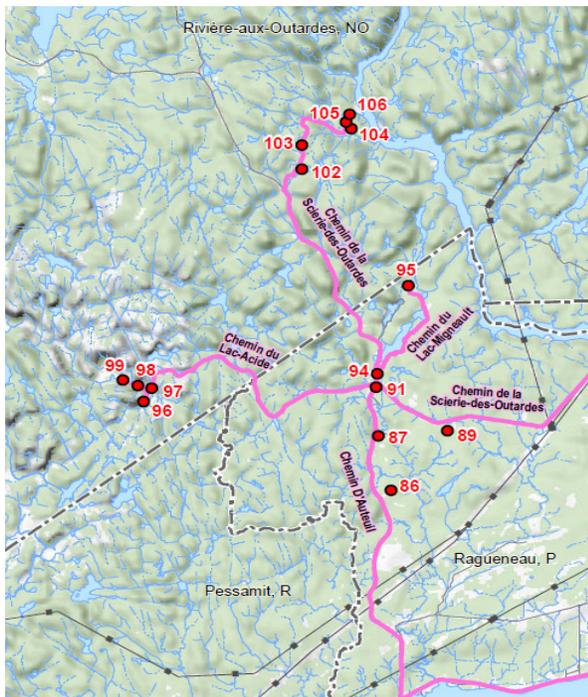
Topographie:	Épaisseur (m):	Origine:	
étagée <input checked="" type="checkbox"/>	minimum 1	glaciaire <input type="checkbox"/>	deltaïque <input type="checkbox"/>
plane <input type="checkbox"/>	maximum 8	fluvioglaciaire <input checked="" type="checkbox"/>	éolienne <input type="checkbox"/>
bosselée <input checked="" type="checkbox"/>	moyenne 5	fluviale <input type="checkbox"/>	autres <input type="checkbox"/>
ondulée <input type="checkbox"/>		lacustre <input type="checkbox"/>	

Condition des faces:	Plancher:	Condition du site	Difficulté d'exploitation:
fraîches <input type="checkbox"/>	gravier <input checked="" type="checkbox"/>	en exploitation <input type="checkbox"/>	aucune <input type="checkbox"/>
non ouvertes <input type="checkbox"/>	sable <input checked="" type="checkbox"/>	abandonné <input checked="" type="checkbox"/>	découverte <input type="checkbox"/>
végétation <input checked="" type="checkbox"/>	argile <input type="checkbox"/>	vidé <input type="checkbox"/>	accès <input checked="" type="checkbox"/>
effondrées <input type="checkbox"/>	till <input type="checkbox"/>	réaménagé <input type="checkbox"/>	nappe phréatique <input type="checkbox"/>
aplanies <input type="checkbox"/>	roc <input type="checkbox"/>		environnement <input type="checkbox"/>
reboisées <input type="checkbox"/>			dépôt hétérogène <input type="checkbox"/>

DESCRIPTION / COMMENTAIRE

- nappe phréatique non observée

CROQUIS / PHOTO





INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS

Rapport de visite

Localisation:	Rivière-aux-Outardes	Technicien:	Simon Marois, tech. en géologie
Coordonnées:	68,67088° 49,17659° UTM Zone 19	Date:	3 octobre 2019

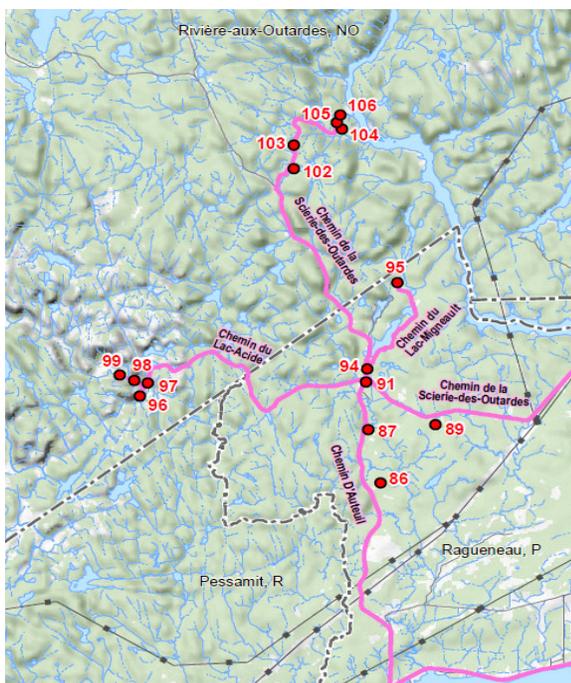
Milieu:	Accès:	Végétation	Type:
urbain <input type="checkbox"/>	Chemin du Lac-Acide	boisé <input checked="" type="checkbox"/>	conifères <input type="checkbox"/>
rural <input checked="" type="checkbox"/>	(étroit)	non boisé <input type="checkbox"/>	feuillus <input type="checkbox"/>
maison la plus proche (km)		cultivée <input type="checkbox"/>	mixtes <input checked="" type="checkbox"/>
4 km		autres <input type="checkbox"/>	

Topographie:	Épaisseur (m):	Origine:	
étagée <input type="checkbox"/>	minimum 2	glaciaire <input type="checkbox"/>	deltaïque <input type="checkbox"/>
plane <input type="checkbox"/>	maximum 3	fluvioglaciaire <input checked="" type="checkbox"/>	éolienne <input type="checkbox"/>
bosselée <input type="checkbox"/>	moyenne 2,5	fluviale <input type="checkbox"/>	autres <input type="checkbox"/>
ondulée <input checked="" type="checkbox"/>		lacustre <input type="checkbox"/>	

Condition des faces:	Plancher:	Condition du site	Difficulté d'exploitation:
fraîches <input type="checkbox"/>	gravier <input type="checkbox"/>	en exploitation <input type="checkbox"/>	aucune <input checked="" type="checkbox"/>
non ouvertes <input type="checkbox"/>	sable <input checked="" type="checkbox"/>	abandonné <input checked="" type="checkbox"/>	découverte <input type="checkbox"/>
végétation <input checked="" type="checkbox"/>	argile <input type="checkbox"/>	vidé <input type="checkbox"/>	accès <input checked="" type="checkbox"/>
effondrées <input type="checkbox"/>	till <input type="checkbox"/>	réaménagé <input type="checkbox"/>	nappe phréatique <input type="checkbox"/>
aplanies <input type="checkbox"/>	roc <input type="checkbox"/>		environnement <input type="checkbox"/>
reboisées <input type="checkbox"/>			dépôt hétérogène <input type="checkbox"/>

DESCRIPTION / COMMENTAIRE

- nappe phréatique non observée
- accès avec 1 km de trail
- tamisage d'un échantillon en chantier: 74% passant 5 mm

CROQUIS / PHOTO




INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS

Rapport de visite

Localisation: Rivière-aux-Outardes **Technicien:** Simon Marois, tech. en géologie
Date:
Coordonnées: UTM Zone 19

Milieu:	Accès:	Végétation	Type:
urbain <input type="checkbox"/>	Chemin de la Scierie-des-Outardes	boisé <input checked="" type="checkbox"/>	conifères <input type="checkbox"/>
rural <input checked="" type="checkbox"/>		non boisé <input type="checkbox"/>	feuillus <input type="checkbox"/>
maison la plus proche (km)		cultivée <input type="checkbox"/>	mixtes <input checked="" type="checkbox"/>
		autres <input type="checkbox"/>	

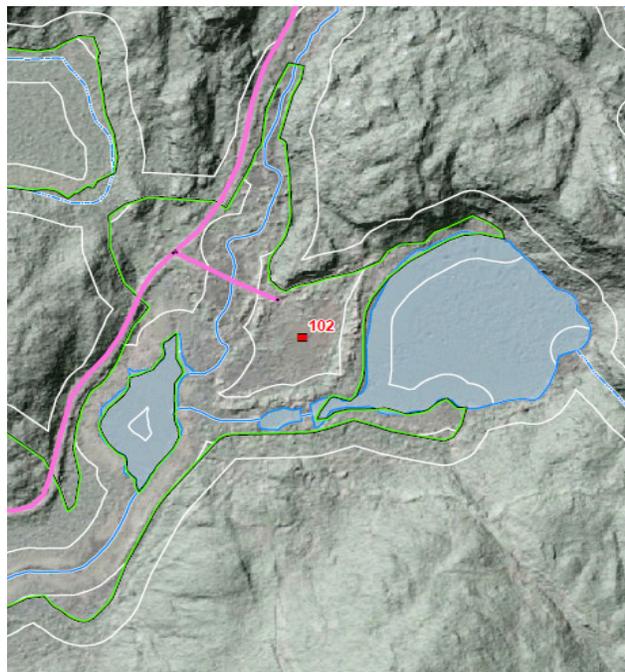
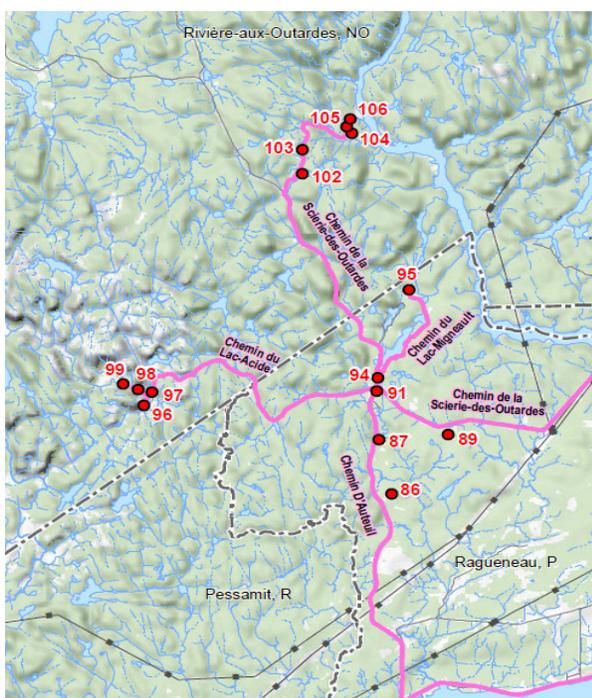
Topographie:	Épaisseur (m):	Origine:	
étagée <input type="checkbox"/>	minimum	glaciaire <input type="checkbox"/>	deltaïque <input type="checkbox"/>
plane <input type="checkbox"/>	maximum	fluvioglaciaire <input type="checkbox"/>	éolienne <input type="checkbox"/>
bosselée <input type="checkbox"/>	moyenne	fluviale <input type="checkbox"/>	autres <input type="checkbox"/>
ondulée <input type="checkbox"/>		lacustre <input type="checkbox"/>	

Condition des faces:	Plancher:	Condition du site	Difficulté d'exploitation:
fraîches <input type="checkbox"/>	gravier <input type="checkbox"/>	en exploitation <input type="checkbox"/>	aucune <input type="checkbox"/>
non ouvertes <input type="checkbox"/>	sable <input type="checkbox"/>	abandonné <input type="checkbox"/>	découverte <input type="checkbox"/>
végétation <input type="checkbox"/>	argile <input type="checkbox"/>	vidé <input type="checkbox"/>	accès <input type="checkbox"/>
effondrées <input type="checkbox"/>	till <input type="checkbox"/>	réaménagé <input type="checkbox"/>	nappe phréatique <input type="checkbox"/>
aplanies <input type="checkbox"/>	roc <input type="checkbox"/>		environnement <input type="checkbox"/>
reboisées <input type="checkbox"/>			dépôt hétérogène <input type="checkbox"/>

DESCRIPTION / COMMENTAIRE

- présence de la nappe phréatique
 - route inondé, non accessible (route 389?)

CROQUIS / PHOTO



INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS

Rapport de visite

Localisation: Rivière-aux-Outardes **Technicien:** Simon Marois, tech. en géologie
Date:
Coordonnées: UTM Zone 19

Milieu:	Accès:	Végétation	Type:
urbain <input type="checkbox"/>	Chemin de la Scierie-des-Outardes	boisé <input checked="" type="checkbox"/>	conifères <input type="checkbox"/>
rural <input checked="" type="checkbox"/>		non boisé <input type="checkbox"/>	feuillus <input type="checkbox"/>
maison la plus proche (km)		cultivée <input type="checkbox"/>	mixtes <input checked="" type="checkbox"/>
		autres <input type="checkbox"/>	

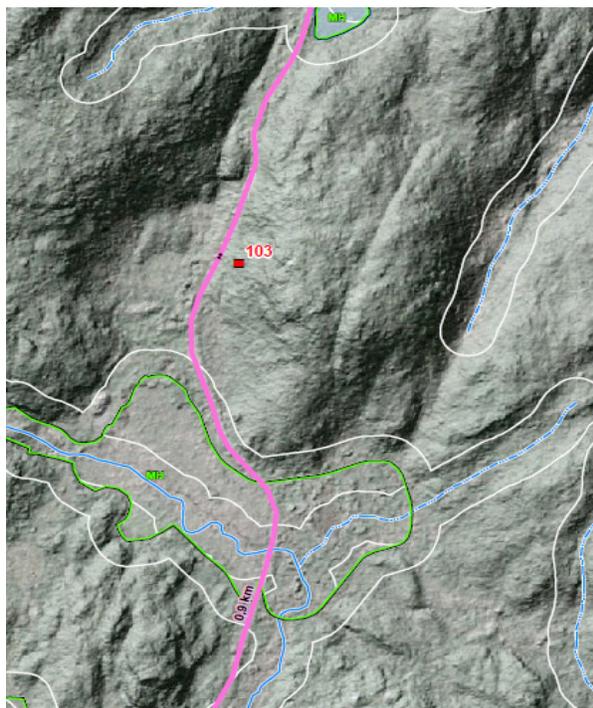
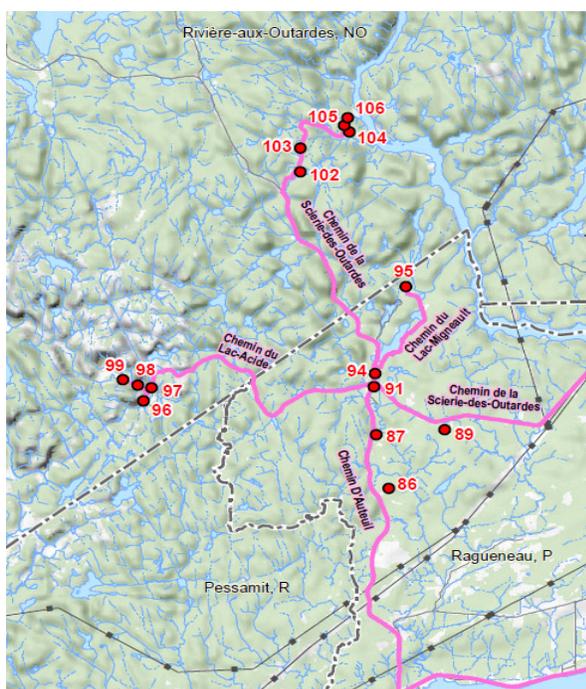
Topographie:	Épaisseur (m):	Origine:	
étagée <input type="checkbox"/>	minimum	glaciaire <input type="checkbox"/>	deltaïque <input type="checkbox"/>
plane <input type="checkbox"/>	maximum	fluvioglaciaire <input type="checkbox"/>	éolienne <input type="checkbox"/>
bosselée <input type="checkbox"/>	moyenne	fluviale <input type="checkbox"/>	autres <input type="checkbox"/>
ondulée <input type="checkbox"/>		lacustre <input type="checkbox"/>	

Condition des faces:	Plancher:	Condition du site	Difficulté d'exploitation:
fraîches <input type="checkbox"/>	gravier <input type="checkbox"/>	en exploitation <input type="checkbox"/>	aucune <input type="checkbox"/>
non ouvertes <input type="checkbox"/>	sable <input type="checkbox"/>	abandonné <input type="checkbox"/>	découverte <input type="checkbox"/>
végétation <input type="checkbox"/>	argile <input type="checkbox"/>	vidé <input type="checkbox"/>	accès <input type="checkbox"/>
effondrées <input type="checkbox"/>	till <input type="checkbox"/>	réaménagé <input type="checkbox"/>	nappe phréatique <input type="checkbox"/>
aplanies <input type="checkbox"/>	roc <input type="checkbox"/>		environnement <input type="checkbox"/>
reboisées <input type="checkbox"/>			dépôt hétérogène <input type="checkbox"/>

DESCRIPTION / COMMENTAIRE

- site non accessible, route d'accès

CROQUIS / PHOTO



CROQUIS / PHOTO

INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS

Rapport de visite

Localisation: Rivière-aux-Outardes **Technicien:** Simon Marois, tech. en géologie
Coordonnées: UTM Zone 19 **Date:**

Milieu:	Accès:	Végétation	Type:
urbain <input type="checkbox"/>	Chemin de la Scierie-des-Outardes	boisé <input checked="" type="checkbox"/>	conifères <input type="checkbox"/>
rural <input checked="" type="checkbox"/>		non boisé <input type="checkbox"/>	feuillus <input type="checkbox"/>
maison la plus proche (km)		cultivée <input type="checkbox"/>	mixtes <input checked="" type="checkbox"/>
		autres <input type="checkbox"/>	

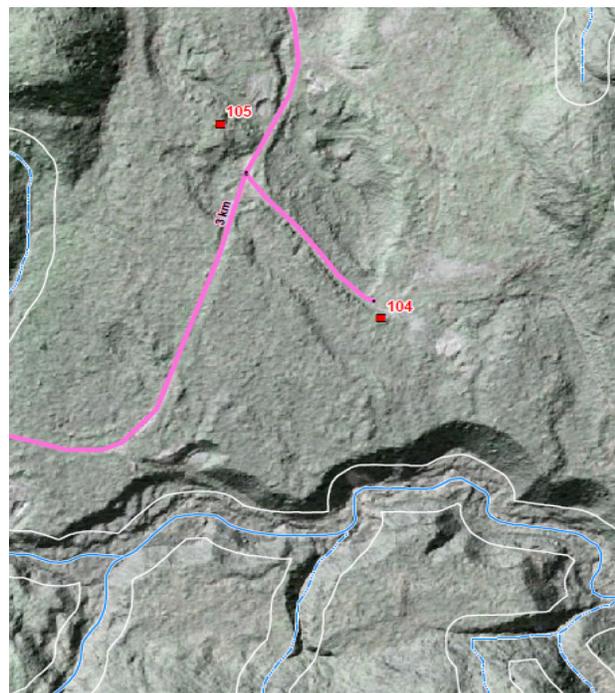
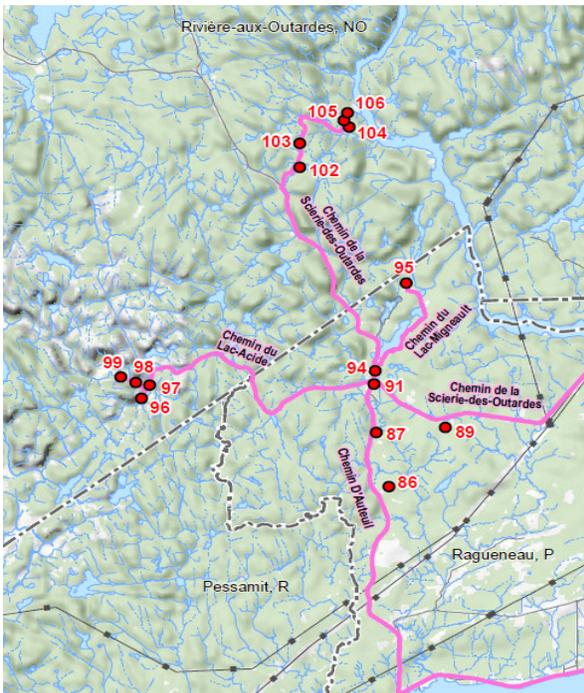
Topographie:	Épaisseur (m):	Origine:	
étagée <input type="checkbox"/>	minimum	glaciaire <input type="checkbox"/>	deltaïque <input type="checkbox"/>
plane <input type="checkbox"/>	maximum	fluvioglaciaire <input type="checkbox"/>	éolienne <input type="checkbox"/>
bosselée <input type="checkbox"/>	moyenne	fluviale <input type="checkbox"/>	autres <input type="checkbox"/>
ondulée <input type="checkbox"/>		lacustre <input type="checkbox"/>	

Condition des faces:	Plancher:	Condition du site	Difficulté d'exploitation:
fraîches <input type="checkbox"/>	gravier <input type="checkbox"/>	en exploitation <input type="checkbox"/>	aucune <input type="checkbox"/>
non ouvertes <input type="checkbox"/>	sable <input type="checkbox"/>	abandonné <input type="checkbox"/>	découverte <input type="checkbox"/>
végétation <input type="checkbox"/>	argile <input type="checkbox"/>	vidé <input type="checkbox"/>	accès <input type="checkbox"/>
effondrées <input type="checkbox"/>	till <input type="checkbox"/>	réaménagé <input type="checkbox"/>	nappe phréatique <input type="checkbox"/>
aplanies <input type="checkbox"/>	roc <input type="checkbox"/>		environnement <input type="checkbox"/>
reboisées <input type="checkbox"/>			dépôt hétérogène <input type="checkbox"/>

DESCRIPTION / COMMENTAIRE

- site non accessible, route d'accès

CROQUIS / PHOTO



INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS

Rapport de visite

Localisation: Rivière-aux-Outardes **Technicien:** Simon Marois, tech. en géologie
Date:
Coordonnées: UTM Zone 19

Milieu:	Accès:	Végétation	Type:
urbain <input type="checkbox"/>	Chemin de la Scierie-des-Outardes	boisé <input checked="" type="checkbox"/>	conifères <input type="checkbox"/>
rural <input checked="" type="checkbox"/>		non boisé <input type="checkbox"/>	feuillus <input type="checkbox"/>
maison la plus proche (km)		cultivée <input type="checkbox"/>	mixtes <input checked="" type="checkbox"/>
		autres <input type="checkbox"/>	

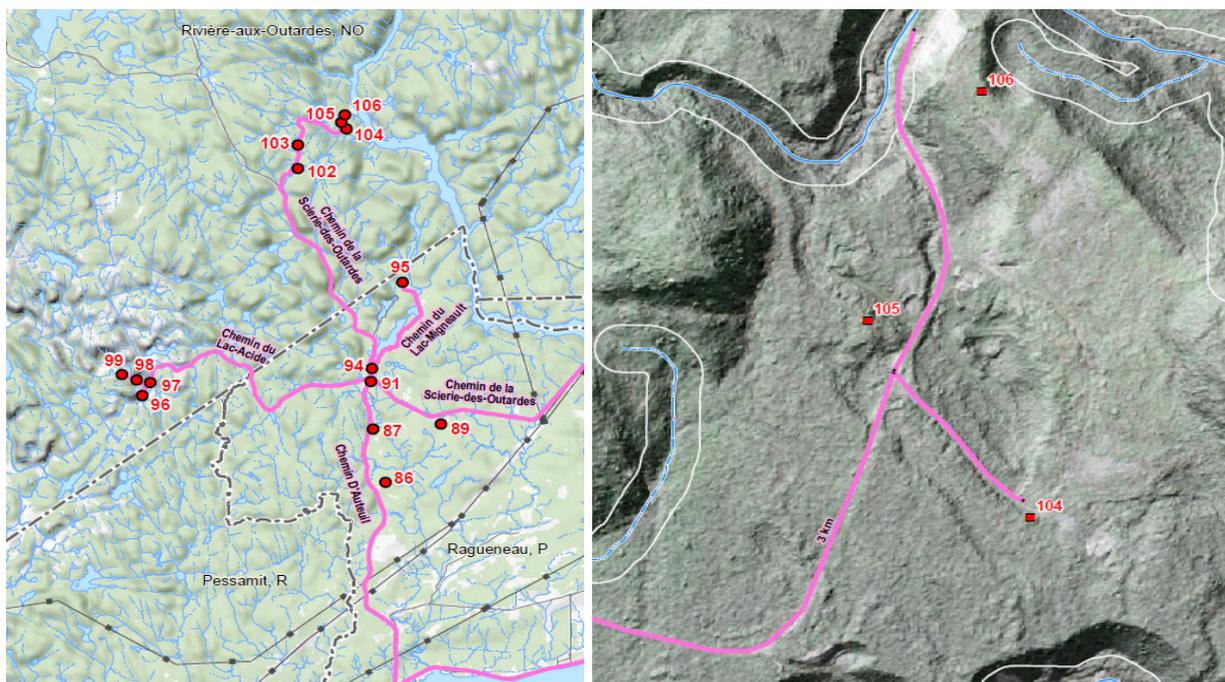
Topographie:	Épaisseur (m):	Origine:	
étagée <input type="checkbox"/>	minimum	glaciaire <input type="checkbox"/>	deltaïque <input type="checkbox"/>
plane <input type="checkbox"/>	maximum	fluvioglaciaire <input type="checkbox"/>	éolienne <input type="checkbox"/>
bosselée <input type="checkbox"/>	moyenne	fluviale <input type="checkbox"/>	autres <input type="checkbox"/>
ondulée <input type="checkbox"/>		lacustre <input type="checkbox"/>	

Condition des faces:	Plancher:	Condition du site	Difficulté d'exploitation:
fraîches <input type="checkbox"/>	gravier <input type="checkbox"/>	en exploitation <input type="checkbox"/>	aucune <input type="checkbox"/>
non ouvertes <input type="checkbox"/>	sable <input type="checkbox"/>	abandonné <input type="checkbox"/>	découverte <input type="checkbox"/>
végétation <input type="checkbox"/>	argile <input type="checkbox"/>	vidé <input type="checkbox"/>	accès <input type="checkbox"/>
effondrées <input type="checkbox"/>	till <input type="checkbox"/>	réaménagé <input type="checkbox"/>	nappe phréatique <input type="checkbox"/>
aplanies <input type="checkbox"/>	roc <input type="checkbox"/>		environnement <input type="checkbox"/>
reboisées <input type="checkbox"/>			dépôt hétérogène <input type="checkbox"/>

DESCRIPTION / COMMENTAIRE

- site non accessible, route d'accès

CROQUIS / PHOTO



INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS

Rapport de visite

Localisation: Rivière-aux-Outardes **Technicien:** Simon Marois, tech. en géologie
Coordonnées: UTM Zone 19 **Date:**

Milieu:	Accès:	Végétation	Type:
urbain <input type="checkbox"/>	Chemin de la Scierie-des-Outardes	boisé <input checked="" type="checkbox"/>	conifères <input type="checkbox"/>
rural <input checked="" type="checkbox"/>		non boisé <input type="checkbox"/>	feuillus <input type="checkbox"/>
maison la plus proche (km)		cultivée <input type="checkbox"/>	mixtes <input checked="" type="checkbox"/>
		autres <input type="checkbox"/>	

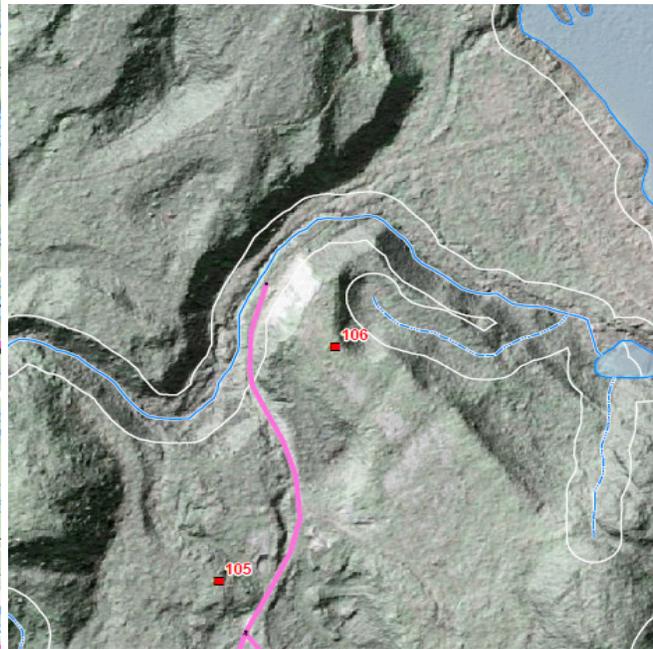
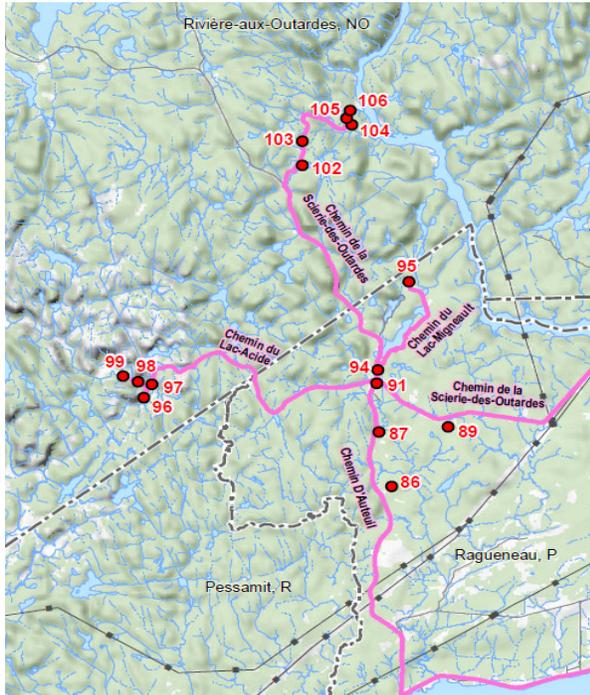
Topographie:	Épaisseur (m):	Origine:	
étagée <input type="checkbox"/>	minimum	glaciaire <input type="checkbox"/>	deltaïque <input type="checkbox"/>
plane <input type="checkbox"/>	maximum	fluvioglaciaire <input type="checkbox"/>	éolienne <input type="checkbox"/>
bosselée <input type="checkbox"/>	moyenne	fluviale <input type="checkbox"/>	autres <input type="checkbox"/>
ondulée <input type="checkbox"/>		lacustre <input type="checkbox"/>	

Condition des faces:	Plancher:	Condition du site	Difficulté d'exploitation:
fraîches <input type="checkbox"/>	gravier <input type="checkbox"/>	en exploitation <input type="checkbox"/>	aucune <input type="checkbox"/>
non ouvertes <input type="checkbox"/>	sable <input type="checkbox"/>	abandonné <input type="checkbox"/>	découverte <input type="checkbox"/>
végétation <input type="checkbox"/>	argile <input type="checkbox"/>	vidé <input type="checkbox"/>	accès <input type="checkbox"/>
effondrées <input type="checkbox"/>	till <input type="checkbox"/>	réaménagé <input type="checkbox"/>	nappe phréatique <input type="checkbox"/>
aplanies <input type="checkbox"/>	roc <input type="checkbox"/>		environnement <input type="checkbox"/>
reboisées <input type="checkbox"/>			dépôt hétérogène <input type="checkbox"/>

DESCRIPTION / COMMENTAIRE

- site non accessible, route d'accès

CROQUIS / PHOTO



INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS

Rapport de visite

Localisation:	Rivière-aux-Outardes	Technicien:	Simon Marois, tech. en géologie
Coordonnées:	68,53277° 49,43926° UTM Zone 19	Date:	5 octobre 2019

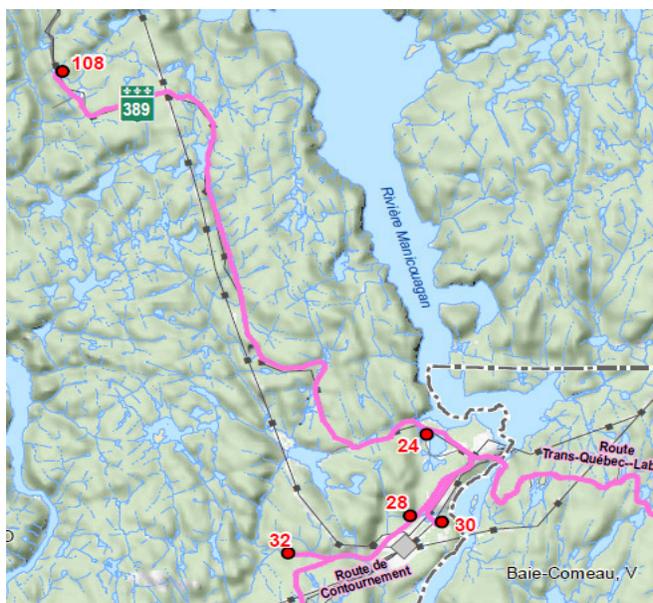
Milieu:	Accès:	Végétation	Type:
urbain <input type="checkbox"/>	Route 389	boisé <input checked="" type="checkbox"/>	conifères <input type="checkbox"/>
rural <input checked="" type="checkbox"/>		non boisé <input type="checkbox"/>	feuillus <input type="checkbox"/>
maison la plus proche (km) 1,1 km		cultivée <input type="checkbox"/>	mixtes <input checked="" type="checkbox"/>
		autres <input type="checkbox"/>	

Topographie:	Épaisseur (m):	Origine:	
étagée <input type="checkbox"/>	minimum 1	glaciaire <input checked="" type="checkbox"/>	deltaïque <input type="checkbox"/>
plane <input checked="" type="checkbox"/>	maximum 10	fluvioglaciaire <input type="checkbox"/>	éolienne <input type="checkbox"/>
bosselée <input type="checkbox"/>	moyenne 5	fluviale <input type="checkbox"/>	autres <input type="checkbox"/>
ondulée <input checked="" type="checkbox"/>		lacustre <input type="checkbox"/>	

Condition des faces:	Plancher:	Condition du site	Difficulté d'exploitation:
fraîches <input type="checkbox"/>	gravier <input type="checkbox"/>	en exploitation <input checked="" type="checkbox"/>	aucune <input checked="" type="checkbox"/>
non ouvertes <input type="checkbox"/>	sable <input checked="" type="checkbox"/>	abandonné <input checked="" type="checkbox"/>	découverte <input type="checkbox"/>
végétation <input checked="" type="checkbox"/>	argile <input type="checkbox"/>	vidé <input type="checkbox"/>	accès <input type="checkbox"/>
effondrées <input checked="" type="checkbox"/>	till <input type="checkbox"/>	réaménagé <input type="checkbox"/>	nappe phréatique <input type="checkbox"/>
aplanies <input type="checkbox"/>	roc <input type="checkbox"/>		environnement <input type="checkbox"/>
reboisées <input type="checkbox"/>			dépôt hétérogène <input type="checkbox"/>

DESCRIPTION / COMMENTAIRE

- nappe phréatique non observée
 - tamisage d'un échantillon en chantier: 79% passant 5 mm / 14% retenu 5 mm / 7% retenu 14 mm
 - secteur récemment décapé

CROQUIS / PHOTO




INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS

Rapport de visite

Localisation: Rivière-aux-Outardes **Technicien:** Simon Marois, tech. en géologie
Date: 1er octobre 2019
Coordonnées: 68,01907° 49,43913° UTM Zone 19

Milieu:	Accès:	Végétation	Type:
urbain <input type="checkbox"/>	Chemin de la Rivière-aux-Anglais	boisé <input checked="" type="checkbox"/>	conifères <input type="checkbox"/>
rural <input checked="" type="checkbox"/>		non boisé <input type="checkbox"/>	feuillus <input type="checkbox"/>
maison la plus proche (km)		cultivée <input type="checkbox"/>	mixtes <input checked="" type="checkbox"/>
		autres <input type="checkbox"/>	

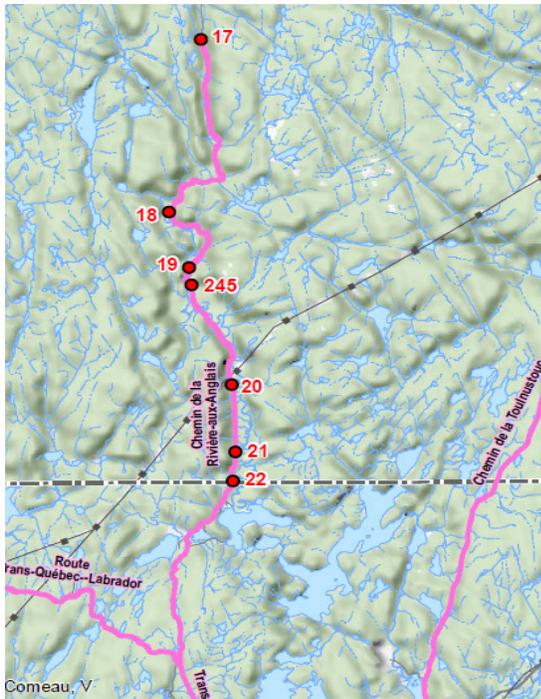
Topographie:	Épaisseur (m):	Origine:	
étagée <input type="checkbox"/>	minimum 5	glaciaire <input type="checkbox"/>	deltaïque <input type="checkbox"/>
plane <input type="checkbox"/>	maximum 10	fluvioglaciaire <input checked="" type="checkbox"/>	éolienne <input type="checkbox"/>
bosselée <input checked="" type="checkbox"/>	moyenne 8	fluviale <input type="checkbox"/>	autres <input type="checkbox"/>
ondulée <input type="checkbox"/>		lacustre <input type="checkbox"/>	

Condition des faces:	Plancher:	Condition du site	Difficulté d'exploitation:
fraîches <input type="checkbox"/>	gravier <input type="checkbox"/>	en exploitation <input type="checkbox"/>	aucune <input type="checkbox"/>
non ouvertes <input type="checkbox"/>	sable <input checked="" type="checkbox"/>	abandonné <input checked="" type="checkbox"/>	découverte <input type="checkbox"/>
végétation <input type="checkbox"/>	argile <input type="checkbox"/>	vidé <input type="checkbox"/>	accès <input checked="" type="checkbox"/>
effondrées <input checked="" type="checkbox"/>	till <input type="checkbox"/>	réaménagé <input type="checkbox"/>	nappe phréatique <input type="checkbox"/>
aplanies <input type="checkbox"/>	roc <input type="checkbox"/>		environnement <input type="checkbox"/>
reboisées <input type="checkbox"/>			dépôt hétérogène <input type="checkbox"/>

DESCRIPTION / COMMENTAIRE

- nappe phréatique non observée
 - tamisage d'un échantillon en chantier: 81% passant 5 mm

CROQUIS / PHOTO



CROQUIS / PHOTO





Annexe C

Rapport de sondages

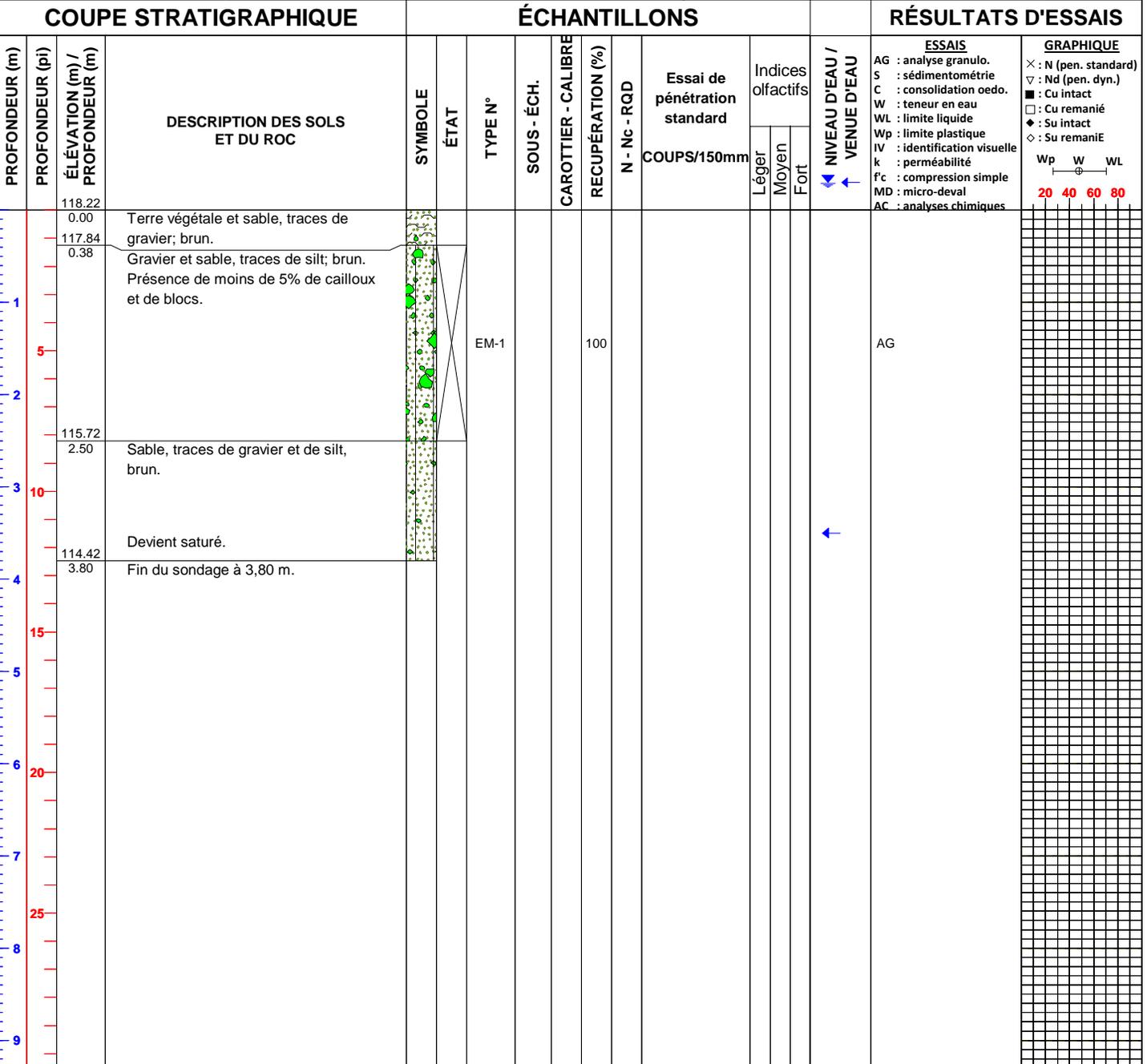
Projet: **Caractérisation de bancs d'emprunt, projet de recharge de plage à Pointe-aux-Outardes**
 Client: **Village de Pointe-aux-Outardes**
 Site: **19-A (SIGÉOM)**
 N./réf.: **F1901477-001**
 Figure: **LOCALISATION DES SONDAGES**

Localisation:
 X: **554362.970**
 Y: **5473707.413**
 Type de sondage: **TRANCHÉE D'EXPLORATION**
 Équipement: **Pelle mécanique**
 Tubage: Échantillonneur:

N° sondage: **19-A**
 Page: **1 de 1**
 Date début: **2019-10-09**
 Technicien: **Simon Marois, tech. sr**
 Profondeur: **3.80 m**
 Élévation LIDAR : **118.22 m**

TYPE D'ÉCHANTILLON	TERMINOLOGIE QUALITATIVE	TERMINOLOGIE QUANTITATIVE	SYMBOLES	EAUX SOUTERRAINES (M)
CF Cuillère fendue	Argile < 0,002 mm	Traces < 10 %	Nspt Indice de pénétration standard (BNQ 2501-140)	Date Profondeur Lecture 1 Lecture 2 Niveau géodésique:
CD Échantillon de roc	Silt 0,002 - 0,08 mm	Un peu 10 - 20 %	Ncorr N corrigé pour tenir compte du diamètre non standard	
CH Chemise	Sable 0,08 - 5 mm	Adjectif (...eux) 20 - 35 %	Nc Indice de pénétration au cône (BNQ 2501-145)	
CR Carrotier à diamants	Gravier 5 - 80 mm	et (ex: et gravier) > 35 %	RQD Indice de la qualité du roc (%)	
EM Échantillon manuel	Cailloux 80 - 200 mm	mot principal Fraction dominante		
TA Échantillon de tarière	Blocs > 200 mm			
PA Paroi				

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON	CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES SOLS	INDICE DE QUALITÉ DU ROC	ESPACEMENT DES DISCONTINUITÉS
Remanié	COMPACTITÉ	QUALIFICATIF	RQD
Intact (tube à parois minces)	Très lâche	Très mauvais	< 25 %
Perdu	Lâche	Mauvaise	25 - 50 %
Carotté (forage au diamant)	Compacte	Moyenne	50 - 75 %
	Dense	Bonne	75 - 90 %
	Très dense	Excellente	90 - 100 %
	INDICE "N"	Cu OU Su (kPa)	Très serré < 20 mm
	0 - 4	< 12	Serré 20 - 60 mm
	4 - 10	12 - 25	Rapproché 60 - 200 mm
	10 - 30	25 - 50	Moyennement espacé 200 - 600 mm
	30 - 50	50 - 100	Espacé 600 - 2000 mm
	> 50	100 - 200	Très espacé 2000 - 6000 mm
	CONSISTANCE	Dure	Éloigné > 6000 mm
	Très molle		
	Molle		
	Ferme		
	Raide		
	Très raide		



Remarques générales: Saturé à 1,00 m de profondeur à partir du plancher du dépôt.

Vérifié par: 
 S. Graveline, ing.
 Date: 2019-10-30

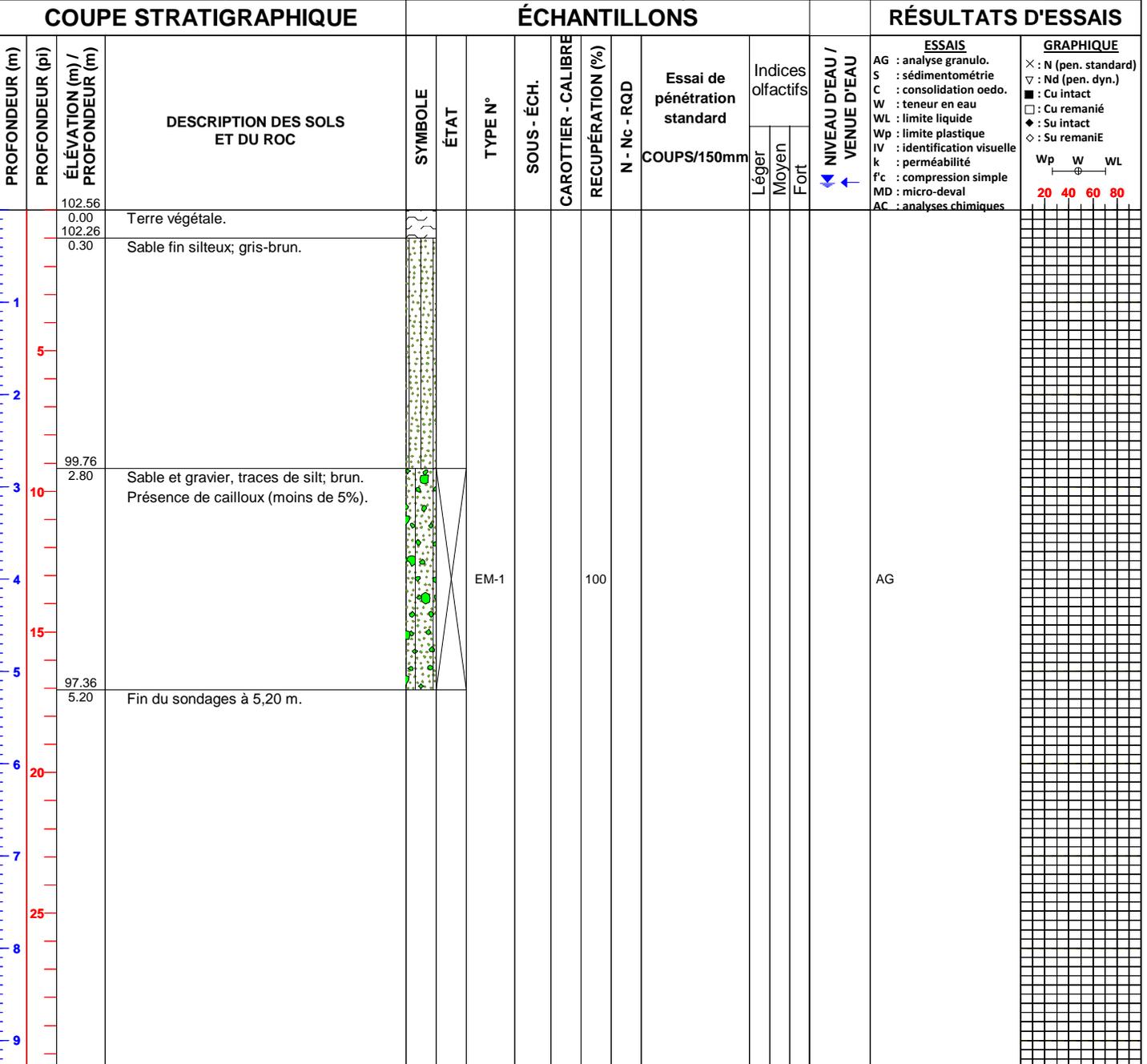
Projet: **Caractérisation de bancs d'emprunt, projet de recharge de plage à Pointe-aux-Outardes**
 Client: **Village de Pointe-aux-Outardes**
 Site: **20-A (SIGÉOM)**
 N./réf.: **F1901477-001**
 Figure: **LOCALISATION DES SONDAGES**

Localisation:
 X: **555681.324**
 Y: **5469655.266**
 Type de sondage: **TRANCHÉE D'EXPLORATION**
 Équipement: **Pelle mécanique**
 Tubage: Échantillonneur:

N° sondage: **20-A**
 Page: **1 de 1**
 Date début: **2019-10-09**
 Technicien: **Simon Marois, tech. sr**
 Profondeur: **5.20 m**
 Élévation LIDAR : **102.56 m**

TYPE D'ÉCHANTILLON	TERMINOLOGIE QUALITATIVE	TERMINOLOGIE QUANTITATIVE	SYMBOLES	EAUX SOUTERRAINES (M)
CF Cuillère fendue CD Échantillon de roc CH Chemise CR Carrotier à diamants EM Échantillon manuel TA Échantillon de tarière PA Paroi	Argile < 0,002 mm Silt 0,002 - 0,08 mm Sable 0,08 - 5 mm Gravier 5 - 80 mm Cailloux 80 - 200 mm Blocs > 200 mm	Traces < 10 % Un peu 10 - 20 % Adjectif (...eux) 20 - 35 % et (ex: et gravier) > 35 % Fraction dominante mot principal	Nspt Indice de pénétration standard (BNQ 2501-140) Ncorr N corrigé pour tenir compte du diamètre non standard Nc Indice de pénétration au cône (BNQ 2501-145) RQD Indice de la qualité du roc (%)	Date Profondeur Lecture 1 Lecture 2 Niveau géodésique:

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON	CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES SOLS	INDICE DE QUALITÉ DU ROC	ESPACEMENT DES DISCONTINUITÉS
<input type="checkbox"/> Remanié <input type="checkbox"/> Intact (tube à parois minces) <input type="checkbox"/> Perdu <input type="checkbox"/> Carotté (forage au diamant)	COMPACTITÉ Très lâche Lâche Compacte Dense Très dense	INDICE "N" 0 - 4 4 - 10 10 - 30 30 - 50 > 50 CONSISTANCE Très molle Molle Ferme Raide Très raide Dure Cu OU Su (kPa) < 12 12 - 25 25 - 50 50 - 100 100 - 200 > 200	QUALIFICATIF Très mauvais Mauvaise Moyenne Bonne Excellente RQD < 25 % 25 - 50 % 50 - 75 % 75 - 90 % 90 - 100 % Très serré < 20 mm Serré 20 - 60 mm Rapproché 60 - 200 mm Moyennement espacé 200 - 600 mm Espacé 600 - 2000 mm Très espacé 2000 - 6000 mm Éloigné > 6000 mm



Remarques générales: _____
 Vérifié par: S. Graveline, ing.
 Date: 2019-10-30

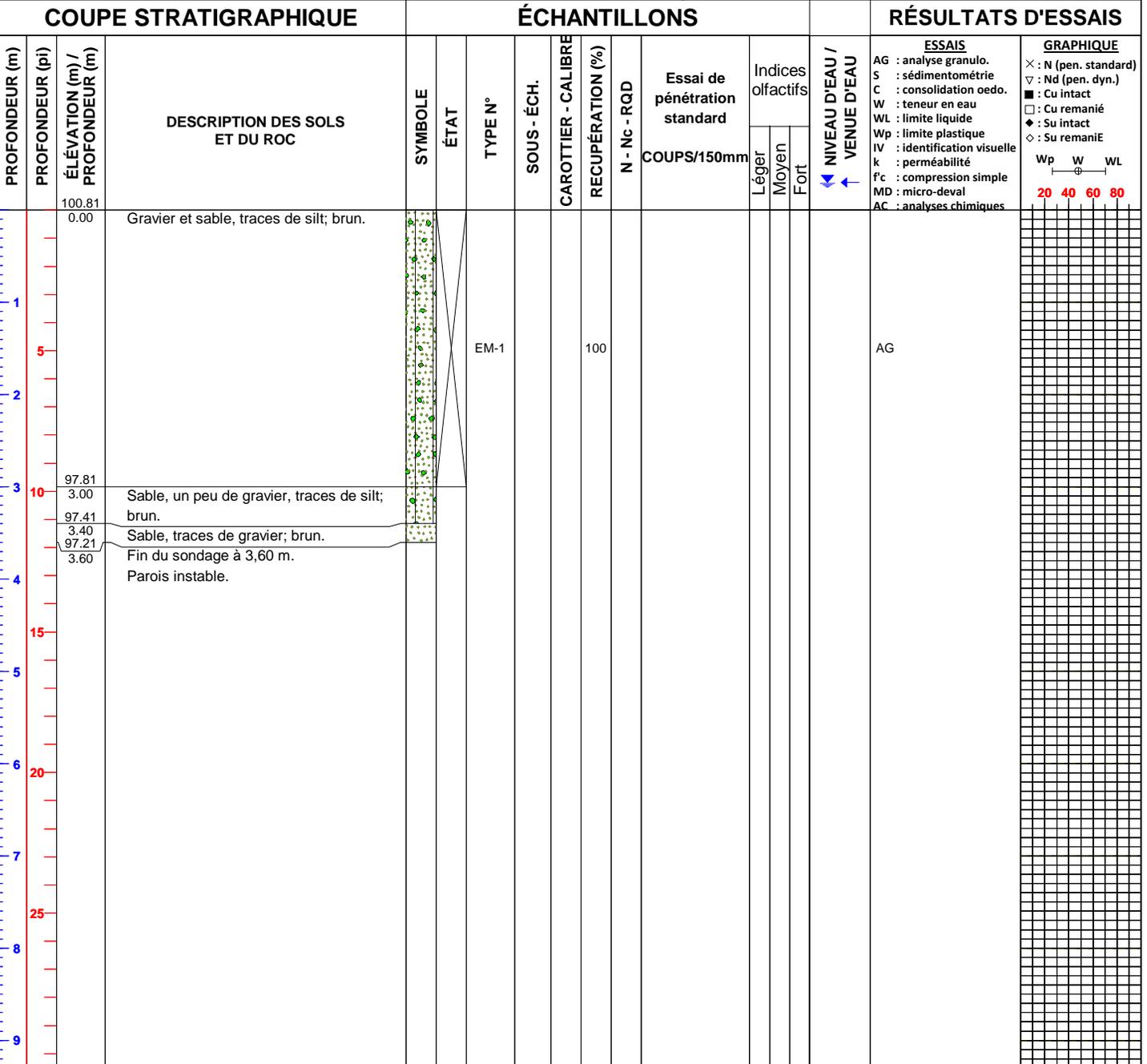
Projet: **Caractérisation de bancs d'emprunt, projet de recharge de plage à Pointe-aux-Outardes**
 Client: **Village de Pointe-aux-Outardes**
 Site: **20-B (SIGÉOM)**
 N./réf.: **F1901477-001**
 Figure: **LOCALISATION DES SONDAGES**

Localisation:
 X: **555653.045**
 Y: **5469644.861**
 Type de sondage: **TRANCHÉE D'EXPLORATION**
 Équipement: **Pelle mécanique**
 Tubage: Échantillonneur:

N° sondage: **20-B**
 Page: **1 de 1**
 Date début: **2019-10-09**
 Technicien: **Simon Marois, tech. sr**
 Profondeur: **3.60 m**
 Élévation LIDAR : **100.81 m**

TYPE D'ÉCHANTILLON	TERMINOLOGIE QUALITATIVE	TERMINOLOGIE QUANTITATIVE	SYMBOLES	EAUX SOUTERRAINES (M)
CF Cuillère fendue	Argile < 0,002 mm	Traces < 10 %	Nspt Indice de pénétration standard (BNQ 2501-140)	Date Profondeur Lecture 1 Lecture 2 Niveau géodésique:
CD Échantillon de roc	Silt 0,002 - 0,08 mm	Un peu 10 - 20 %	Ncorr N corrigé pour tenir compte du diamètre non standard	
CH Chemise	Sable 0,08 - 5 mm	Adjectif (...eux) 20 - 35 %	Nc Indice de pénétration au cône (BNQ 2501-145)	
CR Carrotier à diamants	Gravier 5 - 80 mm	et (ex: et gravier) > 35 %	RQD Indice de la qualité du roc (%)	
EM Échantillon manuel	Cailloux 80 - 200 mm	Fraction dominante		
TA Échantillon de tarière	Blocs > 200 mm			
PA Paroi				

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON	CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES SOLS	INDICE DE QUALITÉ DU ROC	ESPACEMENT DES DISCONTINUITÉS
Remanié Intact (tube à parois minces) Perdu Carotté (forage au diamant)	COMPACTITÉ Très lâche Lâche Compacte Dense Très dense	INDICE "N" 0 - 4 4 - 10 10 - 30 30 - 50 > 50	CONSISTANCE Très molle Molle Ferme Raide Très raide Dure
		Cu OU Su (kPa) < 12 12 - 25 25 - 50 50 - 100 100 - 200 > 200	QUALIFICATIF Très mauvais Mauvaise Moyenne Bonne Excellente
		RQD < 25 % 25 - 50 % 50 - 75 % 75 - 90 % 90 - 100 %	Très serré Serré Rapproché Moyennement espacé Espacé Très espacé Éloigné



Remarques générales: _____

Vérifié par: S. Graveline, ing.
 Date: 2019-10-30

Projet: **Caractérisation de bancs d'emprunt, projet de recharge de plage à Pointe-aux-Outardes**
 Client: **Village de Pointe-aux-Outardes**
 Site: **20-C (SIGÉOM)**
 N./réf.: **F1901477-001**
 Figure: **LOCALISATION DES SONDAGES**

Localisation:
 X: **555656.854**
 Y: **5469627.222**
 Type de sondage: **TRANCHÉE D'EXPLORATION**
 Équipement: **Pelle mécanique**
 Tubage: Échantillonneur:

N° sondage: **20-C**
 Page: **1 de 1**
 Date début: **2019-10-09**
 Technicien: **Simon Marois, tech. sr**
 Profondeur: **3.60 m**
 Élévation LIDAR : **102.76 m**

TYPE D'ÉCHANTILLON	TERMINOLOGIE QUALITATIVE	TERMINOLOGIE QUANTITATIVE	SYMBOLES	EAUX SOUTERRAINES (M)
CF Cuillère fendue CD Échantillon de roc CH Chemise CR Carrotier à diamants EM Échantillon manuel TA Échantillon de tarière PA Paroi	Argile < 0,002 mm Silt 0,002 - 0,08 mm Sable 0,08 - 5 mm Gravier 5 - 80 mm Cailloux 80 - 200 mm Blocs > 200 mm	Traces < 10 % Un peu 10 - 20 % Adjectif (...eux) 20 - 35 % et (ex: et gravier) > 35 % Fraction dominante mot principal	Nspt Indice de pénétration standard (BNQ 2501-140) Ncorr N corrigé pour tenir compte du diamètre non standard Nc Indice de pénétration au cône (BNQ 2501-145) RQD Indice de la qualité du roc (%)	Date Profondeur Lecture 1 Lecture 2 Niveau géodésique:

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON	CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES SOLS	INDICE DE QUALITÉ DU ROC	ESPACEMENT DES DISCONTINUITÉS
Remanié Intact (tube à parois minces) Perdu Carotté (forage au diamant)	COMPACTITÉ Très lâche Lâche Compacte Dense Très dense	INDICE "N" 0 - 4 4 - 10 10 - 30 30 - 50 > 50	CONSISTANCE Très molle Molle Ferme Raide Très raide Dure

COUPE STRATIGRAPHIQUE ÉCHANTILLONS RÉSULTATS D'ESSAIS

PROFONDEUR (m)	PROFONDEUR (pi)	ÉLÉVATION (m) / PROFONDEUR (m)	DESCRIPTION DES SOLS ET DU ROC	SYMBOLE	ÉTAT	TYPE N°	SOUS-ÉCH.	CAROTTIER - CALIBRE	RECUPÉRATION (%)	N - Nc - RQD	Essai de pénétration standard	Indices olfactifs			NIVEAU D'EAU / VENUE D'EAU	ESSAIS	GRAPHIQUE
												Léger	Moyen	Fort			
		102.76															
		0.00	Sable et terre végétale.														
		102.46															
		0.30	Sable, traces de silt et de gravier; brun.														
1																	
		101.16															
		1.60	Sable et gravier, traces de silt; brun. Présence de cailloux (moins de 5%).														
2																	
		99.16															
		3.60	Fin du sondage à 3,60 m.														
3																	
		10															
		15															
		20															
		25															
		30															
		35															
		40															
		45															
		50															
		55															
		60															
		65															
		70															
		75															
		80															
		85															
		90															
		95															
		100															

Remarques générales: _____
 Vérifié par:
 S. Graveline, ing.
 Date: 2019-10-30

Projet: **Caractérisation de bancs d'emprunt, projet de recharge de plage à Pointe-aux-Outardes**
 Client: **Village de Pointe-aux-Outardes**
 Site: **21-A (SIGÉOM)**
 N./réf.: **F1901477-001**
 Figure: **LOCALISATION DES SONDAGES**

Localisation:
 X: **555863.486**
 Y: **5467295.051**
 Type de sondage: **TRANCHÉE D'EXPLORATION**
 Équipement: **Pelle mécanique**
 Tubage: Échantillonneur:

N° sondage: **21-A**
 Page: **1 de 2**
 Date début: **2019-10-09**
 Technicien: **Simon Marois, tech. sr**
 Profondeur: **11.00 m**
 Élévation LIDAR : **94.03 m**

TYPE D'ÉCHANTILLON	TERMINOLOGIE QUALITATIVE	TERMINOLOGIE QUANTITATIVE	SYMBOLES	EAUX SOUTERRAINES (M)
CF Cuillère fendue	Argile < 0,002 mm	Traces < 10 %	Nspt Indice de pénétration standard (BNQ 2501-140)	Date Profondeur Lecture 1 Lecture 2 Niveau géodésique:
CD Échantillon de roc	Silt 0,002 - 0,08 mm	Un peu 10 - 20 %	Ncorr N corrigé pour tenir compte du diamètre non standard	
CH Chemise	Sable 0,08 - 5 mm	Adjectif (...eux) 20 - 35 %	Nc Indice de pénétration au cône (BNQ 2501-145)	
CR Carrotier à diamants	Gravier 5 - 80 mm	et (ex: et gravier) > 35 %	RQD Indice de la qualité du roc (%)	
EM Échantillon manuel	Cailloux 80 - 200 mm	Fraction dominante		
TA Échantillon de tarière	Blocs > 200 mm			
PA Paroi				

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON	CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES SOLS	INDICE DE QUALITÉ DU ROC	ESPACEMENT DES DISCONTINUITÉS
<input type="checkbox"/> Remanié <input type="checkbox"/> Intact (tube à parois minces) <input type="checkbox"/> Perdu <input type="checkbox"/> Carotté (forage au diamant)	COMPACTITÉ Très lâche Lâche Compacte Dense Très dense	INDICE "N" 0 - 4 4 - 10 10 - 30 30 - 50 > 50	QUALIFICATIF Très mauvais Mauvaise Moyenne Bonne Excellente
	CONSISTANCE Très molle Molle Ferme Raide Très raide Dure	Cu OU Su (kPa) < 12 12 - 25 25 - 50 50 - 100 100 - 200 > 200	RQD < 25 % 25 - 50 % 50 - 75 % 75 - 90 % 90 - 100 %
			Très serré < 20 mm Serré 20 - 60 mm Rapproché 60 - 200 mm Moyennement espacé 200 - 600 mm Espacé 600 - 2000 mm Très espacé 2000 - 6000 mm Éloigné > 6000 mm

COUPE STRATIGRAPHIQUE

ÉCHANTILLONS

RÉSULTATS D'ESSAIS

PROFONDEUR (m)	PROFONDEUR (pi)	ÉLÉVATION (m) / PROFONDEUR (m)	DESCRIPTION DES SOLS ET DU ROC	SYMBOLE	ÉTAT	TYPE N°	SOUS-ÉCH.	CAROTTIER - CALIBRE	RECUPÉRATION (%)	N - Nc - RQD	Essai de pénétration standard	Indices olfactifs			NIVEAU D'EAU / VENUE D'EAU	ESSAIS	GRAPHIQUE
												Léger	Moyen	Fort			
		94.03 0.00	(Façade) Gravier et sable, traces de silt; brun. Présence de cailloux (5%) et de blocs (2%).								COUPS/150mm				AG : analyse granulo. S : sédimentométrie C : consolidation oedo. W : teneur en eau WL : limite liquide Wp : limite plastique IV : identification visuelle k : perméabilité f _c : compression simple MD : micro-deval AC : analyses chimiques	× : N (pen. standard) ∇ : Nd (pen. dyn.) ■ : Cu intact □ : Cu remanié ◆ : Su intact ◇ : Su remanié Wp W WL 20 40 60 80	
		86.03 8.00	(Plancher) Sable, un peu de gravier, traces de silt stratifié de sable; brun.							EM-1	100						

Remarques générales:

Vérifié par:

S. Graveline, ing.

Date:

2019-10-30

Projet: **Caractérisation de bancs d'emprunt, projet de recharge de plage à Pointe-aux-Outardes**
 Client: **Village de Pointe-aux-Outardes**
 Site: **21-A (SIGÉOM)**
 N./réf.: **F1901477-001**
 Figure: **LOCALISATION DES SONDAGES**

Localisation:
 X: **555863.486**
 Y: **5467295.051**
 Type de sondage: **TRANCHÉE D'EXPLORATION**
 Équipement: **Pelle mécanique**
 Tubage: Échantillonneur:

N° sondage: **21-A**
 Page: **2 de 2**
 Date début: **2019-10-09**
 Technicien: **Simon Marois, tech. sr**
 Profondeur: **11.00 m**
 Élévation LIDAR : **94.03 m**

TYPE D'ÉCHANTILLON	TERMINOLOGIE QUALITATIVE	TERMINOLOGIE QUANTITATIVE	SYMBOLES	EAUX SOUTERRAINES (M)
CF Cuillère fendue	Argile < 0,002 mm	Traces < 10 %	Nspt Indice de pénétration standard (BNQ 2501-140)	Date Profondeur Lecture 1 Lecture 2 Niveau géodésique:
CD Échantillon de roc	Silt 0,002 - 0,08 mm	Un peu 10 - 20 %	Ncorr N corrigé pour tenir compte du diamètre non standard	
CH Chemise	Sable 0,08 - 5 mm	Adjectif (...eux) 20 - 35 %	Nc Indice de pénétration au cône (BNQ 2501-145)	
CR Carrotier à diamants	Gravier 5 - 80 mm	et (ex: et gravier) > 35 %	RQD Indice de la qualité du roc (%)	
EM Échantillon manuel	Cailloux 80 - 200 mm	Fraction dominante		
TA Échantillon de tarière	Blocs > 200 mm			
PA Paroi				

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON	CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES SOLS	INDICE DE QUALITÉ DU ROC	ESPACEMENT DES DISCONTINUITÉS
Remanié Intact (tube à parois minces) Perdu Carotté (forage au diamant)	COMPACTITÉ Trés lâche Lâche Compacte Dense Trés dense	INDICE "N" 0 - 4 4 - 10 10 - 30 30 - 50 > 50	CONSISTANCE Trés molle Molle Ferme Raide Trés raide Dure
		Cu OU Su (kPa) < 12 12 - 25 25 - 50 50 - 100 100 - 200 > 200	QUALIFICATIF Trés mauvaise Mauvaise Moyenne Bonne Excellente
		RQD < 25 % 25 - 50 % 50 - 75 % 75 - 90 % 90 - 100 %	Trés serré Serré Rapproché Moyennement espacé Espacé Trés espacé Éloigné

COUPE STRATIGRAPHIQUE

ÉCHANTILLONS

RÉSULTATS D'ESSAIS

PROFONDEUR (m)	PROFONDEUR (pi)	ÉLÉVATION (m) / PROFONDEUR (m)	DESCRIPTION DES SOLS ET DU ROC	SYMBOLE	ÉTAT	TYPE N°	SOUS-ÉCH.	CAROTTIER - CALIBRE	RECUPÉRATION (%)	N - Nc - RQD	Essai de pénétration standard COUPS/150mm	Indices olfactifs			NIVEAU D'EAU / VENUE D'EAU	ESSAIS	GRAPHIQUE
												Léger	Moyen	Fort			
10																	
35																	
11		83.03 11.00	Fin du sondage à 11 m.														
12																	
40																	
13																	
45																	
14																	
50																	
15																	
55																	
16																	
17																	
18																	
60																	

Remarques générales:

Vérifié par:

S. Graveline, ing.

Date:

2019-10-30

Projet: **Caractérisation de bancs d'emprunt, projet de recharge de plage à Pointe-aux-Outardes**
 Client: **Village de Pointe-aux-Outardes**
 Site: **21-B (SIGÉOM)**
 N./réf.: **F1901477-001**
 Figure: **LOCALISATION DES SONDAGES**

Localisation:
 X: **555865.414**
 Y: **5467284.063**
 Type de sondage: **TRANCHÉE D'EXPLORATION**
 Équipement: **Pelle mécanique**
 Tubage: **Échantillonneur:**

N° sondage: **21-B**
 Page: **1 de 1**
 Date début: **2019-10-09**
 Technicien: **Simon Marois, tech. sr**
 Profondeur: **8.00 m**
 Élévation LIDAR : **94.00 m**

TYPE D'ÉCHANTILLON	TERMINOLOGIE QUALITATIVE	TERMINOLOGIE QUANTITATIVE	SYMBOLES	EAUX SOUTERRAINES (M)
CF Cuillère fendue	Argile < 0,002 mm	Traces < 10 %	Nspt Indice de pénétration standard (BNQ 2501-140)	Date Profondeur Lecture 1 Lecture 2
CD Échantillon de roc	Silt 0,002 - 0,08 mm	Un peu 10 - 20 %	Ncorr N corrigé pour tenir compte du diamètre non standard	
CH Chemise	Sable 0,08 - 5 mm	Adjectif (...eux) 20 - 35 %	Nc Indice de pénétration au cône (BNQ 2501-145)	Niveau géodésique:
CR Carrotier à diamants	Gravier 5 - 80 mm	et (ex: et gravier) > 35 %	RQD Indice de la qualité du roc (%)	
EM Échantillon manuel	Cailloux 80 - 200 mm	Fraction dominante		
TA Échantillon de tarière	Blocs > 200 mm			
PA Paroi				

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON	CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES SOLS	INDICE DE QUALITÉ DU ROC	ESPACEMENT DES DISCONTINUITÉS
<input type="checkbox"/> Remanié <input type="checkbox"/> Intact (tube à parois minces) <input type="checkbox"/> Perdu <input type="checkbox"/> Carotté (forage au diamant)	COMPACTITÉ Très lâche 0 - 4 Lâche 4 - 10 Compacte 10 - 30 Dense 30 - 50 Très dense > 50	CONSISTANCE Très molle < 12 Molle 12 - 25 Ferme 25 - 50 Raide 50 - 100 Très raide 100 - 200 Dure > 200	QUALIFICATIF Très mauvais < 25 % Mauvaise 25 - 50 % Moyenne 50 - 75 % Bonne 75 - 90 % Excellente 90 - 100 %
		Cu OU Su (kPa) < 12 12 - 25 25 - 50 50 - 100 100 - 200 > 200	RQD Très serré < 20 mm Serré 20 - 60 mm Rapproché 60 - 200 mm Moyennement espacé 200 - 600 mm Espacé 600 - 2000 mm Très espacé 2000 - 6000 mm Éloigné > 6000 mm

COUPE STRATIGRAPHIQUE

ÉCHANTILLONS

RÉSULTATS D'ESSAIS

PROFONDEUR (m)	PROFONDEUR (pi)	ÉLÉVATION (m) / PROFONDEUR (m)	DESCRIPTION DES SOLS ET DU ROC	SYMBOLE	ÉTAT	TYPE N°	SOUS-ÉCH.	CAROTTIER - CALIBRE	RECUPÉRATION (%)	N - Nc - RQD	Essai de pénétration standard COUPS/150mm	Indices olfactifs			NIVEAU D'EAU / VENUE D'EAU	ESSAIS	GRAPHIQUE
												Léger	Moyen	Fort			
94.00	0.00		(Façade) Gravier et sable, traces de silt; brun. Présence de cailloux (moins de 5%).														
1	5																
2	10																
3	15																
4	20																
5	25																
6																	
7																	
8		86.00 / 8.00	Fin du sondage à 8,0 m.														
9																	

Remarques générales:

Vérifié par: 
 S. Graveline, ing.
 Date: 2019-10-30

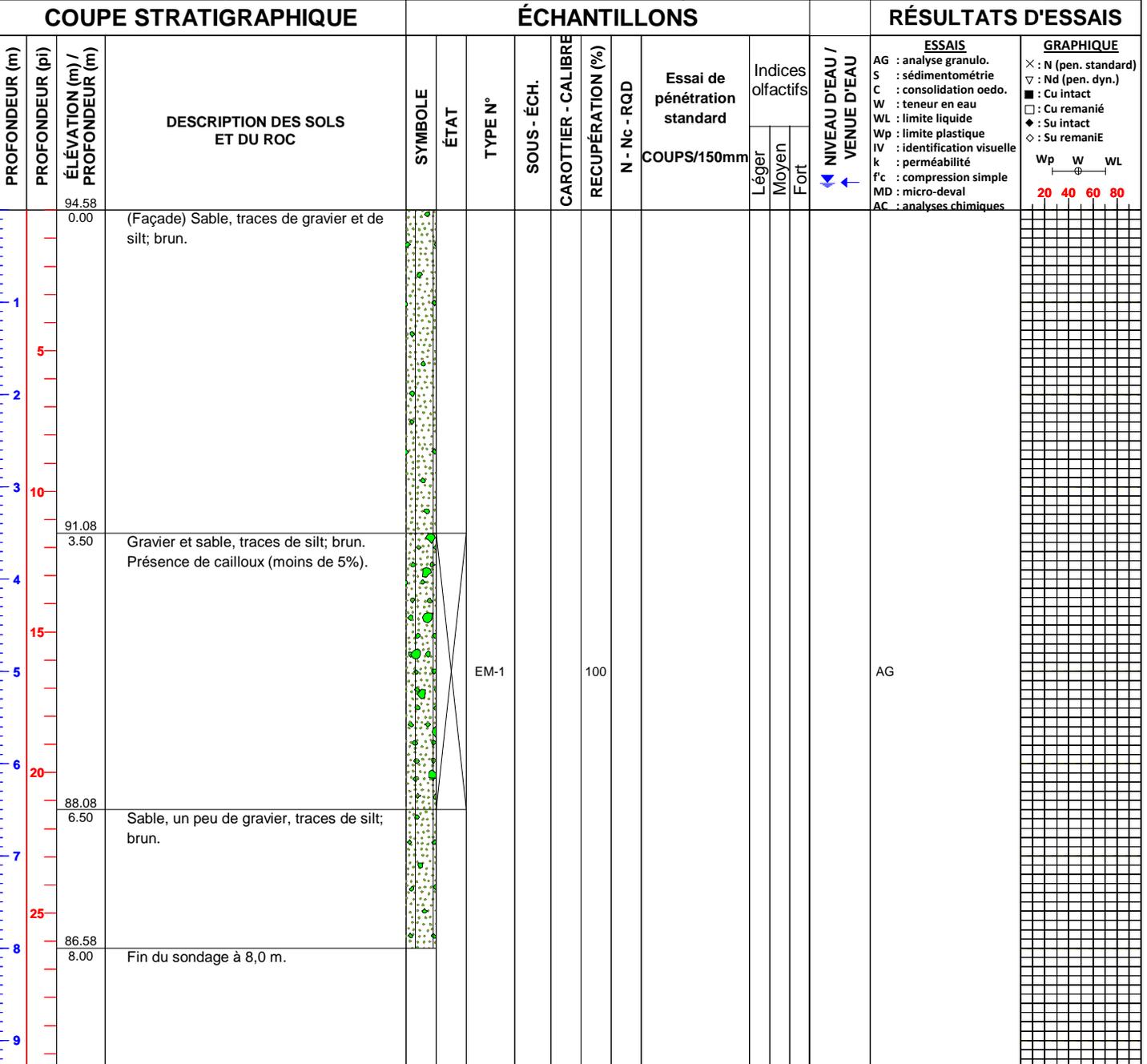
Projet: **Caractérisation de bancs d'emprunt, projet de recharge de plage à Pointe-aux-Outardes**
 Client: **Village de Pointe-aux-Outardes**
 Site: **21-C (SIGÉOM)**
 N./réf.: **F1901477-001**
 Figure: **LOCALISATION DES SONDAGES**

Localisation:
 X: **555867.211**
 Y: **5467264.514**
 Type de sondage: **TRANCHÉE D'EXPLORATION**
 Équipement: **Pelle mécanique**
 Tubage: Échantillonneur:

N° sondage: **21-C**
 Page: **1 de 1**
 Date début: **2019-10-09**
 Technicien: **Simon Marois, tech. sr**
 Profondeur: **8.00 m**
 Élévation LIDAR : **94.58 m**

TYPE D'ÉCHANTILLON	TERMINOLOGIE QUALITATIVE	TERMINOLOGIE QUANTITATIVE	SYMBOLES	EAUX SOUTERRAINES (M)
CF Cuillère fendue	Argile < 0,002 mm	Traces < 10 %	Nspt Indice de pénétration standard (BNQ 2501-140)	Date Profondeur
CD Échantillon de roc	Silt 0,002 - 0,08 mm	Un peu 10 - 20 %	Ncorr N corrigé pour tenir compte du diamètre non standard	
CH Chemise	Sable 0,08 - 5 mm	Adjectif (...eux) 20 - 35 %	Nc Indice de pénétration au cône (BNQ 2501-145)	Lecture 1 Lecture 2
CR Carrotier à diamants	Gravier 5 - 80 mm	et (ex: et gravier) > 35 %	Nc Indice de pénétration au cône (BNQ 2501-145)	Niveau géodésique:
EM Échantillon manuel	Cailloux 80 - 200 mm	mot principal Fraction dominante	RQD Indice de la qualité du roc (%)	
TA Échantillon de tarière	Blocs > 200 mm			
PA Paroi				

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON	CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES SOLS	INDICE DE QUALITÉ DU ROC	ESPACEMENT DES DISCONTINUITÉS
Remanié	COMPACTITÉ	INDICE "N"	QUALIFICATIF
Intact (tube à parois minces)	Très lâche	0 - 4	Très mauvais
Perdu	Lâche	4 - 10	Mauvaise
Carotté (forage au diamant)	Compacte	10 - 30	Moyenne
	Dense	30 - 50	Bonne
	Très dense	> 50	Excellente
			RQD
			Très serré < 20 mm
			Serré 20 - 60 mm
			Rapproché 60 - 200 mm
			Moyennement espacé 200 - 600 mm
			Espacé 600 - 2000 mm
			Très espacé 2000 - 6000 mm
			Éloigné > 6000 mm



Remarques générales: _____

Vérifié par: S. Graveline, ing.
 Date: 2019-10-30

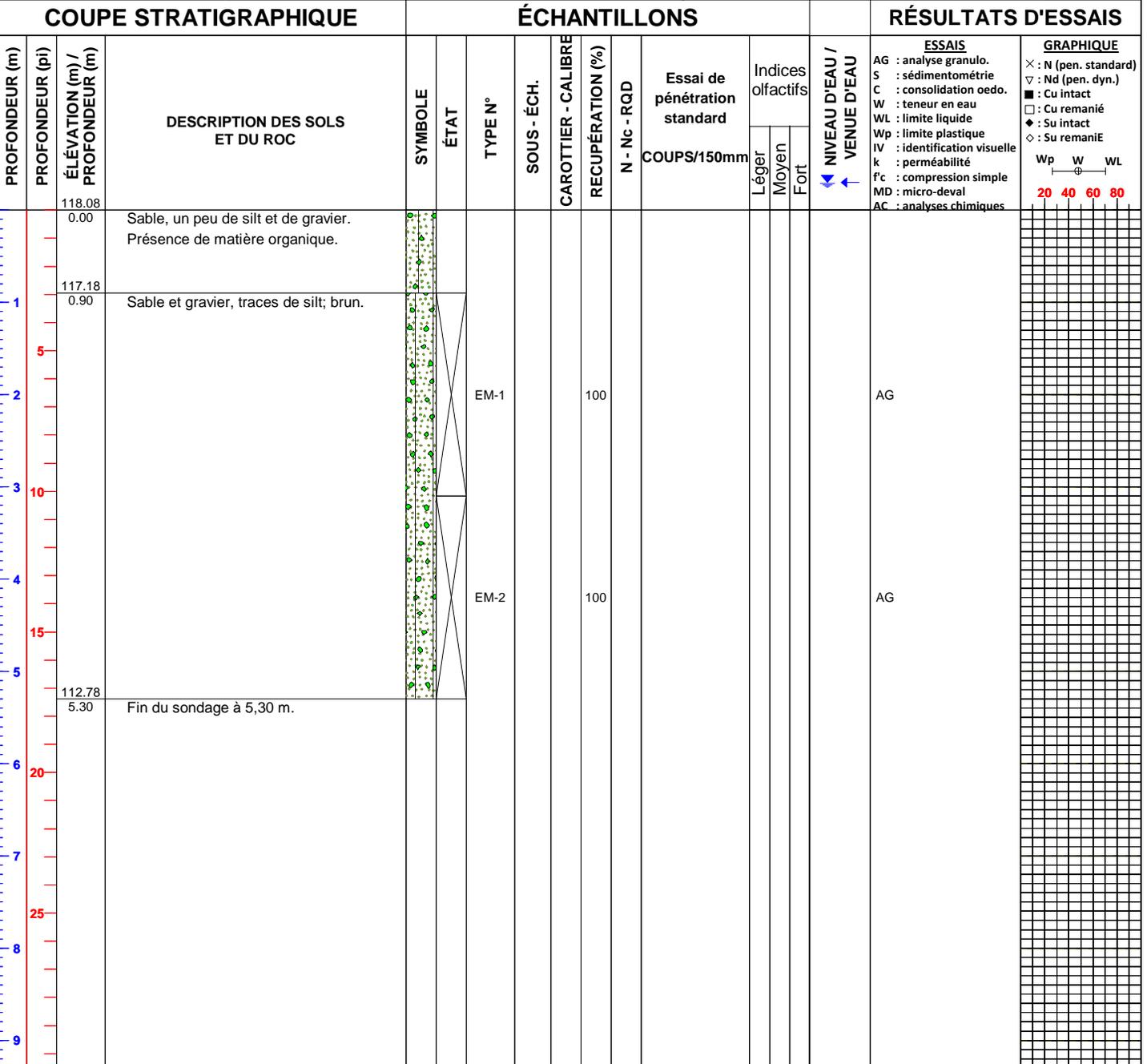
Projet: **Caractérisation de bancs d'emprunt, projet de recharge de plage à Pointe-aux-Outardes**
 Client: **Village de Pointe-aux-Outardes**
 Site: **28-A (SIGÉOM)**
 N./réf.: **F1901477-001**
 Figure: **LOCALISATION DES SONDAGES**

Localisation:
 X: **544377.823**
 Y: **5460958.655**
 Type de sondage: **TRANCHÉE D'EXPLORATION**
 Équipement: **Pelle mécanique**
 Tubage: Échantillonneur:

N° sondage: **28-A**
 Page: **1 de 1**
 Date début: **2019-10-08**
 Technicien: **Simon Marois, tech. sr**
 Profondeur: **5.30 m**
 Élévation LIDAR : **118.08 m**

TYPE D'ÉCHANTILLON	TERMINOLOGIE QUALITATIVE	TERMINOLOGIE QUANTITATIVE	SYMBOLES	EAUX SOUTERRAINES (M)
CF Cuillère fendue	Argile < 0,002 mm	Traces < 10 %	Nspt Indice de pénétration standard (BNQ 2501-140)	Date Profondeur Lecture 1 Lecture 2 Niveau géodésique:
CD Échantillon de roc	Silt 0,002 - 0,08 mm	Un peu 10 - 20 %	Ncorr N corrigé pour tenir compte du diamètre non standard	
CH Chemise	Sable 0,08 - 5 mm	Adjectif (...eux) 20 - 35 %	Nc Indice de pénétration au cône (BNQ 2501-145)	
CR Carrotier à diamants	Gravier 5 - 80 mm	et (ex: et gravier) > 35 %	RQD Indice de la qualité du roc (%)	
EM Échantillon manuel	Cailloux 80 - 200 mm	mot principal Fraction dominante		
TA Échantillon de tarière	Blocs > 200 mm			
PA Paroi				

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON	CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES SOLS	INDICE DE QUALITÉ DU ROC	ESPACEMENT DES DISCONTINUITÉS
Remanié	COMPACTITÉ	INDICE "N"	QUALIFICATIF
Intact (tube à parois minces)	Très lâche	0 - 4	Très mauvais
Perdu	Lâche	4 - 10	Mauvaise
Carotté (forage au diamant)	Compacte	10 - 30	Moyenne
	Dense	30 - 50	Bonne
	Très dense	> 50	Excellente
			RQD
			Très serré < 25 %
			Serré 25 - 50 %
			Rapproché 50 - 75 %
			Moyennement espacé 75 - 90 %
			Espacé 90 - 100 %
			Très espacé > 2000 mm
			Éloigné > 6000 mm



Remarques générales: _____

Vérifié par: S. Graveline, ing.
 Date: 2019-10-30

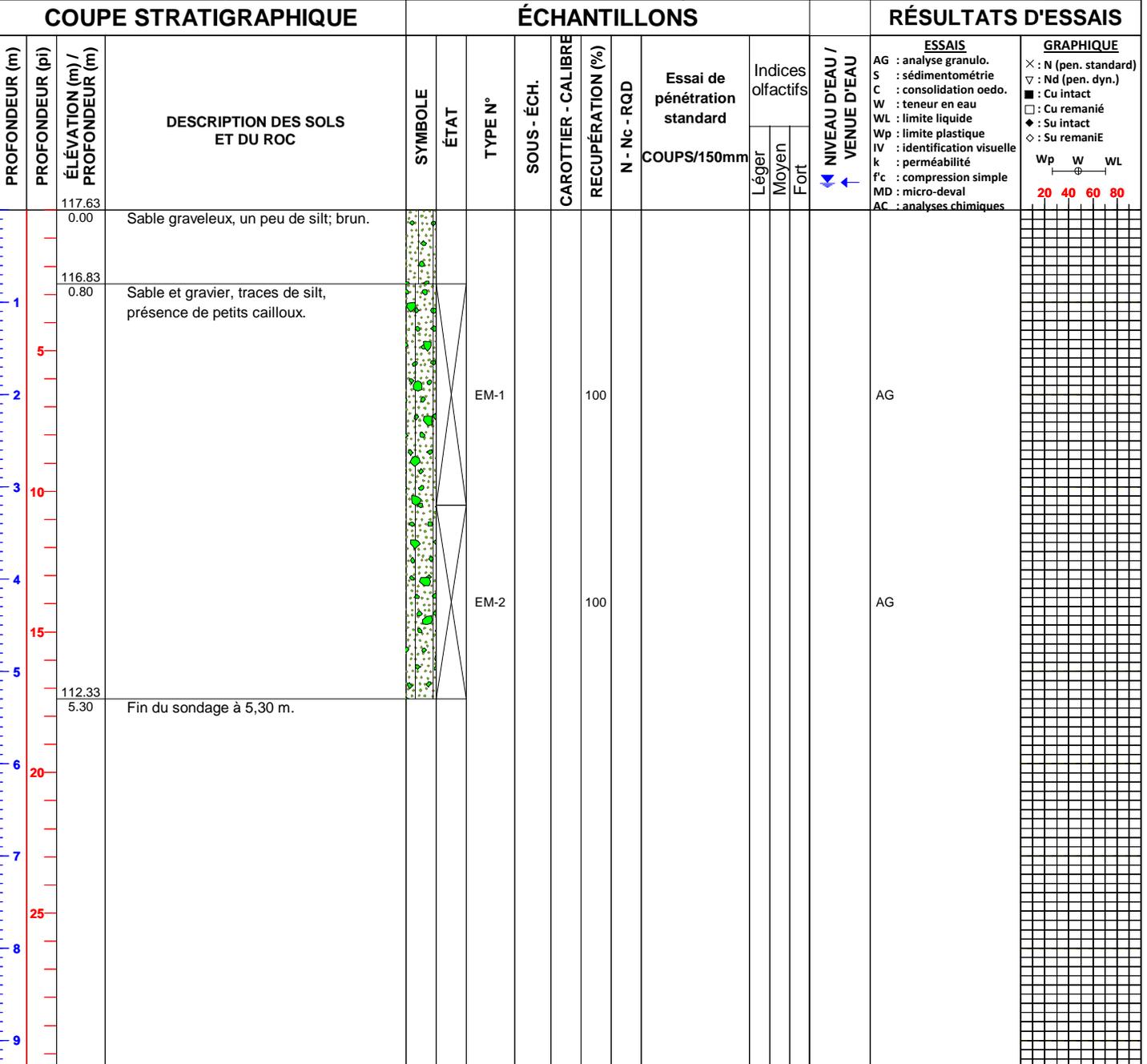
Projet: **Caractérisation de bancs d'emprunt, projet de recharge de plage à Pointe-aux-Outardes**
 Client: **Village de Pointe-aux-Outardes**
 Site: **28-B (SIGÉOM)**
 N./réf.: **F1901477-001**
 Figure: **LOCALISATION DES SONDAGES**

Localisation:
 X: **544331.244**
 Y: **5460928.483**
 Type de sondage: **TRANCHÉE D'EXPLORATION**
 Équipement: **Pelle mécanique**
 Tubage: Échantillonneur:

N° sondage: **28-B**
 Page: **1 de 1**
 Date début: **2019-10-08**
 Technicien: **Simon Marois, tech. sr**
 Profondeur: **5.30 m**
 Élévation LIDAR : **117.63 m**

TYPE D'ÉCHANTILLON	TERMINOLOGIE QUALITATIVE	TERMINOLOGIE QUANTITATIVE	SYMBOLES	EAUX SOUTERRAINES (M)
CF Cuillère fendue	Argile < 0,002 mm	Traces < 10 %	Nspt Indice de pénétration standard (BNQ 2501-140)	Date Profondeur
CD Échantillon de roc	Silt 0,002 - 0,08 mm	Un peu 10 - 20 %	Ncorr N corrigé pour tenir compte du diamètre non standard	
CH Chemise	Sable 0,08 - 5 mm	Adjectif (...eux) 20 - 35 %	Nc Indice de pénétration au cône (BNQ 2501-145)	Lecture 1 Lecture 2
CR Carrotier à diamants	Gravier 5 - 80 mm	et (ex: et gravier) > 35 %	RQD Indice de la qualité du roc (%)	Niveau géodésique:
EM Échantillon manuel	Cailloux 80 - 200 mm	Fraction dominante		
TA Échantillon de tarière	Blocs > 200 mm			
PA Paroi				

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON	CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES SOLS	INDICE DE QUALITÉ DU ROC	ESPACEMENT DES DISCONTINUITÉS
Remanié	COMPACTITÉ	INDICE "N"	QUALIFICATIF
Intact (tube à parois minces)	Très lâche	0 - 4	Très mauvais
Perdu	Lâche	4 - 10	Mauvaise
Carotté (forage au diamant)	Compacte	10 - 30	Moyenne
	Dense	30 - 50	Bonne
	Très dense	> 50	Excellente
	CONSISTANCE	Très molle	Très serré
		Molle	Serré
		Ferme	Rapproché
		Raide	Moyennement espacé
		Très raide	Espacé
		Dure	Très espacé
			Éloigné



Remarques générales: _____

Vérifié par: S. Graveline, ing.
 Date: 2019-10-30

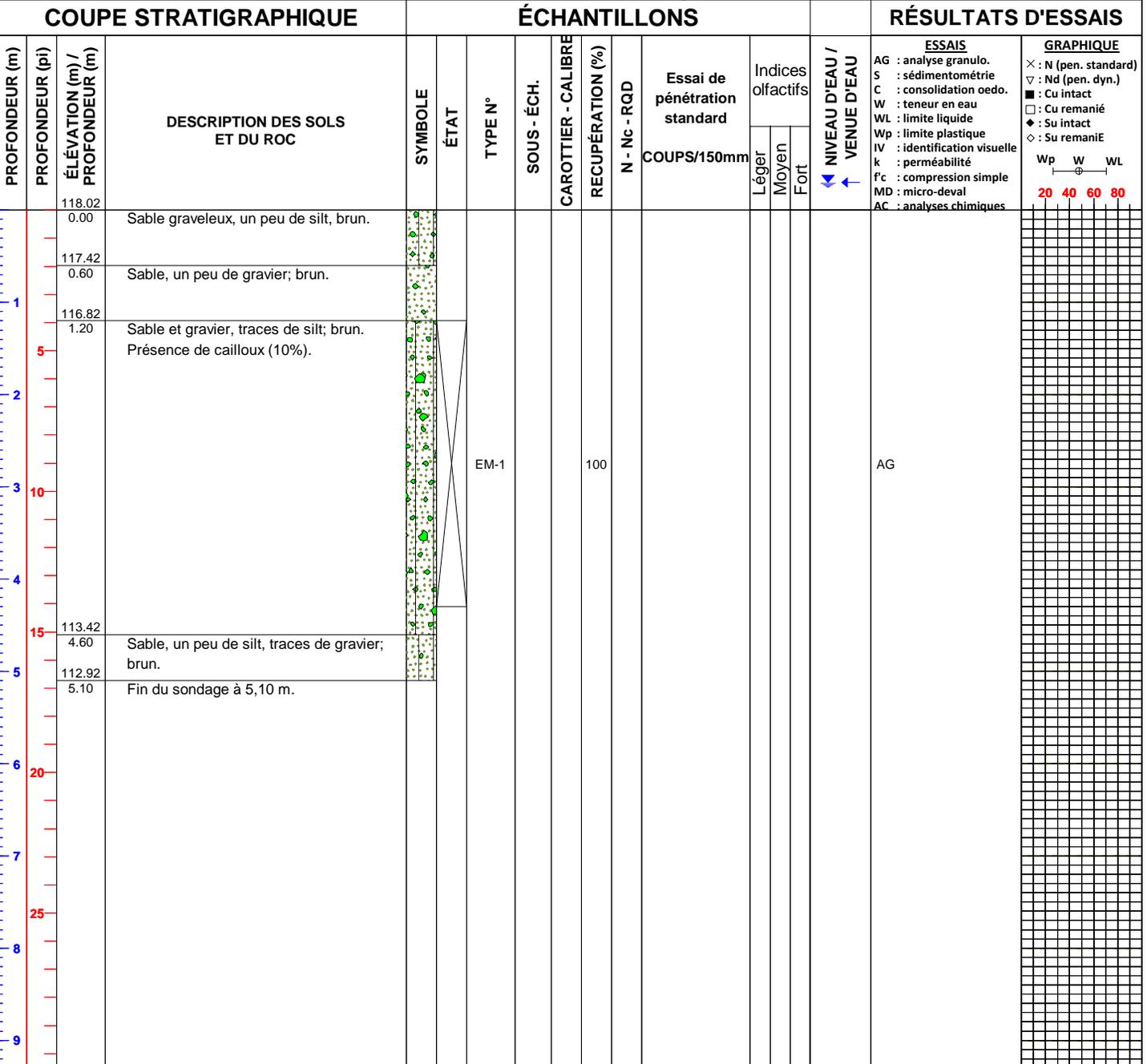
Projet: **Caractérisation de bancs d'emprunt, projet de recharge de plage à Pointe-aux-Outardes**
 Client: **Village de Pointe-aux-Outardes**
 Site: **28-C (SIGÉOM)**
 N./réf.: **F1901477-001**
 Figure: **LOCALISATION DES SONDAGES**

Localisation:
 X: **544270.239**
 Y: **5460910.870**
 Type de sondage: **TRANCHÉE D'EXPLORATION**
 Équipement: **Pelle mécanique**
 Tubage: **Échantillonneur:**

N° sondage: **28-C**
 Page: **1 de 1**
 Date début: **2019-10-08**
 Technicien: **Simon Marois, tech. sr**
 Profondeur: **5.10 m**
 Élévation LIDAR : **118.02 m**

TYPE D'ÉCHANTILLON	TERMINOLOGIE QUALITATIVE	TERMINOLOGIE QUANTITATIVE	SYMBOLES	EAUX SOUTERRAINES (M)
CF Cuillère fendue	Argile < 0,002 mm	Traces < 10 %	Nspt Indice de pénétration standard (BNQ 2501-140)	Date: _____ Profondeur: _____ Lecture 1: _____ Lecture 2: _____ Niveau géodésique: _____
CD Échantillon de roc	Silt 0,002 - 0,08 mm	Un peu 10 - 20 %	Ncorr N corrigé pour tenir compte du diamètre non standard	
CH Chemise	Sable 0,08 - 5 mm	Adjectif (...eux) 20 - 35 %	Nc Indice de pénétration au cône (BNQ 2501-145)	
CR Carrotier à diamants	Gravier 5 - 80 mm	et (ex: et gravier) > 35 %	RQD Indice de la qualité du roc (%)	
EM Échantillon manuel	Cailloux 80 - 200 mm	mot principal Fraction dominante		
TA Échantillon de tarière	Blocs > 200 mm			
PA Paroi				

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON	CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES SOLS			INDICE DE QUALITÉ DU ROC		ESPACEMENT DES DISCONTINUITÉS	
Remanié	COMPACTITÉ	INDICE "N"	CONSISTANCE	Cu OU Su (kPa)	QUALIFICATIF	RQD	Très serré < 20 mm
Intact (tube à parois minces)	Très lâche	0 - 4	Très molle	< 12	Très mauvaise	< 25 %	Serré 20 - 60 mm
Perdu	Lâche	4 - 10	Molle	12 - 25	Mauvaise	25 - 50 %	Rapproché 60 - 200 mm
Carotté (forage au diamant)	Compacte	10 - 30	Ferme	25 - 50	Moyenne	50 - 75 %	Moyennement espacé 200 - 600 mm
	Dense	30 - 50	Raide	50 - 100	Bonne	75 - 90 %	Espacé 600 - 2000 mm
	Très dense	> 50	Très raide	100 - 200	Excellente	90 - 100 %	Très espacé 2000 - 6000 mm
			Dure	> 200			Éloigné > 6000 mm



Remarques générales:

Vérifié par: 
 S. Graveline, ing.
 Date: 2019-10-30

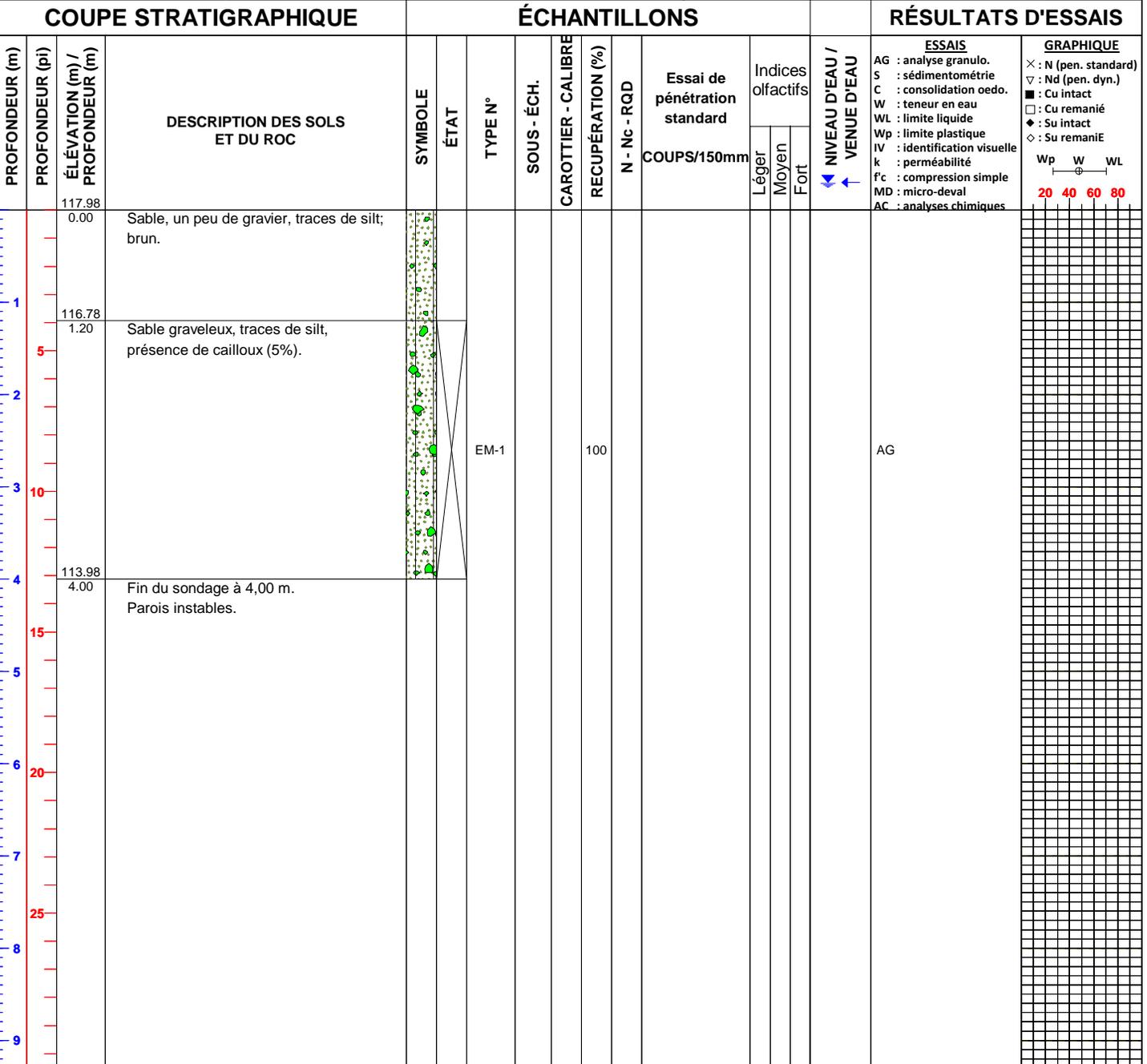
Projet: **Caractérisation de bancs d'emprunt, projet de recharge de plage à Pointe-aux-Outardes**
 Client: **Village de Pointe-aux-Outardes**
 Site: **28-D (SIGÉOM)**
 N./réf.: **F1901477-001**
 Figure: **LOCALISATION DES SONDAGES**

Localisation:
 X: **544206.938**
 Y: **5460898.464**
 Type de sondage: **TRANCHÉE D'EXPLORATION**
 Équipement: **Pelle mécanique**
 Tubage: Échantillonneur:

N° sondage: **28-D**
 Page: **1 de 1**
 Date début: **2019-10-08**
 Technicien: **Simon Marois, tech. sr**
 Profondeur: **4.00 m**
 Élévation LIDAR : **117.98 m**

TYPE D'ÉCHANTILLON	TERMINOLOGIE QUALITATIVE	TERMINOLOGIE QUANTITATIVE	SYMBOLES	EAUX SOUTERRAINES (M)
CF Cuillère fendue	Argile < 0,002 mm	Traces < 10 %	Nspt Indice de pénétration standard (BNQ 2501-140)	Date Profondeur Lecture 1 Lecture 2 Niveau géodésique:
CD Échantillon de roc	Silt 0,002 - 0,08 mm	Un peu 10 - 20 %	Ncorr N corrigé pour tenir compte du diamètre non standard	
CH Chemise	Sable 0,08 - 5 mm	Adjectif (...eux) 20 - 35 %	Nc Indice de pénétration au cône (BNQ 2501-145)	
CR Carrotier à diamants	Gravier 5 - 80 mm	et (ex: et gravier) > 35 %	RQD Indice de la qualité du roc (%)	
EM Échantillon manuel	Cailloux 80 - 200 mm	mot principal Fraction dominante		
TA Échantillon de tarière	Blocs > 200 mm			
PA Paroi				

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON	CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES SOLS	INDICE DE QUALITÉ DU ROC	ESPACEMENT DES DISCONTINUITÉS
Remanié	COMPACTITÉ	QUALIFICATIF	RQD
Intact (tube à parois minces)	Très lâche	Très mauvaise	< 25 %
Perdu	Lâche	Mauvaise	25 - 50 %
Carotté (forage au diamant)	Compacte	Moyenne	50 - 75 %
	Dense	Bonne	75 - 90 %
	Très dense	Excellente	90 - 100 %
	INDICE "N"	Cu OU Su (kPa)	Très serré < 20 mm
	0 - 4	< 12	Serré 20 - 60 mm
	4 - 10	12 - 25	Rapproché 60 - 200 mm
	10 - 30	25 - 50	Moyennement espacé 200 - 600 mm
	30 - 50	50 - 100	Espacé 600 - 2000 mm
	> 50	100 - 200	Très espacé 2000 - 6000 mm
	CONSISTANCE	Très raide	Éloigné > 6000 mm
	Très molle	Dure	



Remarques générales: _____

Vérifié par: S. Graveline, ing.
 Date: 2019-10-30

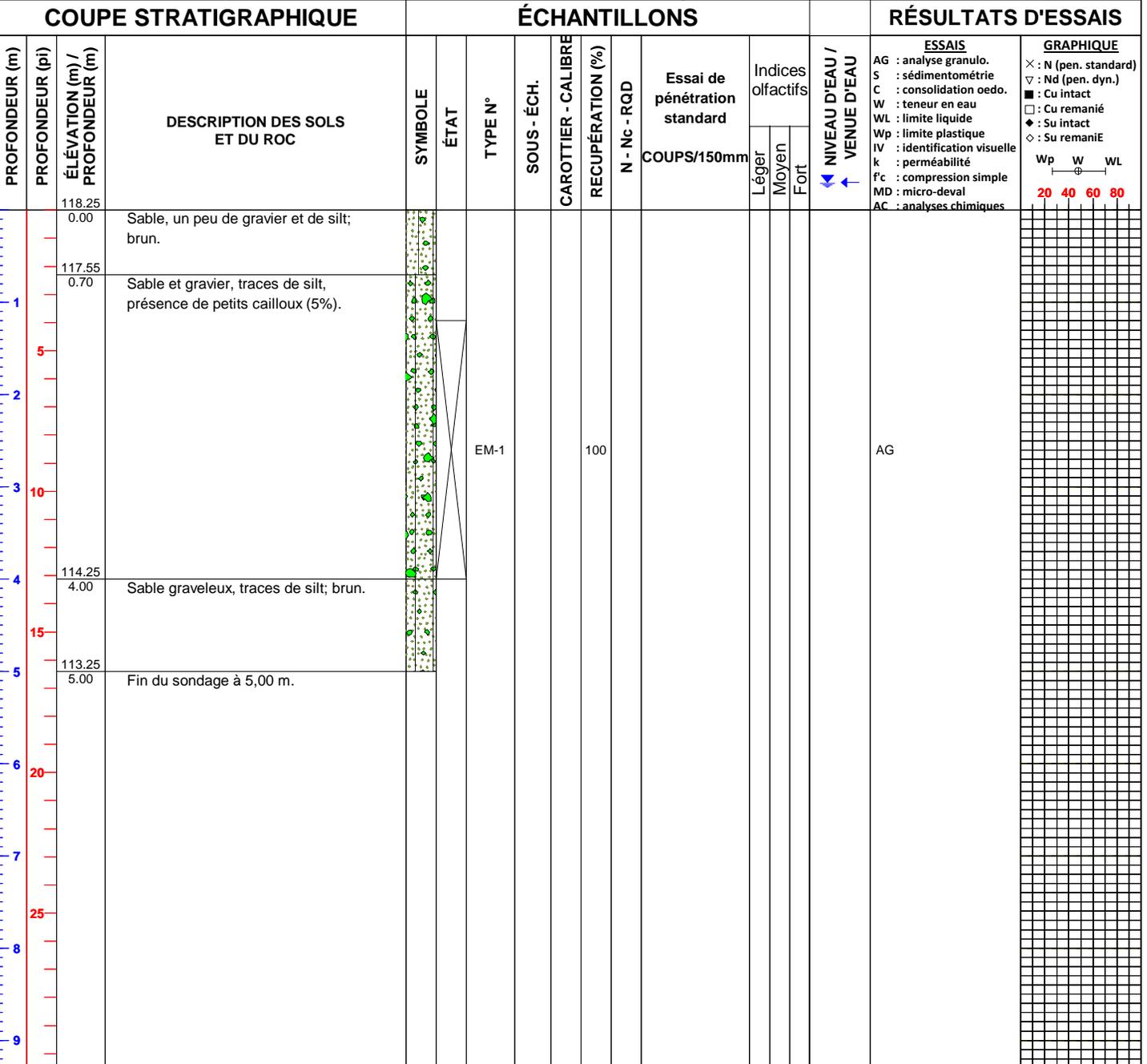
Projet: **Caractérisation de bancs d'emprunt, projet de recharge de plage à Pointe-aux-Outardes**
 Client: **Village de Pointe-aux-Outardes**
 Site: **28-E (SIGÉOM)**
 N./réf.: **F1901477-001**
 Figure: **LOCALISATION DES SONDAGES**

Localisation:
 X: **544168.050**
 Y: **5460987.649**
 Type de sondage: **TRANCHÉE D'EXPLORATION**
 Équipement: **Pelle mécanique**
 Tubage: Échantillonneur:

N° sondage: **28-E**
 Page: **1 de 1**
 Date début: **2019-10-08**
 Technicien: **Simon Marois, tech. sr**
 Profondeur: **5.00 m**
 Élévation LIDAR : **118.25 m**

TYPE D'ÉCHANTILLON	TERMINOLOGIE QUALITATIVE	TERMINOLOGIE QUANTITATIVE	SYMBOLES	EAUX SOUTERRAINES (M)
CF Cuillère fendue	Argile < 0,002 mm	Traces < 10 %	Nspt Indice de pénétration standard (BNQ 2501-140)	Date Profondeur Lecture 1 Lecture 2
CD Échantillon de roc	Silt 0,002 - 0,08 mm	Un peu 10 - 20 %	Ncorr N corrigé pour tenir compte du diamètre non standard	
CH Chemise	Sable 0,08 - 5 mm	Adjectif (...eux) 20 - 35 %	Nc Indice de pénétration au cône (BNQ 2501-145)	Niveau géodésique:
CR Carottier à diamants	Gravier 5 - 80 mm	et (ex: et gravier) > 35 %	RQD Indice de la qualité du roc (%)	
EM Échantillon manuel	Cailloux 80 - 200 mm	mot principal Fraction dominante		
TA Échantillon de tarière	Blocs > 200 mm			
PA Paroi				

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON	CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES SOLS	INDICE DE QUALITÉ DU ROC	ESPACEMENT DES DISCONTINUITÉS
Remanié	COMPACTITÉ	QUALIFICATIF	RQD
Intact (tube à parois minces)	Très lâche	Très mauvaise	< 25 %
Perdu	Lâche	Mauvaise	25 - 50 %
Carotté (forage au diamant)	Compacte	Moyenne	50 - 75 %
	Dense	Bonne	75 - 90 %
	Très dense	Excellente	90 - 100 %
	INDICE "N"	Cu OU Su (kPa)	Très serré < 20 mm
	0 - 4	< 12	Serré 20 - 60 mm
	4 - 10	12 - 25	Rapproché 60 - 200 mm
	10 - 30	25 - 50	Moyennement espacé 200 - 600 mm
	30 - 50	50 - 100	Espacé 600 - 2000 mm
	> 50	100 - 200	Très espacé 2000 - 6000 mm
	CONSISTANCE	Dure	Éloigné > 6000 mm
	Très molle		
	Molle		
	Ferme		
	Raide		
	Très raide		



Remarques générales: _____

Vérifié par: S. Graveline, ing.
 Date: 2019-10-30

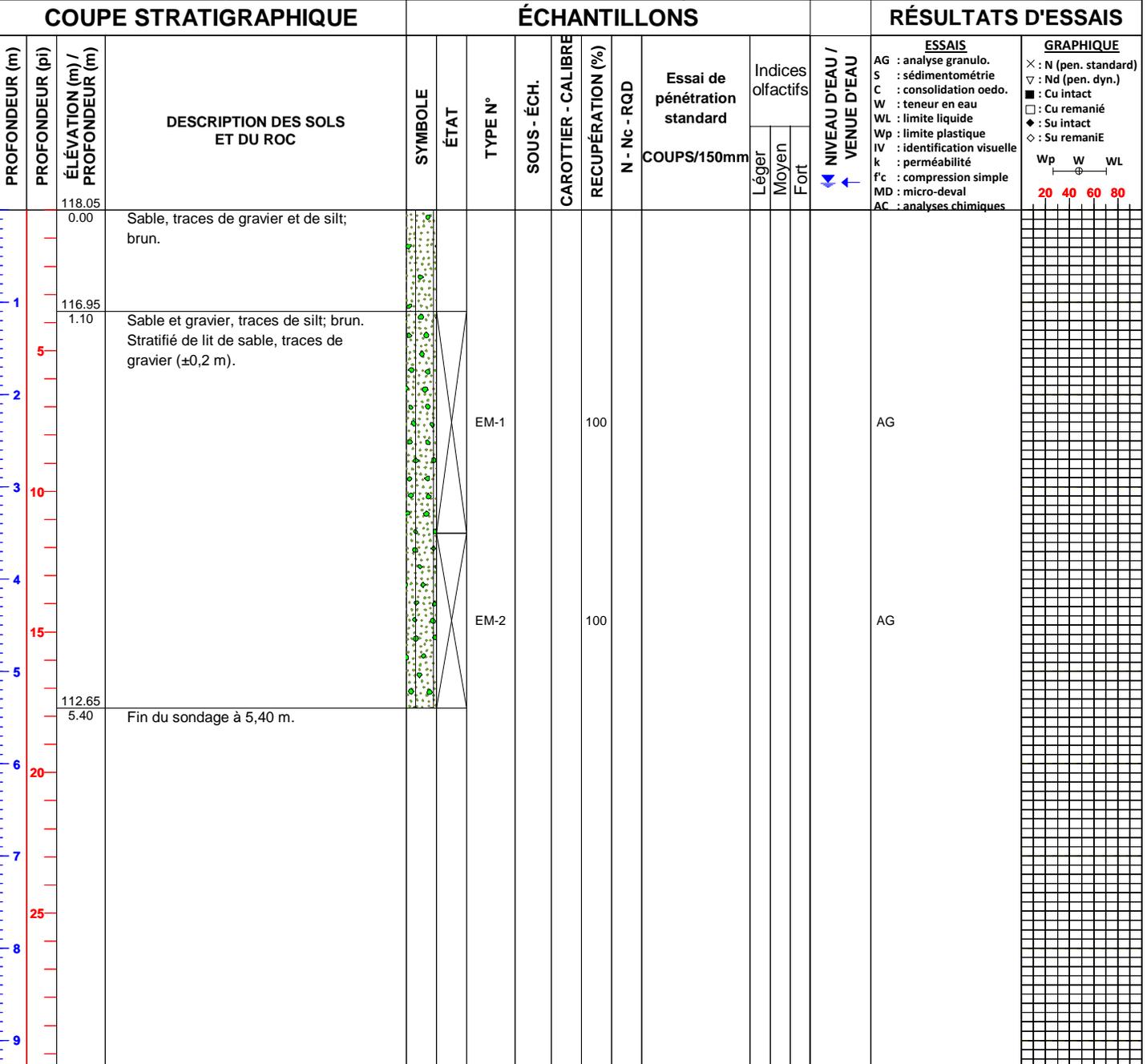
Projet: **Caractérisation de bancs d'emprunt, projet de recharge de plage à Pointe-aux-Outardes**
 Client: **Village de Pointe-aux-Outardes**
 Site: **28-F (SIGÉOM)**
 N./réf.: **F1901477-001**
 Figure: **LOCALISATION DES SONDAGES**

Localisation:
 X: **544157.861**
 Y: **5460934.536**
 Type de sondage: **TRANCHÉE D'EXPLORATION**
 Équipement: **Pelle mécanique**
 Tubage: Échantillonneur:

N° sondage: **28-F**
 Page: **1 de 1**
 Date début: **2019-10-08**
 Technicien: **Simon Marois, tech. sr**
 Profondeur: **5.40 m**
 Élévation LIDAR : **118.05 m**

TYPE D'ÉCHANTILLON	TERMINOLOGIE QUALITATIVE	TERMINOLOGIE QUANTITATIVE	SYMBOLES	EAUX SOUTERRAINES (M)
CF Cuillère fendue	Argile < 0,002 mm	Traces < 10 %	Nspt Indice de pénétration standard (BNQ 2501-140)	Date Profondeur Lecture 1 Lecture 2
CD Échantillon de roc	Silt 0,002 - 0,08 mm	Un peu 10 - 20 %	Ncorr N corrigé pour tenir compte du diamètre non standard	
CH Chemise	Sable 0,08 - 5 mm	Adjectif (...eux) 20 - 35 %	Nc Indice de pénétration au cône (BNQ 2501-145)	Niveau géodésique:
CR Carottier à diamants	Gravier 5 - 80 mm	et (ex: et gravier) > 35 %	RQD Indice de la qualité du roc (%)	
EM Échantillon manuel	Cailloux 80 - 200 mm	mot principal Fraction dominante		
TA Échantillon de tarière	Blocs > 200 mm			
PA Paroi				

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON	CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES SOLS	INDICE DE QUALITÉ DU ROC	ESPACEMENT DES DISCONTINUITÉS
Remanié	COMPACTITÉ	INDICE "N"	QUALIFICATIF
Intact (tube à parois minces)	Très lâche	0 - 4	Très mauvais
Perdu	Lâche	4 - 10	Mauvaise
Carotté (forage au diamant)	Compacte	10 - 30	Moyenne
	Dense	30 - 50	Bonne
	Très dense	> 50	Excellente
			RQD
			Très serré < 25 %
			Serré 25 - 50 %
			Rapproché 50 - 75 %
			Moyennement espacé 75 - 90 %
			Espacé 90 - 100 %
			Très espacé > 6000 mm
			Éloigné > 6000 mm



Remarques générales: _____

Vérifié par: S. Graveline, ing.
 Date: 2019-10-30

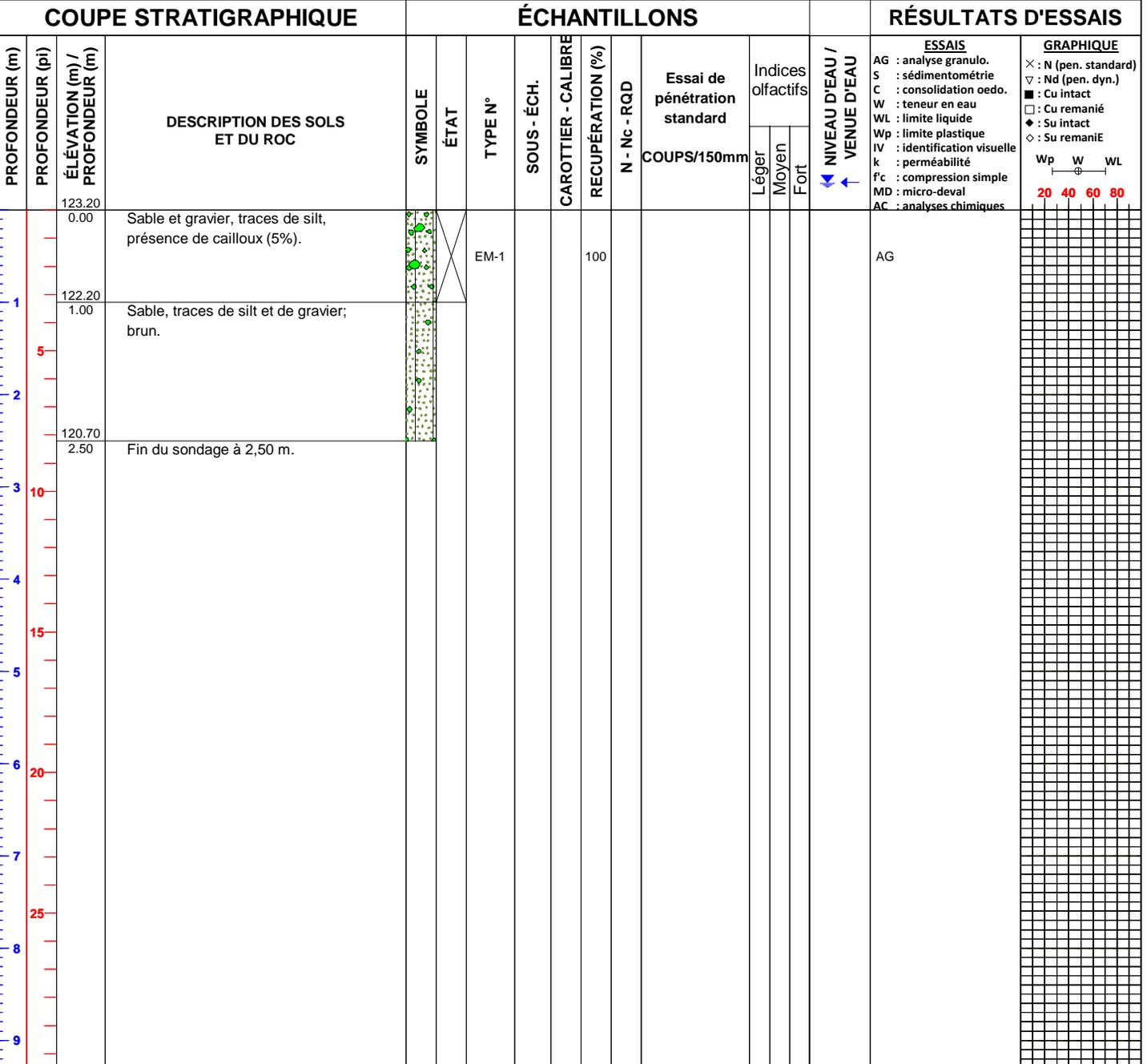
Projet: **Caractérisation de bancs d'emprunt, projet de recharge de plage à Pointe-aux-Outardes**
 Client: **Village de Pointe-aux-Outardes**
 Site: **87-A (SIGÉOM)**
 N./réf.: **F1901477-001**
 Figure: **LOCALISATION DES SONDAGES**

Localisation:
 X: **532535.647**
 Y: **5444891.084**
 Type de sondage: **TRANCHÉE D'EXPLORATION**
 Équipement: **Pelle mécanique**
 Tubage: Échantillonneur:

N° sondage: **87-A**
 Page: **1 de 1**
 Date début: **2019-10-07**
 Technicien: **Simon Marois, tech. sr**
 Profondeur: **2.50 m**
 Élévation LIDAR : **123.20 m**

TYPE D'ÉCHANTILLON	TERMINOLOGIE QUALITATIVE	TERMINOLOGIE QUANTITATIVE	SYMBOLES	EAUX SOUTERRAINES (M)
CF Cuillère fendue	Argile < 0,002 mm	Traces < 10 %	Nspt Indice de pénétration standard (BNQ 2501-140)	Date Profondeur Lecture 1 Lecture 2 Niveau géodésique:
CD Échantillon de roc	Silt 0,002 - 0,08 mm	Un peu 10 - 20 %	Ncorr N corrigé pour tenir compte du diamètre non standard	
CH Chemise	Sable 0,08 - 5 mm	Adjectif (...eux) 20 - 35 %	Nc Indice de pénétration au cône (BNQ 2501-145)	
CR Carrotier à diamants	Gravier 5 - 80 mm	et (ex: et gravier) > 35 %	RQD Indice de la qualité du roc (%)	
EM Échantillon manuel	Cailloux 80 - 200 mm	mot principal Fraction dominante		
TA Échantillon de tarière	Blocs > 200 mm			
PA Paroi				

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON	CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES SOLS	INDICE DE QUALITÉ DU ROC	ESPACEMENT DES DISCONTINUITÉS
Remanié	COMPACTITÉ	QUALIFICATIF	RQD
Intact (tube à parois minces)	INDICE "N" 0 - 4	Très mauvais	< 25 %
Perdu	Très lâche 4 - 10	Mauvaise	25 - 50 %
Carotté (forage au diamant)	Lâche 10 - 30	Moyenne	50 - 75 %
	Compacte 30 - 50	Bonne	75 - 90 %
	Dense > 50	Excellente	90 - 100 %
	Très dense	Dure	> 100 %
			Très serré < 20 mm
			Serré 20 - 60 mm
			Rapproché 60 - 200 mm
			Moyennement espacé 200 - 600 mm
			Espacé 600 - 2000 mm
			Très espacé 2000 - 6000 mm
			Éloigné > 6000 mm



Remarques générales: _____

Vérifié par: S. Graveline, ing.
 Date: 2019-10-30

Projet: **Caractérisation de bancs d'emprunt, projet de recharge de plage à Pointe-aux-Outardes**
 Client: **Village de Pointe-aux-Outardes**
 Site: **87-B (SIGÉOM)**
 N./réf.: **F1901477-001**
 Figure: **LOCALISATION DES SONDAGES**

Localisation:
 X: **532526.215**
 Y: **5444846.004**
 Type de sondage: **TRANCHÉE D'EXPLORATION**
 Équipement: **Pelle mécanique**
 Tubage: Échantillonneur:

N° sondage: **87-B**
 Page: **1 de 1**
 Date début: **2019-10-07**
 Technicien: **Simon Marois, tech. sr**
 Profondeur: **2.90 m**
 Élévation LIDAR : **122.75 m**

TYPE D'ÉCHANTILLON	TERMINOLOGIE QUALITATIVE	TERMINOLOGIE QUANTITATIVE	SYMBOLES	EAUX SOUTERRAINES (M)
CF Cuillère fendue	Argile < 0,002 mm	Traces < 10 %	Nspt Indice de pénétration standard (BNQ 2501-140)	Date Profondeur
CD Échantillon de roc	Silt 0,002 - 0,08 mm	Un peu 10 - 20 %	Ncorr N corrigé pour tenir compte du diamètre non standard	
CH Chemise	Sable 0,08 - 5 mm	Adjectif (...eux) 20 - 35 %	Nc Indice de pénétration au cône (BNQ 2501-145)	Lecture 1 Lecture 2
CR Carrotier à diamants	Gravier 5 - 80 mm	et (ex: et gravier) > 35 %	RQD Indice de la qualité du roc (%)	Niveau géodésique:
EM Échantillon manuel	Cailloux 80 - 200 mm	Fraction dominante		
TA Échantillon de tarière	Blocs > 200 mm			
PA Paroi				

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON	CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES SOLS	INDICE DE QUALITÉ DU ROC	ESPACEMENT DES DISCONTINUITÉS
Remanié	COMPACTITÉ	INDICE "N"	QUALIFICATIF
Intact (tube à parois minces)	Très lâche	0 - 4	Très serré
Perdu	Lâche	4 - 10	Serré
Carotté (forage au diamant)	Compacte	10 - 30	Rapproché
	Dense	30 - 50	Moyennement espacé
	Très dense	> 50	Espacé
			Très espacé
			Éloigné

COUPE STRATIGRAPHIQUE			ÉCHANTILLONS						RÉSULTATS D'ESSAIS						
PROFONDEUR (m)	PROFONDEUR (pi)	ÉLÉVATION (m) / PROFONDEUR (m)	DESCRIPTION DES SOLS ET DU ROC	SYMBOLE	ÉTAT	TYPE N°	SOUS-ÉCH.	CAROTTIER - CALIBRE	RECUPÉRATION (%)	N - Nc - RQD	Essai de pénétration standard	Indices olfactifs	NIVEAU D'EAU / VENUE D'EAU	ESSAIS	GRAPHIQUE
		122.75 0.00	Gravier et sable, traces de silt, présence de cailloux et de blocs.			EM-1			100					AG	
		121.95 0.80	Sable, traces de gravier et de silt.												
		120.55 2.20	Sable et gravier, présence de cailloux et de blocs (10%).												
		119.85 2.90	Fin du sondage à 2,90 m.												

Remarques générales: _____

Vérifié par: S. Graveline, ing.
 Date: 2019-10-30

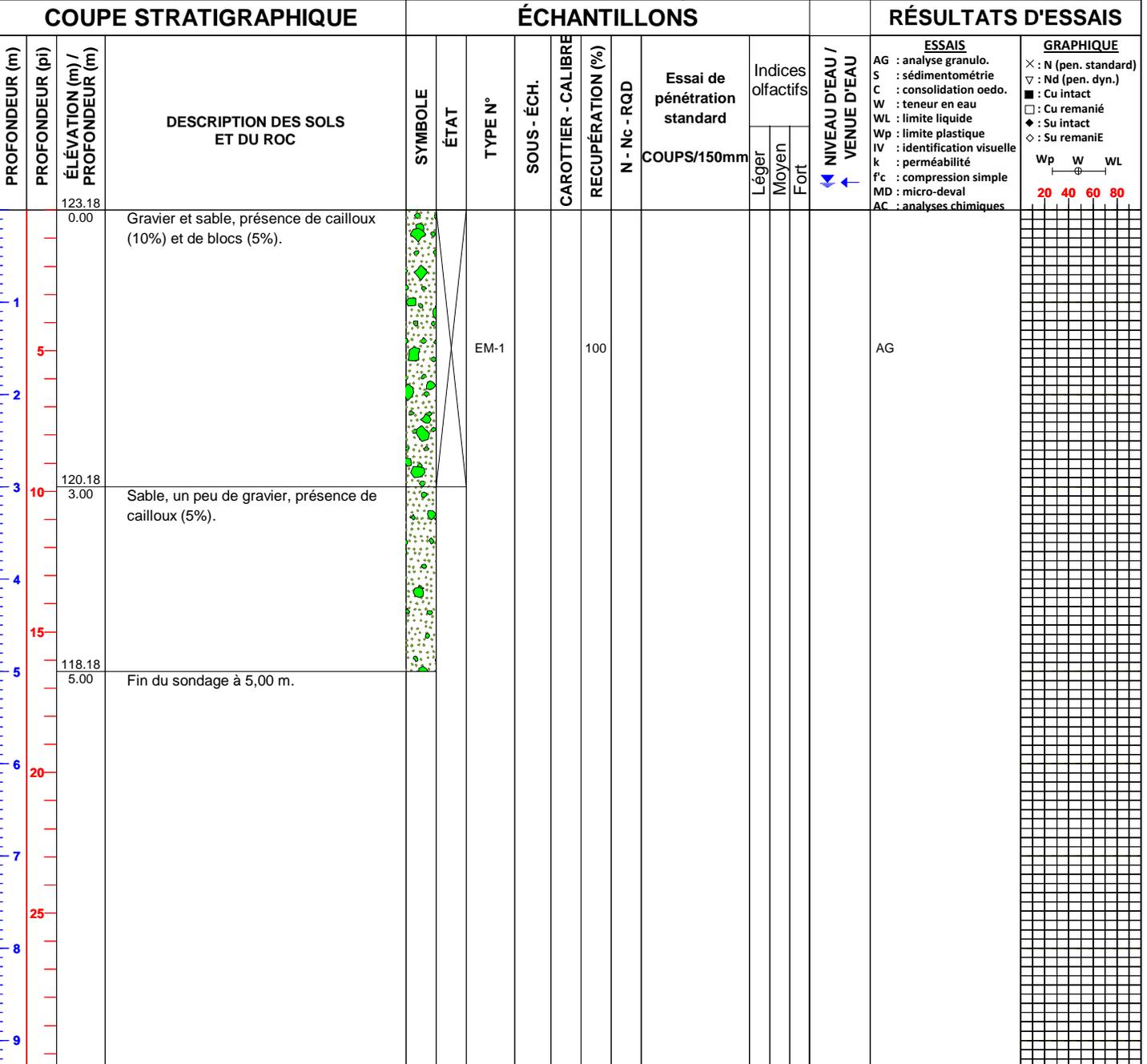
Projet: **Caractérisation de bancs d'emprunt, projet de recharge de plage à Pointe-aux-Outardes**
 Client: **Village de Pointe-aux-Outardes**
 Site: **87-C (SIGÉOM)**
 N./réf.: **F1901477-001**
 Figure: **LOCALISATION DES SONDAGES**

Localisation:
 X: **532539.896**
 Y: **5444813.400**
 Type de sondage: **TRANCHÉE D'EXPLORATION**
 Équipement: **Pelle mécanique**
 Tubage: Échantillonneur:

N° sondage: **87-C**
 Page: **1 de 1**
 Date début: **2019-10-07**
 Technicien: **Simon Marois, tech. sr**
 Profondeur: **5.00 m**
 Élévation LIDAR : **123.18 m**

TYPE D'ÉCHANTILLON	TERMINOLOGIE QUALITATIVE	TERMINOLOGIE QUANTITATIVE	SYMBOLES	EAUX SOUTERRAINES (M)
CF Cuillère fendue	Argile < 0,002 mm	Traces < 10 %	Nspt Indice de pénétration standard (BNQ 2501-140)	Date Profondeur Lecture 1 Lecture 2 Niveau géodésique:
CD Échantillon de roc	Silt 0,002 - 0,08 mm	Un peu 10 - 20 %	Ncorr N corrigé pour tenir compte du diamètre non standard	
CH Chemise	Sable 0,08 - 5 mm	Adjectif (...eux) 20 - 35 %	Nc Indice de pénétration au cône (BNQ 2501-145)	
CR Carrotier à diamants	Gravier 5 - 80 mm	et (ex: et gravier) > 35 %	RQD Indice de la qualité du roc (%)	
EM Échantillon manuel	Cailloux 80 - 200 mm	Fraction dominante		
TA Échantillon de tarière	Blocs > 200 mm			
PA Paroi				

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON	CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES SOLS	INDICE DE QUALITÉ DU ROC	ESPACEMENT DES DISCONTINUITÉS
<input type="checkbox"/> Remanié <input type="checkbox"/> Intact (tube à parois minces) <input type="checkbox"/> Perdu <input type="checkbox"/> Carotté (forage au diamant)	COMPACTITÉ Très lâche Lâche Compacte Dense Très dense	INDICE "N" 0 - 4 4 - 10 10 - 30 30 - 50 > 50	CONSISTANCE Très molle Molle Ferme Raide Très raide Dure
	Cu OU Su (kPa) < 12 12 - 25 25 - 50 50 - 100 100 - 200 > 200	QUALIFICATIF Très mauvais Mauvaise Moyenne Bonne Excellente	RQD < 25 % 25 - 50 % 50 - 75 % 75 - 90 % 90 - 100 %
			Très serré Serré Rapproché Moyennement espacé Espacé Très espacé Éloigné



Remarques générales: _____

Vérifié par: S. Graveline, ing.
 Date: 2019-10-30

Projet: **Caractérisation de bancs d'emprunt, projet de recharge de plage à Pointe-aux-Outardes**
 Client: **Village de Pointe-aux-Outardes**
 Site: **87-D (SIGÉOM)**
 N./réf.: **F1901477-001**
 Figure: **LOCALISATION DES SONDAGES**

Localisation:
 X: **532598.492**
 Y: **5444781.283**
 Type de sondage: **TRANCHÉE D'EXPLORATION**
 Équipement: **Pelle mécanique**
 Tubage: Échantillonneur:

N° sondage: **87-D**
 Page: **1 de 1**
 Date début: **2019-10-07**
 Technicien: **Simon Marois, tech. sr**
 Profondeur: **2.80 m**
 Élévation LIDAR : **122.41 m**

TYPE D'ÉCHANTILLON	TERMINOLOGIE QUALITATIVE	TERMINOLOGIE QUANTITATIVE	SYMBOLES	EAUX SOUTERRAINES (M)
CF Cuillère fendue CD Échantillon de roc CH Chemise CR Carrotier à diamants EM Échantillon manuel TA Échantillon de tarière PA Paroi	Argile < 0,002 mm Silt 0,002 - 0,08 mm Sable 0,08 - 5 mm Gravier 5 - 80 mm Cailloux 80 - 200 mm Blocs > 200 mm	Traces < 10 % Un peu 10 - 20 % Adjectif (...eux) 20 - 35 % et (ex: et gravier) > 35 % Fraction dominante mot principal	Nspt Indice de pénétration standard (BNQ 2501-140) Ncorr N corrigé pour tenir compte du diamètre non standard Nc Indice de pénétration au cône (BNQ 2501-145) RQD Indice de la qualité du roc (%)	Date Profondeur Lecture 1 Lecture 2 Niveau géodésique:

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON	CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES SOLS	INDICE DE QUALITÉ DU ROC	ESPACEMENT DES DISCONTINUITÉS
Remanié Intact (tube à parois minces) Perdu Carotté (forage au diamant)	COMPACTITÉ Très lâche Lâche Compacte Dense Très dense	INDICE "N" 0 - 4 4 - 10 10 - 30 30 - 50 > 50	CONSISTANCE Très molle Molle Ferme Raide Très raide Dure

COUPE STRATIGRAPHIQUE ÉCHANTILLONS RÉSULTATS D'ESSAIS

PROFONDEUR (m)	PROFONDEUR (pi)	ÉLÉVATION (m) / PROFONDEUR (m)	DESCRIPTION DES SOLS ET DU ROC	SYMBOLE	ÉTAT	TYPE N°	SOUS-ÉCH.	CAROTTIER - CALIBRE	RECUPÉRATION (%)	N - Nc - RQD	Essai de pénétration standard COUPS/150mm	Indices olfactifs			NIVEAU D'EAU / VENUE D'EAU	ESSAIS	GRAPHIQUE
												Léger	Moyen	Fort			
122.41	0.00		Sable et gravier, traces de silt; brun.														
121.76	0.65		Sable, un peu de gravier, présence de cailloux (moins de 5%).														
120.76	1.65		Sable, traces de silt et de gravier; brun.														
119.61	2.80		Fin du sondage à 2,80 m.														

Remarques générales: _____
 Vérifié par: S. Graveline, ing.
 Date: 2019-10-30

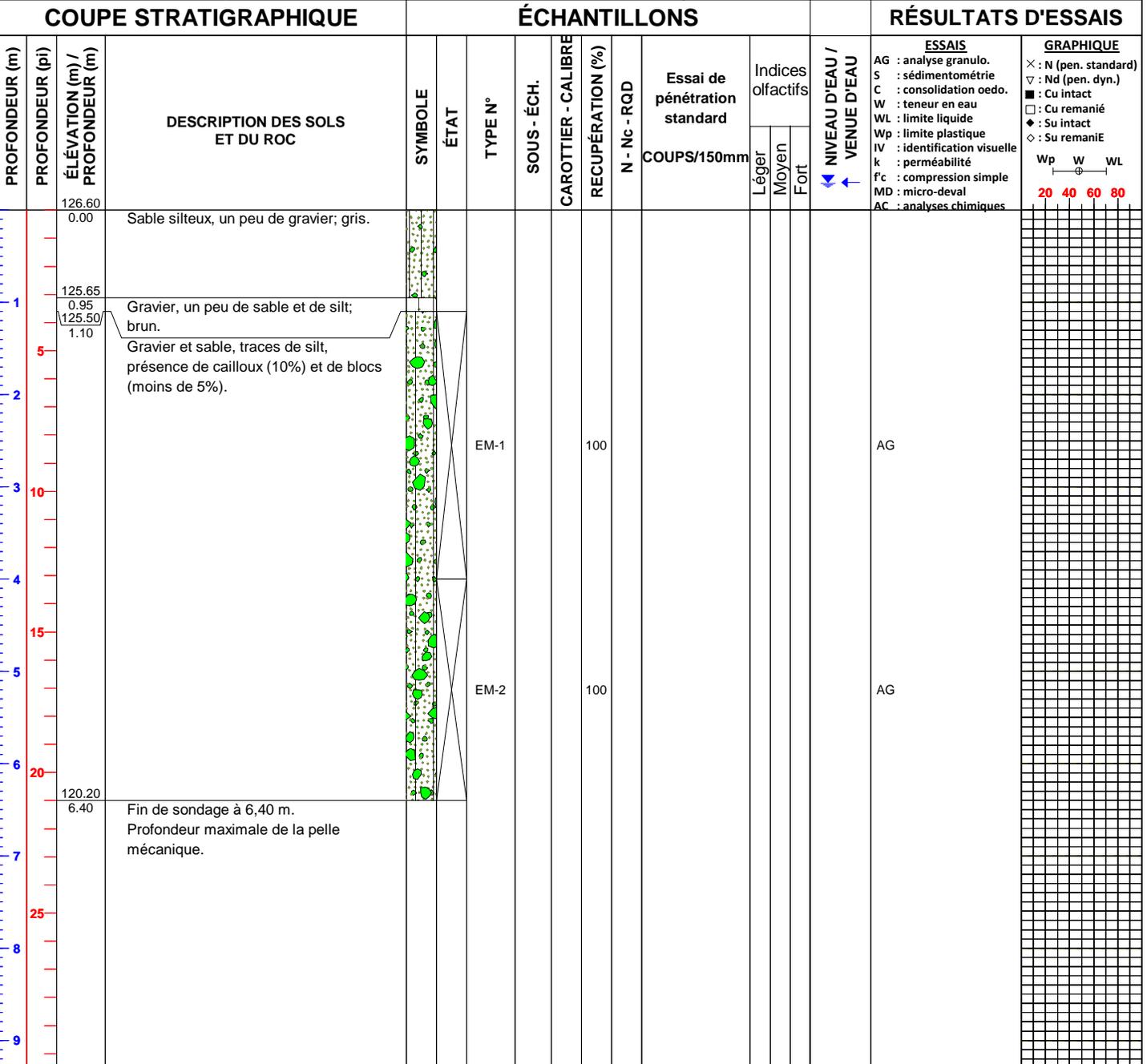
Projet: **Caractérisation de bancs d'emprunt, projet de recharge de plage à Pointe-aux-Outardes**
 Client: **Village de Pointe-aux-Outardes**
 Site: **87-E (SIGÉOM)**
 N./réf.: **F1901477-001**
 Figure: **LOCALISATION DES SONDAGES**

Localisation:
 X: **532566.427**
 Y: **5444765.752**
 Type de sondage: **TRANCHÉE D'EXPLORATION**
 Équipement: **Pelle mécanique**
 Tubage: Échantillonneur:

N° sondage: **87-E**
 Page: **1 de 1**
 Date début: **2019-10-07**
 Technicien: **Simon Marois, tech. sr**
 Profondeur: **6.40 m**
 Élévation LIDAR : **126.60 m**

TYPE D'ÉCHANTILLON	TERMINOLOGIE QUALITATIVE	TERMINOLOGIE QUANTITATIVE	SYMBOLES	EAUX SOUTERRAINES (M)
CF Cuillère fendue	Argile < 0,002 mm	Traces < 10 %	Nspt Indice de pénétration standard (BNQ 2501-140)	Date Profondeur Lecture 1 Lecture 2
CD Échantillon de roc	Silt 0,002 - 0,08 mm	Un peu 10 - 20 %	Ncorr N corrigé pour tenir compte du diamètre non standard	
CH Chemise	Sable 0,08 - 5 mm	Adjectif (...eux) 20 - 35 %	Nc Indice de pénétration au cône (BNQ 2501-145)	Niveau géodésique:
CR Carottier à diamants	Gravier 5 - 80 mm	et (ex: et gravier) > 35 %	RQD Indice de la qualité du roc (%)	
EM Échantillon manuel	Cailloux 80 - 200 mm	mot principal Fraction dominante		
TA Échantillon de tarière	Blocs > 200 mm			
PA Paroi				

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON	CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES SOLS	INDICE DE QUALITÉ DU ROC	ESPACEMENT DES DISCONTINUITÉS
Remanié	COMPACTITÉ	QUALIFICATIF	RQD
Intact (tube à parois minces)	Très lâche	Très mauvaise	< 25 %
Perdu	Lâche	Mauvaise	25 - 50 %
Carotté (forage au diamant)	Compacte	Moyenne	50 - 75 %
	Dense	Bonne	75 - 90 %
	Très dense	Excellente	90 - 100 %
	INDICE "N"	Cu OU Su (kPa)	Très serré < 20 mm
	0 - 4	< 12	Serré 20 - 60 mm
	4 - 10	12 - 25	Rapproché 60 - 200 mm
	10 - 30	25 - 50	Moyennement espacé 200 - 600 mm
	30 - 50	50 - 100	Espacé 600 - 2000 mm
	> 50	100 - 200	Très espacé 2000 - 6000 mm
	CONSISTANCE		Éloigné > 6000 mm
	Très molle		
	Molle		
	Ferme		
	Raide		
	Très raide		
	Dure		



Remarques générales: _____

Vérifié par: S. Graveline, ing.
 Date: 2019-10-30

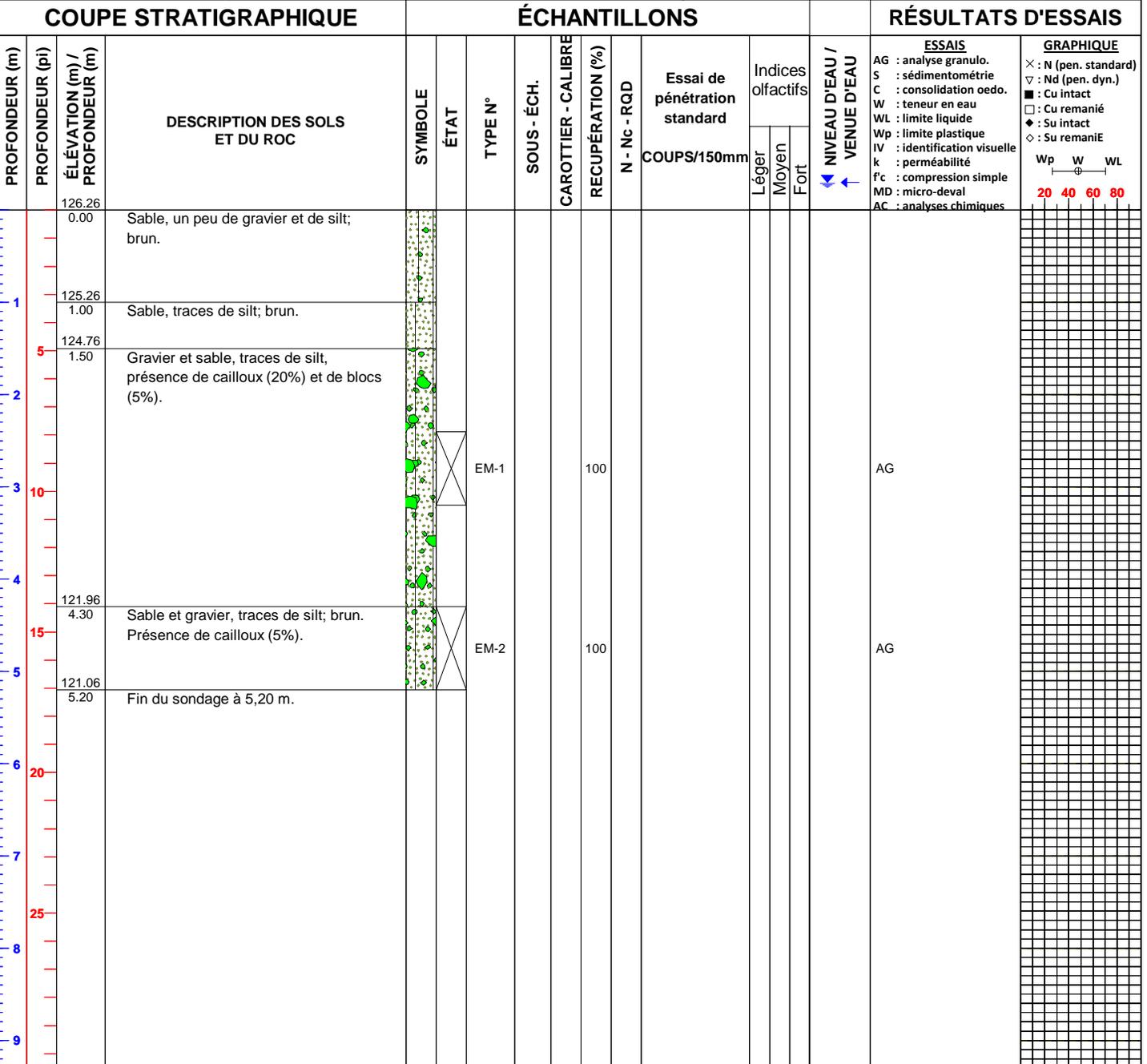
Projet: **Caractérisation de bancs d'emprunt, projet de recharge de plage à Pointe-aux-Outardes**
 Client: **Village de Pointe-aux-Outardes**
 Site: **87-G (SIGÉOM)**
 N./réf.: **F1901477-001**
 Figure: **LOCALISATION DES SONDAGES**

Localisation:
 X: **532501.029**
 Y: **5444689.882**
 Type de sondage: **TRANCHÉE D'EXPLORATION**
 Équipement: **Pelle mécanique**
 Tubage: Échantillonneur:

N° sondage: **87-G**
 Page: **1 de 1**
 Date début: **2019-10-07**
 Technicien: **Simon Marois, tech. sr**
 Profondeur: **5.20 m**
 Élévation LIDAR : **126.26 m**

TYPE D'ÉCHANTILLON	TERMINOLOGIE QUALITATIVE	TERMINOLOGIE QUANTITATIVE	SYMBOLES	EAUX SOUTERRAINES (M)
CF Cuillère fendue	Argile < 0,002 mm	Traces < 10 %	Nspt Indice de pénétration standard (BNQ 2501-140)	Date Profondeur Lecture 1 Lecture 2 Niveau géodésique:
CD Échantillon de roc	Silt 0,002 - 0,08 mm	Un peu 10 - 20 %	Ncorr N corrigé pour tenir compte du diamètre non standard	
CH Chemise	Sable 0,08 - 5 mm	Adjectif (...eux) 20 - 35 %	Nc Indice de pénétration au cône (BNQ 2501-145)	
CR Carrotier à diamants	Gravier 5 - 80 mm	et (ex: et gravier) > 35 %	Nc Indice de pénétration au cône (BNQ 2501-145)	
EM Échantillon manuel	Cailloux 80 - 200 mm	mot principal Fraction dominante	RQD Indice de la qualité du roc (%)	
TA Échantillon de tarière	Blocs > 200 mm			
PA Paroi				

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON	CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES SOLS	INDICE DE QUALITÉ DU ROC	ESPACEMENT DES DISCONTINUITÉS
Remanié	COMPACTITÉ	QUALIFICATIF	RQD
Intact (tube à parois minces)	Très lâche	Très mauvaise	< 25 %
Perdu	Lâche	Mauvaise	25 - 50 %
Carotté (forage au diamant)	Compacte	Moyenne	50 - 75 %
	Dense	Bonne	75 - 90 %
	Très dense	Excellente	90 - 100 %
	INDICE "N"	Cu OU Su (kPa)	Très serré < 20 mm
	0 - 4	< 12	Serré 20 - 60 mm
	4 - 10	12 - 25	Rapproché 60 - 200 mm
	10 - 30	25 - 50	Moyennement espacé 200 - 600 mm
	30 - 50	50 - 100	Espacé 600 - 2000 mm
	> 50	100 - 200	Très espacé 2000 - 6000 mm
	Consistance	> 200	Éloigné > 6000 mm
	Très molle		
	Molle		
	Ferme		
	Raide		
	Très raide		
	Dure		



Remarques générales: _____

Vérifié par: 
 S. Graveline, ing.
 Date: 2019-10-30



Annexe D

Rapports d'essais en laboratoire

Rapport d'analyse en laboratoire

Analyse granulométrique par tamisage et par sédimentation

LC 21-040 - Analyse granulométrique

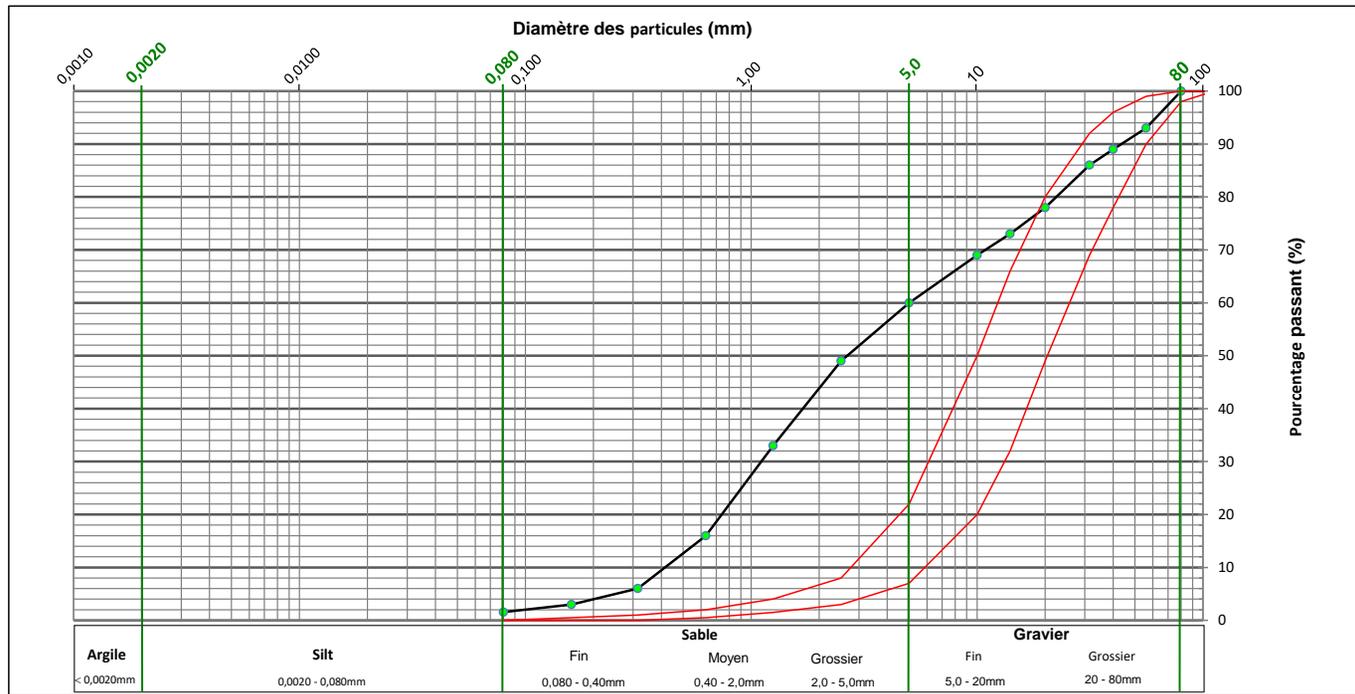
BNQ 2501-025 - Sol - Analyse granulométrique des sols inorganiques

Rapport no. : 1904816

Laboratoire no. : 19-10777



Diamètre (mm)	Passant (%)
112	100
80	100
56	93
40	89
31.5	86
20	78
14	73
10	69
5	60
2.5	49
1.25	33
0.630	16
0.315	6
0.160	3
0.080	1.6



% Gravier:	40
% Sable:	58.4
% Silt*:	1.6
% Argile:	
Cu:	12.0
Cc:	0.6
D10:	0.4156
D15:	0.5878
D30:	1.1076
D50:	2.6626
D60:	5.0000
D85:	29.7612

Analyses complémentaires - Propriétés physiques et mécaniques		
Analyses	Norme	Résultats

N° Dossier: F1901477 001	Sondage: 87A	Description: Sable et gravier, traces de silt.
Client: Village de Pointe-aux-Outardes	Échantillon: 0.00 à 1.00 m	Remarques: *Inclus le pourcentage d'argile lorsque ce dernier n'est pas précisé
Projet: Caractérisation de bancs d'emprunt pour recharge de plage.	Prélevé par: Simon Marois, tech.	
Site: Pointe-aux-Outardes, Qc	Prélevé le : 2019-10-07	

Vérifié par : Hélène Nadeau
Hélène Nadeau, chef de laboratoire

Date: 2019-10-29

Approuvé par : Sonya Graveline, ing.
Date:

Notes : Le résultat s'applique exclusivement à l'échantillon analysé. Ce rapport ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite de FNNX-INNOV inc.



433, Chabanel Ouest, 12^e étage
Montréal (Québec) H2N 2J8

Tél. 514-982-6001

Télé. 514-982-6106

fnx-innov.com



ANNEXE 10
RAPPORT TECHNIQUE FINAL -
RECHARGE DE PLAGE – SECTEUR EST
CONSULTANTS ROPARS INC – MARS 2020.

Recharge de plage – Secteur Est

Pointe-aux-Outardes, 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
Liste des tableaux	iii
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
2.5 Données de suivi d'érosion de l'UQAR.....	8
3 Recharge de plage	11
3.1 Dimensionnement d'une recharge de plage	11
3.2 Recherche de matériaux disponibles dans la région.....	13
3.3 Remontée des vagues sur une plage	14
3.3.1 Notions théoriques.....	14
3.3.2 Pentés de plages.....	15
3.3.3 Remontée des vagues sur une plage	17
3.4 Profils d'une plage rechargée	23
4 Dimensionnement d'un épi	25
4.1 Concept d'épi	25
4.2 Élévation de la crête de l'épi standard.....	25
4.3 Dimensionnement des pierres de carapace.....	27
4.4 Coupes-type de l'épi.....	27
5 Projet de protection de berge.....	30
5.1 Particularités du projet.....	30
5.2 Modélisations hydro-sédimentaires.....	30
6 Projet de recharge de plage	36
7 Quantités et coûts	41
7.1 Quantités.....	41
7.2 Option réduite.....	41
7.3 Coûts.....	41
8 Conclusion et recommandations	43
8.1 Conclusion.....	43

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1	Localisation de Pointe-aux-Outardes (Carte marine 1236)	1
Figure 1.2	Localisation du secteur d'intervention à Pointe-aux-Outardes (Google™ Earth)	2
Figure 2.1	Position des points de la grille WW3 (vagues) au large de Pointe-aux-Outardes (carte marine 1236)	3
Figure 2.2	Rose des vagues et relation entre la hauteur significative et la direction des vagues au large de Pointe-aux-Outardes (Point WW3-PO1 - 1980-2015)	4
Figure 2.3	Fréquence de dépassement des hauteurs de vagues à Pointe-aux-Outardes (WW3-PO3) – 1980-2015 – Année complète.....	5
Figure 2.4	Fréquence de dépassement des niveaux d'eau à Baie-Comeau – 1979-2011	6
Figure 2.5	Relation entre les hauteurs de vagues (WW3-PO2) et les niveaux d'eau (ISMER) à Pointe-aux-Outardes - Pointe-aux-Outardes – 1980-2011	7
Figure 2.6	MNT de Pointe-aux-Outardes – Relevés SHOALS-2015 – Isocontours aux 2 m (0 en jaune) et emplacement des transects.....	9
Figure 2.7	Relevés du recul de la rive réalisés par l'UQAR entre 2000 et 2018 – Localisation des points de mesure et taux de recul annuel	10
Figure 3.1	Relation entre le paramètre « A » et le diamètre médian du matériel de recharge....	11
Figure 3.2	Évolution d'un profil de plage de galet (CIRIA – figure 145 page 245)	12
Figure 3.3	Analyse granulométrique des sédiments du site 28 et fuseaux visés pour le projet de recharge (D ₅₀ de 10 et 15 mm)	14
Figure 3.4	Configuration de plage et définition de pentes	16
Figure 3.5	Remontée R _{max} des vagues sur une plage – Transect T26 – Battjes-1971-ajustée ..	18
Figure 3.6	Remontée R _{2%} des vagues sur une plage – Transect T37 – Stockdon-2006	18
Figure 3.7	Résultats de remontée des vagues sur la plage de Pointe-aux-Outardes (T26)	19
Figure 3.7	Résultats de remontée des vagues sur la plage de Pointe-aux-Outardes (T37)	19
Figure 3.8	Remontée des vagues sur le transect T36 de la plage de Pointe-aux-Outardes.....	21
Figure 3.9	Remontée des vagues sur le transect T32 de la plage de Pointe-aux-Outardes.....	21
Figure 3.10	Remontée des vagues sur le transect T27 de la plage de Pointe-aux-Outardes.....	22
Figure 3.11	Coupe-type d'une recharge de plage (Transect T33).....	24
Figure 3.12	Coupe-type d'une recharge de plage (Transect T37).....	24
Figure 4.1	Remontée des vagues sur un enrochement (épi de Pointe-aux-Outardes)	26
Figure 4.2	Vue en coupe longitudinale de l'épi de stabilisation de la recharge de plage proposée pour Pointe-aux-Outardes (transect T39)	28
Figure 4.3	Coupe AA de l'épi proposé pour Pointe-aux-Outardes (pierres de 2,8 à 4,6 tonnes)	29
Figure 4.4	Coupe BB de l'épi proposé pour Pointe-aux-Outardes (pierres de 0,5 à 1 tonne).....	29

Figure 5.1	Évolution sur 32 ans de la recharge de plage de Pointe-aux-Outardes (Lasalle NHC)31
Figure 5.2	Évolution sur 32 ans du rivage suite à la mise en place de 3 nouveaux épis sur la plage de Pointe-aux-Outardes (Lasalle NHC) 33
Figure 5.3	Évolution sur 32 ans du rivage suite à la mise en place de 5 nouveaux épis sur la plage de Pointe-aux-Outardes (Lasalle NHC) 34
Figure 5.3	Exemple de distance entre le haut de la falaise et les infrastructures à proximité de la plage de Pointe-aux-Outardes..... 35
Figure 6.1	Vue en plan du secteur de la recharge de plage proposée pour Pointe-aux-Outardes (carte topographique au 1/20 000 ^e) 37
Figure 6.2	Vue en plan de la recharge de plage avec isobathes et transects (carte topographique au 1/20 000 ^e)..... 38
Figure 6.3	Vue en plan du projet de recharge de plage (photo aérienne) 39
Figure 6.4	Coupe-type d'une recharge de plage (Transect T26)..... 40
Figure 6.5	Coupe-type d'une recharge de plage (Transect T32)..... 40
Figure 6.6	Coupe-type d'une recharge de plage (Transect T38)..... 40

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1	Fréquence de dépassement des niveaux d'eau..... 6
Tableau 3.1	Valeur des pentes selon le transect..... 17
Tableau 3.2	Remontée des vagues selon la pente et le type de remontée (Période de retour de 50 ans) 20
Tableau 7.1	Coûts estimatifs du projet de recharge de la plage de Pointe-aux-Outardes..... 42

ANNEXE 1 Coordonnées des lignes caractéristiques de la recharge de plage

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 des berges de Pointe-aux-Outardes**. 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 municipalité de Pointe-aux-Outardes est située sur la rive nord du fleuve Saint-Laurent, à l'extrémité sud de la péninsule de Manicouagan, à une trentaine de km à vol d'oiseau au sud-ouest de Baie-Comeau (figure 1.1).

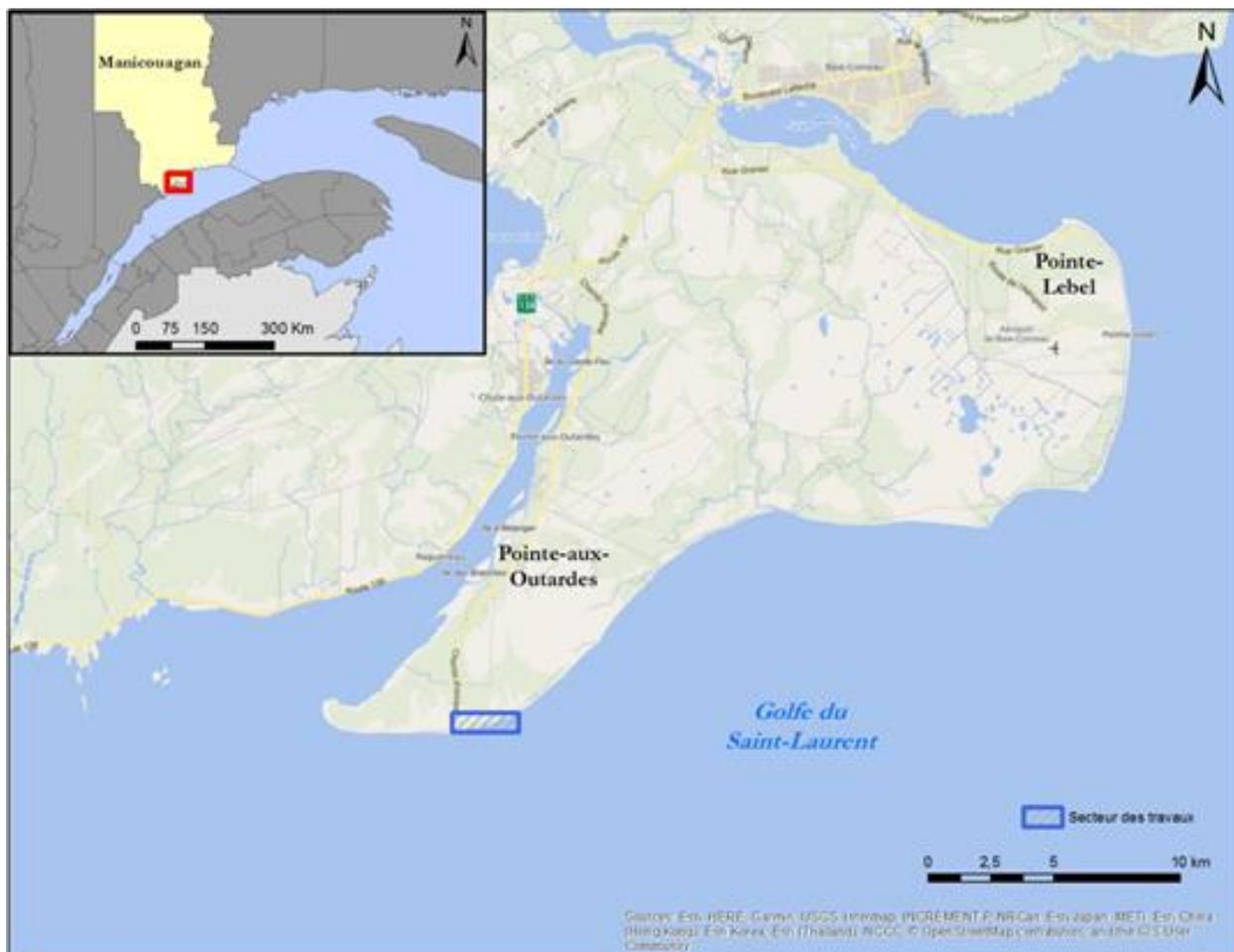


Figure 1.1 Localisation de Pointe-aux-Outardes (Carte marine 1236)

Les berges de Pointe-aux-Outardes sont affectées par l'érosion depuis des années. Les tempêtes successives endommagent la berge et font reculer la falaise.

Une intervention de protection de la plage de Pointe-aux-Outardes est envisagée à l'est de l'ancien quai (figure 1.2) sous la forme d'une recharge de plage à l'aide de matériaux granulaires (avec ou sans épis), 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. Comme les travaux

envisagés se situent dans la réserve aquatique projetée de Manicouagan (RAPM), l'analyse de solution vise non seulement à assurer la sécurité des biens et des personnes, mais aussi à limiter les impacts sur les secteurs adjacents et sur les écosystèmes riches (marais salé de Pointe-aux-Outardes, les herbiers de zostères et la faune benthique).

Une conception préliminaire d'un champ d'épis et d'une recharge de plage avait été réalisée par Dessau et Consultants Ropars inc. en 2013. Cette étude a notamment révélé des coûts élevés pour la mise en place d'un champ d'épis et des impacts importants sur les secteurs adjacents.

Cette nouvelle étude s'appuie sur de nouvelles données beaucoup plus précises (données de vagues au large tirées du modèle de l'UQAR WW3, niveaux d'eau tirés du modèle de l'ISMER, bathymétrie et modèle de terrain récents, ainsi que sur une modélisation numérique des conditions hydro-sédimentaires). La modélisation réalisée par Lasalle|NHC a permis d'évaluer la dynamique sédimentaire à long terme, afin d'appuyer la conception des ouvrages, mais aussi de déterminer la performance et les impacts des deux scénarios de solution (recharge de plage et épis).



Figure 1.2 Localisation du secteur d'intervention à Pointe-aux-Outardes (Google™ Earth)

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 Pointe-aux-Outardes.

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

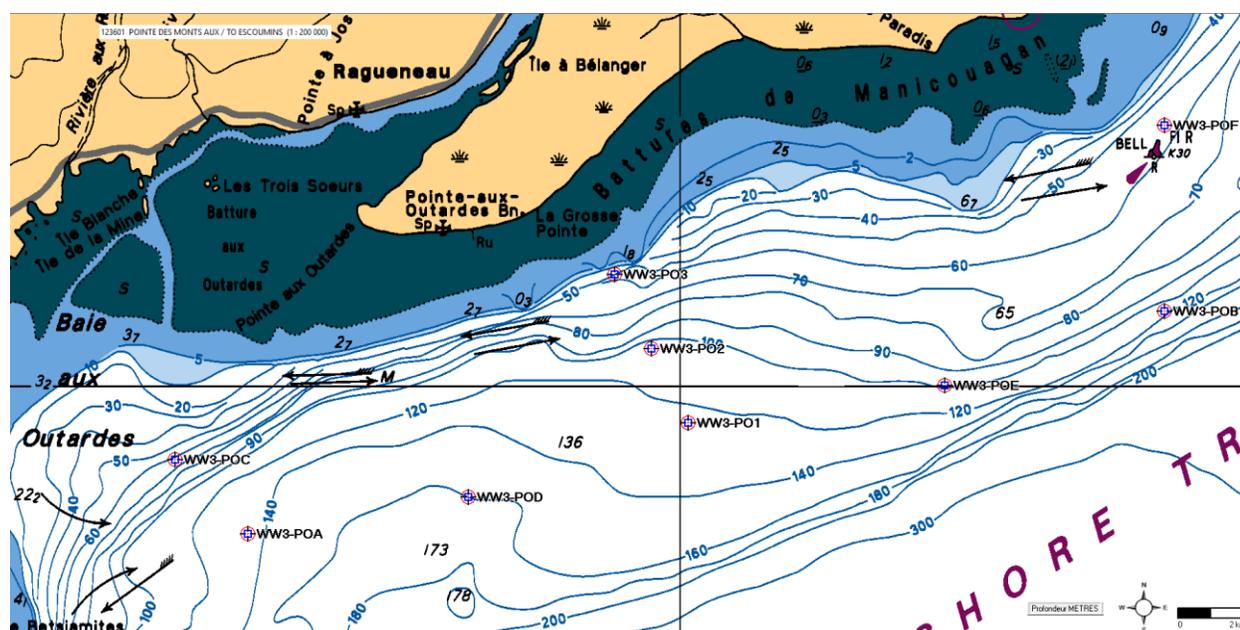


Figure 2.1 Position des points de la grille WW3 (vagues) au large de Pointe-aux-Outardes (carte marine 1236)

Les vagues proviennent principalement du secteur Est-Nord-Est au large de Pointe-aux-Outardes. La figure 2.2 illustre la rose des vagues ainsi que la relation entre la hauteur significative et la direction des vagues au point PO1, un point d'extraction des données de vagues WW3 au large de Pointe-aux-Outardes par 125 m de profondeur.

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

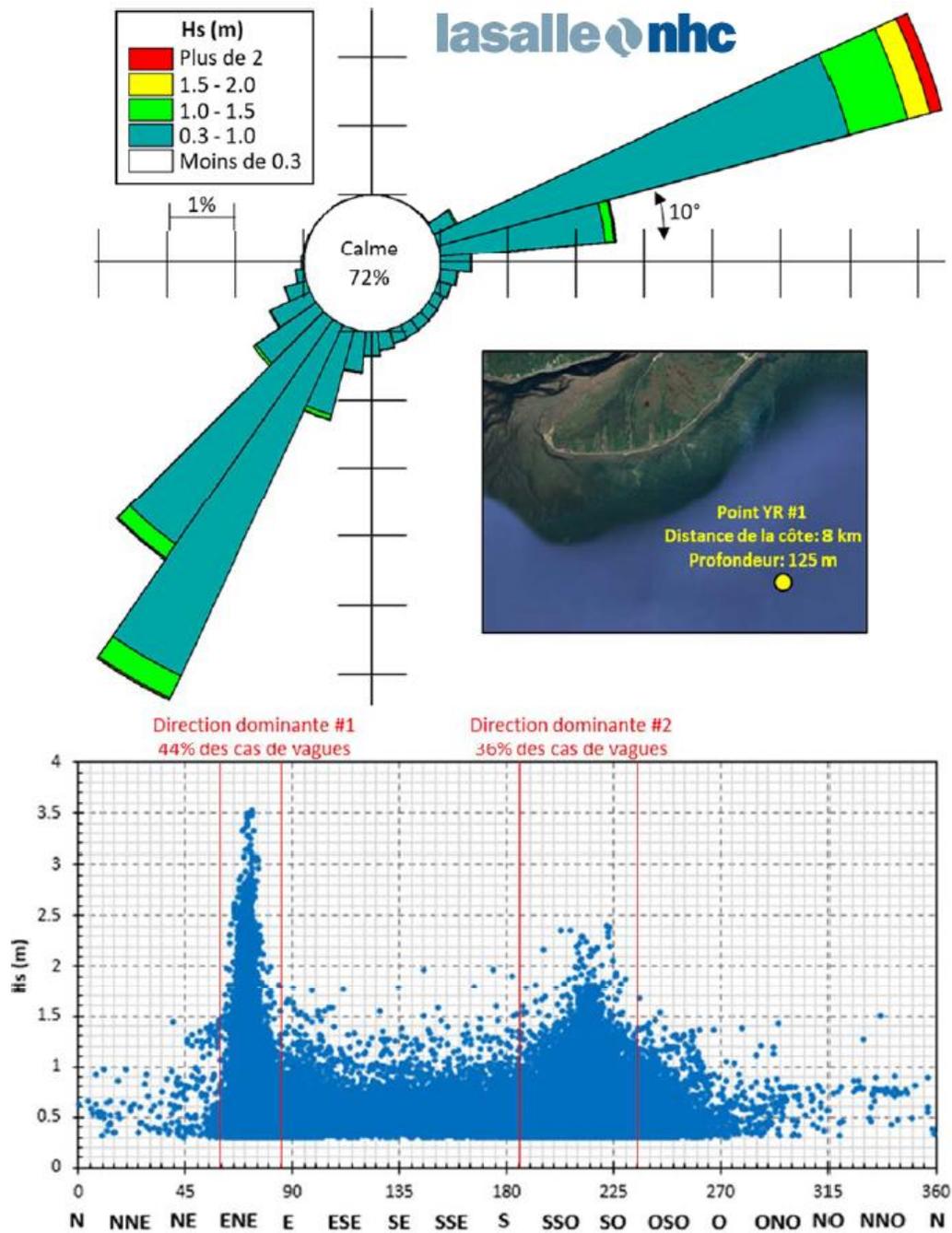


Figure 2.2 Rose des vagues et relation entre la hauteur significative et la direction des vagues au large de Pointe-aux-Outardes (Point WW3-PO1 - 1980-2015)

La figure 2.3 illustre la fréquence de dépassement des hauteurs de vagues au point WW3-PO3 (situé par 57 m de profondeur) pour l'année complète. La régression logarithmique a été utilisée pour extrapoler cette courbe de fréquence de dépassement. Au large de Pointe-aux-Outardes, la

hauteur significative des vagues extrêmes serait de 2,65 m pour une fréquence de dépassement de 1 heure/50 ans et de 2,15 m pour une fréquence de dépassement de 1 heure/2 ans.

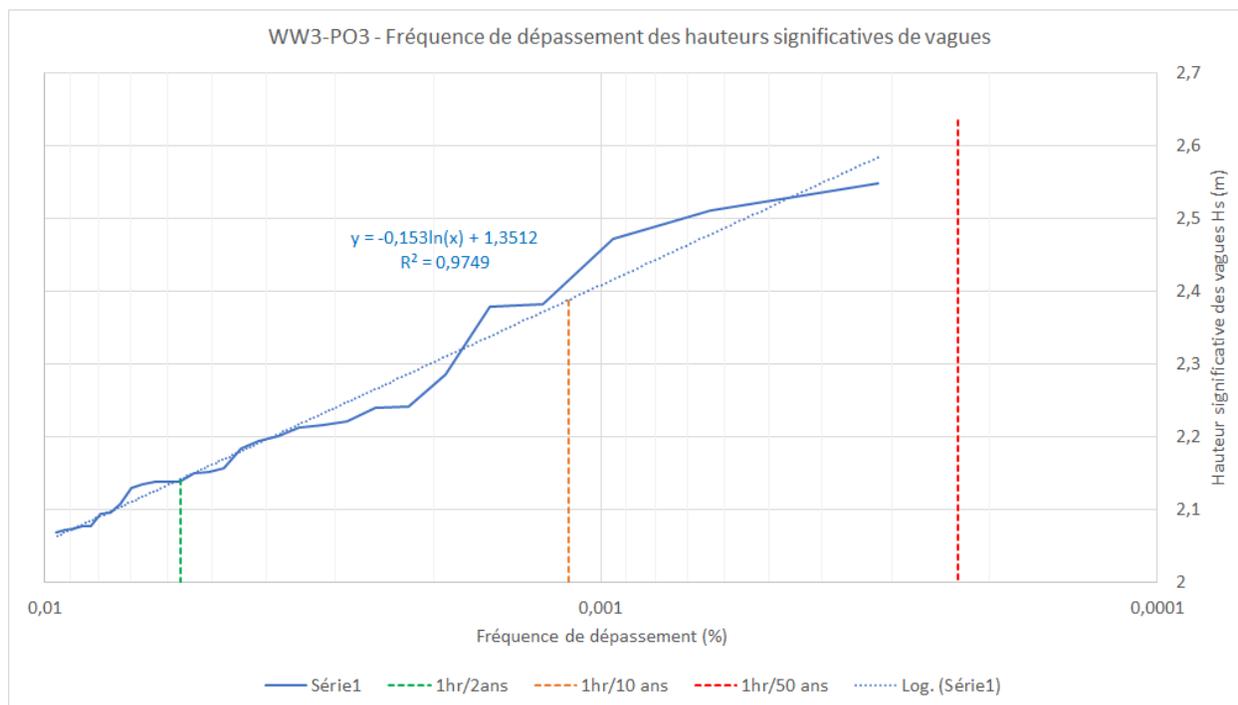


Figure 2.3 Fréquence de dépassement des hauteurs de vagues à Pointe-aux-Outardes (WW3-PO3) – 1980-2015 – Année complète

2.2 Niveaux d'eau

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

La figure 2.4 illustre la courbe de fréquence de dépassement des niveaux d'eau hauts pour la station virtuelle 2840 / Baie-Comeau.

Selon cette information, les niveaux d'eau suivants devraient être considérés dans le dimensionnement des infrastructures côtières (en considérant ou non l'influence sur les niveaux

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

d'eau des changements climatiques³ et du relèvement isostatique dans la région de Baie-Comeau, soit 3,03 mm/an vers le haut⁴) :

Tableau 2.1 Fréquence de dépassement des niveaux d'eau

Fréquence de dépassement	Élévation (m NMM)	Remarque
1 heure / 2 ans	+2,61	
1 heure / 10 ans	+2,97	
1 heure / 50 ans	+3,34	Sans influence des changements climatiques
1 heure / 50 ans	+3,53	Avec influence des changements climatiques et du relèvement isostatique

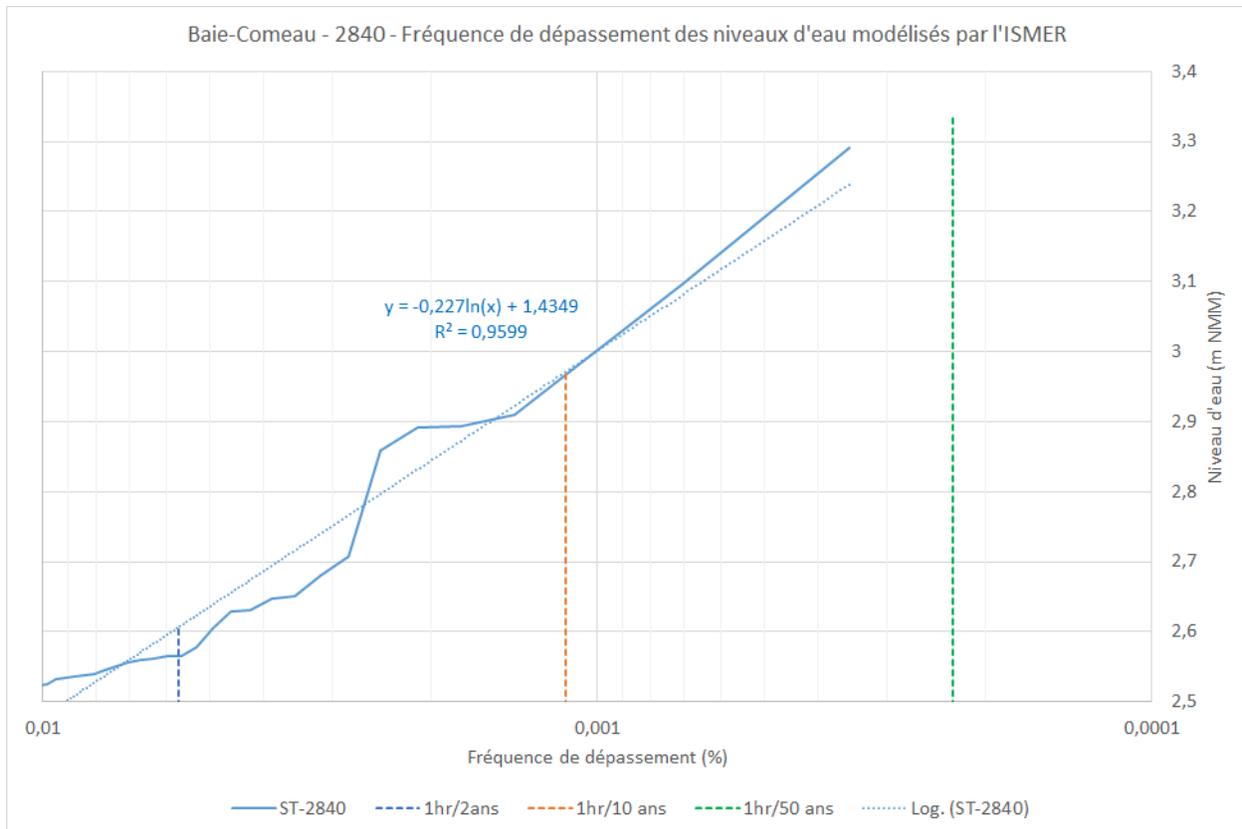


Figure 2.4 Fréquence de dépassement des niveaux d'eau à Baie-Comeau – 1979-2011

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 Pointe-aux-Outardes 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 0,10 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 H_s et du niveau d'eau.

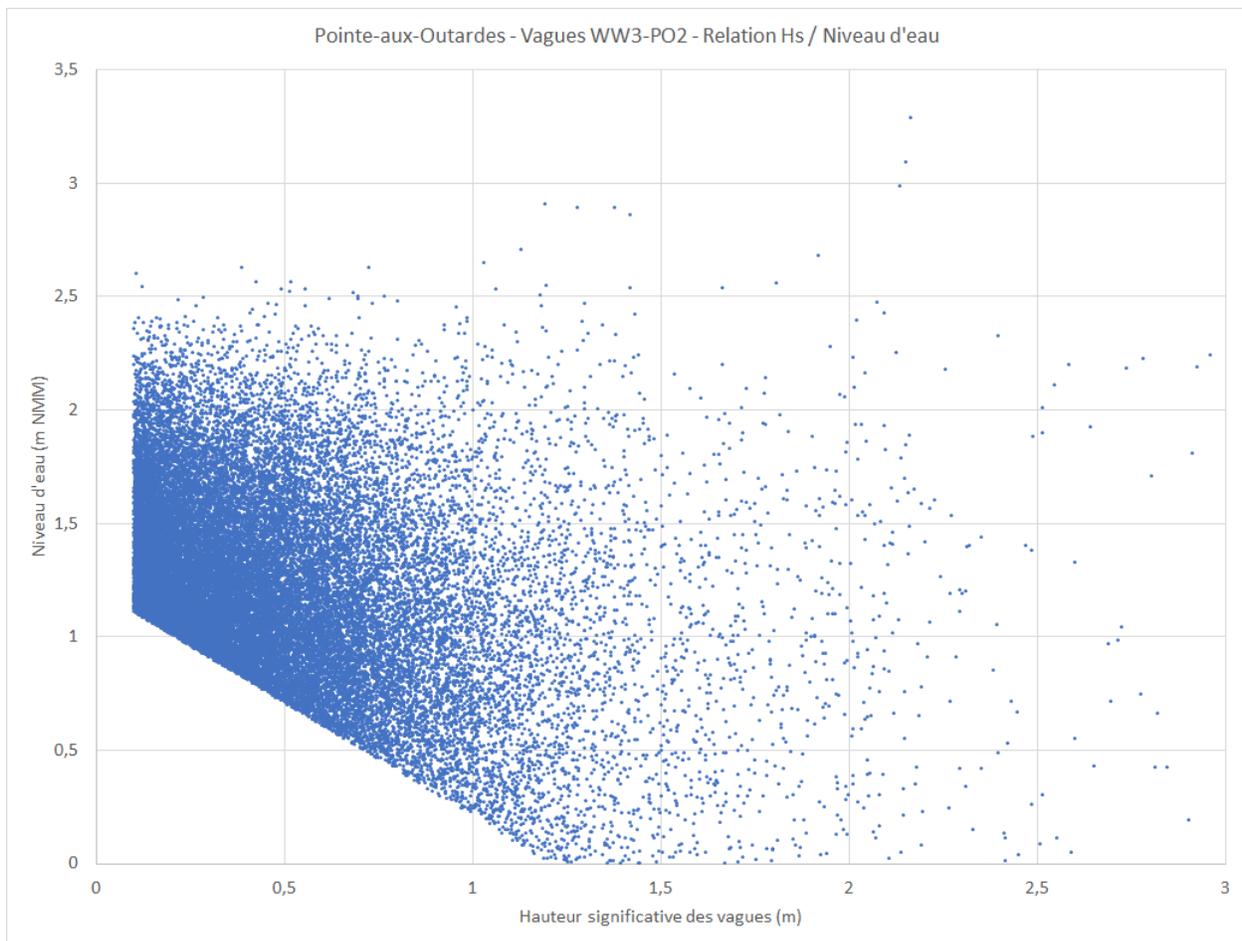


Figure 2.5 Relation entre les hauteurs de vagues (WW3-PO2) et les niveaux d'eau (ISMER) à Pointe-aux-Outardes - Pointe-aux-Outardes – 1980-2011

2.4 Données topographiques

Les données topographiques et hydrographiques des relevés SHOALS effectués en 2015 ont été utilisées pour créer un modèle numérique de terrain (MNT). De ce MNT ont été extraits des transects perpendiculaires au rivage. La figure 2.6 présente la localisation des transects ainsi que les isocontours aux 2 m obtenus avec ce MNT.

Certaines infrastructures particulières ont été indiquées sur la figure, dont le vieux quai, deux épis artisanaux et certains enrochements linéaires de protection de berge.

Des données LiDAR en 2014 et 2017 étaient également disponibles. Des comparaisons de profils de plage obtenus du SHOALS 2015 et du LiDAR 2017 indiquent des variations locales non-négligeables de la topographie de la plage entre ces deux relevés. Il est probable que ces variations sont reliées à des tempêtes qui se sont produites entre ces relevés.

Il est recommandé de valider la géométrie du projet de protection côtière qui sera retenu à l'aide de relevés plus récents lors de la préparation des plans pour construction.

2.5 Données de suivi d'érosion de l'UQAR

L'UQAR suit la progression de l'érosion à Pointe-aux-Outardes depuis 2000. La figure 2.7 illustre la position des points de mesure de l'érosion (figure du haut) ainsi que les taux moyens de recul de la rive en m/an (figure du bas) de part et d'autre du vieux quai de Pointe-aux-Outardes. Pour avoir une image plus globale du phénomène d'érosion de la rive et de son influence sur le bilan sédimentaire, les moyennes lissées (sur 3 et 5 mesures) ont également été indiquées sur la figure des taux de recul.

Dans la zone visée par l'intervention de protection de berge (de 0 à 1,5 km à l'est du vieux quai), les taux moyens d'érosion varient de 0 à 2,6 m de recul annuel. Les taux de recul lissés varient généralement entre 0,2 et 1,5 m par année.

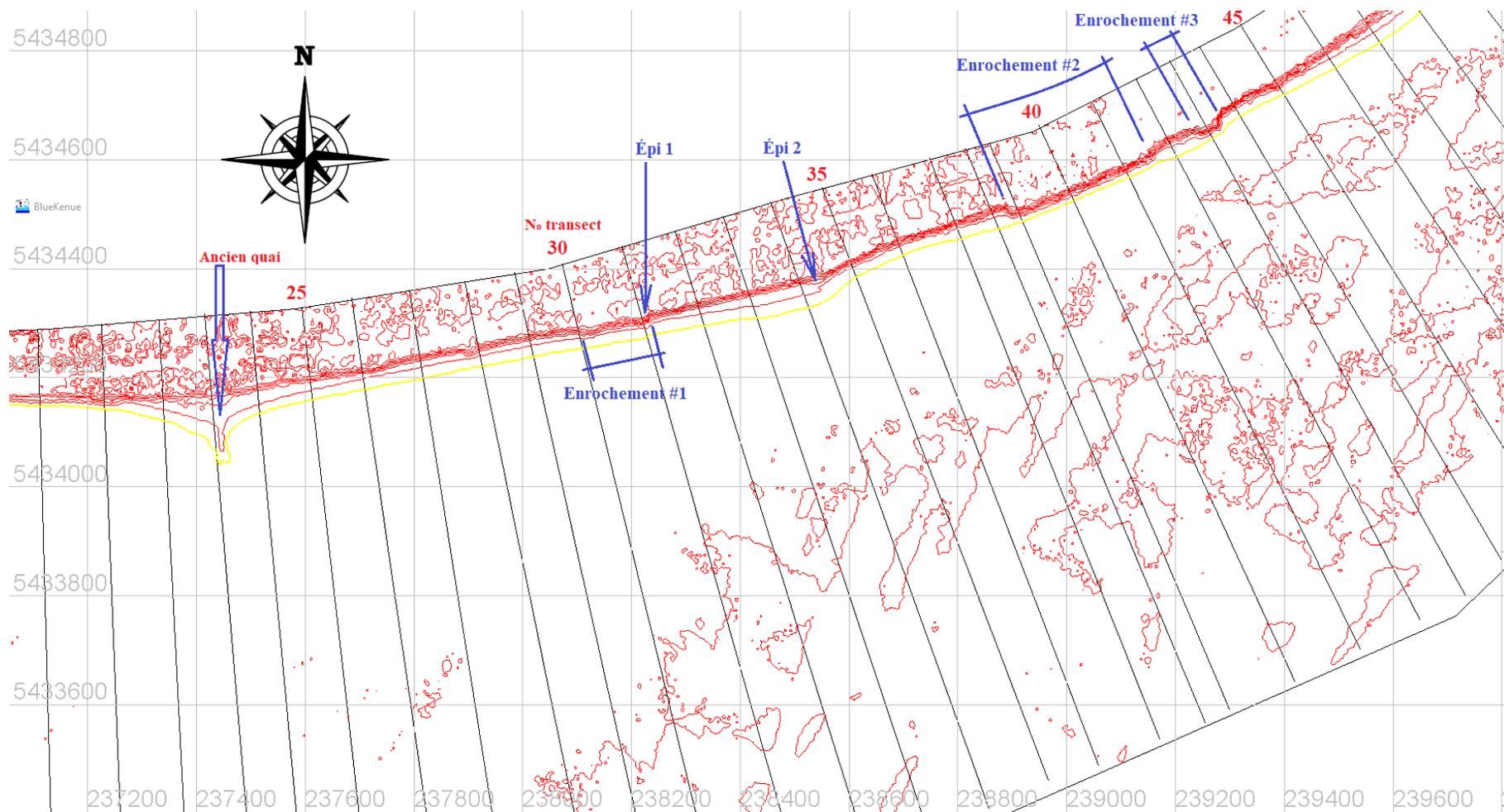


Figure 2.6 MNT de Pointe-aux-Outardes – Relevés SHOALS-2015 – Isocontours aux 2 m (0 en jaune) et emplacement des transects

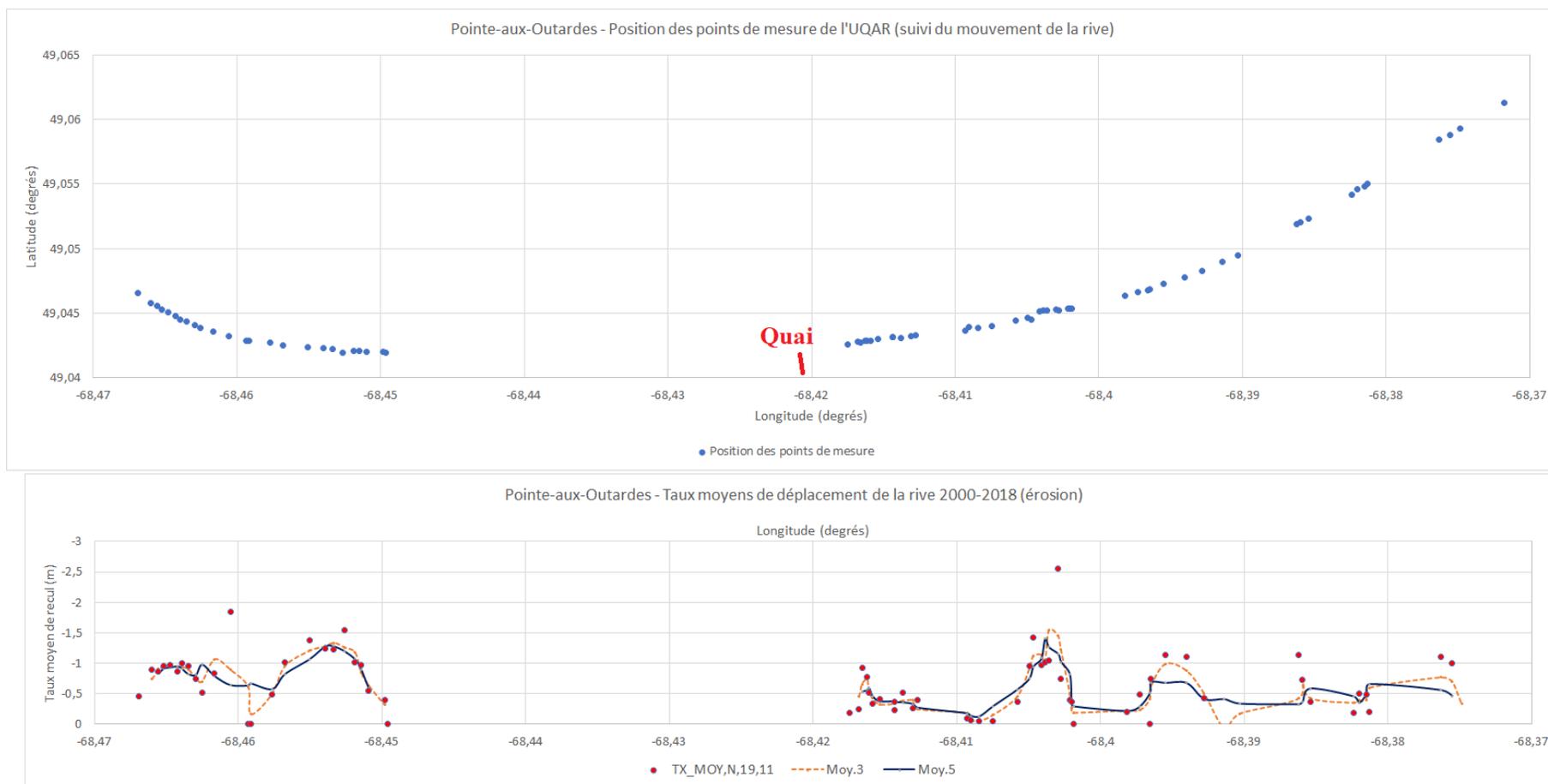


Figure 2.7 Relevés du recul de la rive réalisés par l'UQAR entre 2000 et 2018 – Localisation des points de mesure et taux de recul annuel

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.

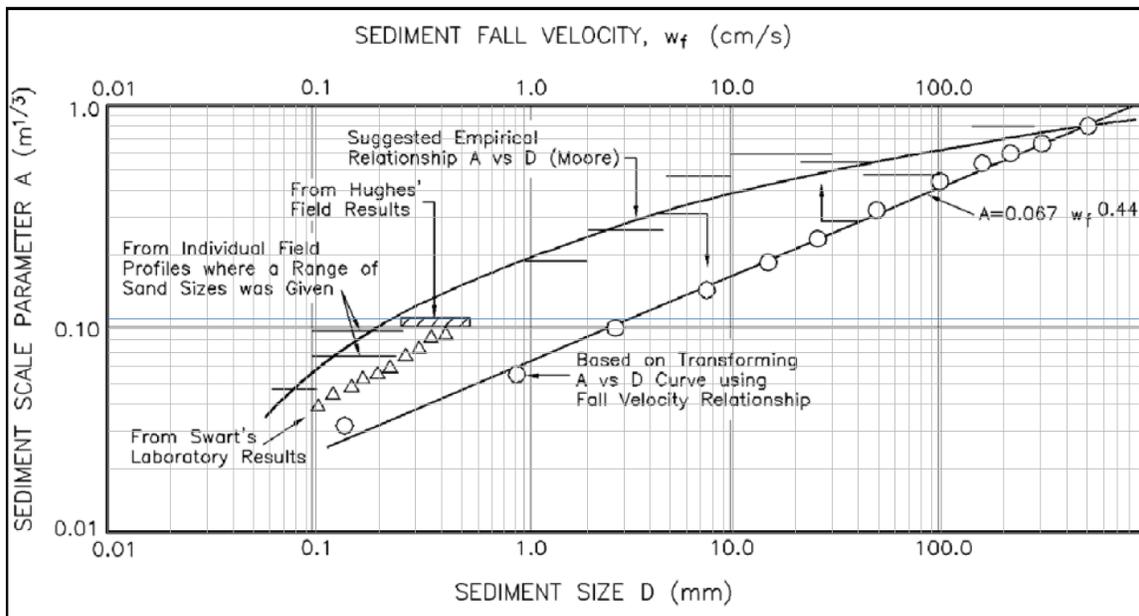


Figure III-3-17. Variation of sediment scale parameter A with sediment size D and fall velocity w_f (Dean 1987b)

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 Pointe-aux-Outardes 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.

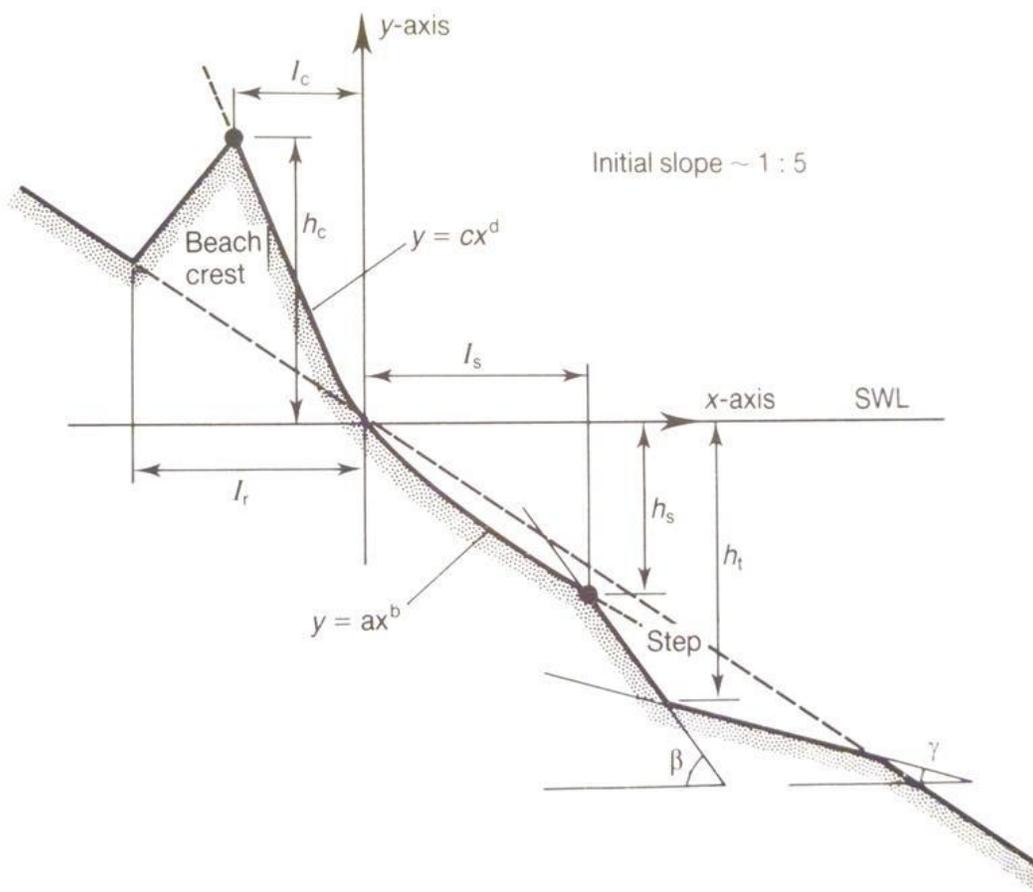


Figure 3.2 Évolution d'un profil de plage de galet (CIRIA – figure 145 page 245)

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 Pointe-aux-Outardes a été faite dans la région avant de se lancer dans la conception d'un tel projet. La firme FNX-Innov⁶ a été chargée de cette recherche de matériaux granulaires.

Sur 32 sites évalués, cinq sites ont été classés comme étant « à potentiel élevé ». Le site 28⁷ est celui qui a le plus fort potentiel (réserve suffisante, distance de 43 km, temps de trajet de 34 minutes).

Par contre, même ces sites à potentiel élevés présentent des D_{50} moyens entre 2,7 mm et 6,3 mm. Le fuseau granulométrique visé ayant un D_{50} souhaité de 10 à 15 mm, deux options ont été envisagées, soit utiliser les matériaux disponibles tel quel, soit tamiser ces matériaux avant de les utiliser dans le projet de recharge de plage. Une comparaison des volumes et des coûts de projets de recharge équivalents avec des D_{50} de 3 mm et de 10 mm a été faite. Comme l'utilisation d'un matériel de recharge plus fin faisait pratiquement doubler les coûts du projet, l'option du tamisage a été recommandée.

La figure 3.3 illustre le résultat des analyses granulométriques. La figure présente les résultats de l'analyse granulométrique de cinq échantillons prélevés au site 28 de même que le fuseau granulométrique retenu (D_{50} de 10 mm). Le D_{50} des échantillons prélevés au site 28 est de l'ordre de 3 mm.

⁶ FNX-Innov – «Rapport de caractérisation de bancs d'emprunt – Projet de recharge de plage à Pointe-aux-Outardes, Québec », Rapport technique présenté au Village de Pointe-aux-Outardes, Novembre 2019

⁷ Localisation approximative : 49° 17,94' N / 68° 23,51" O

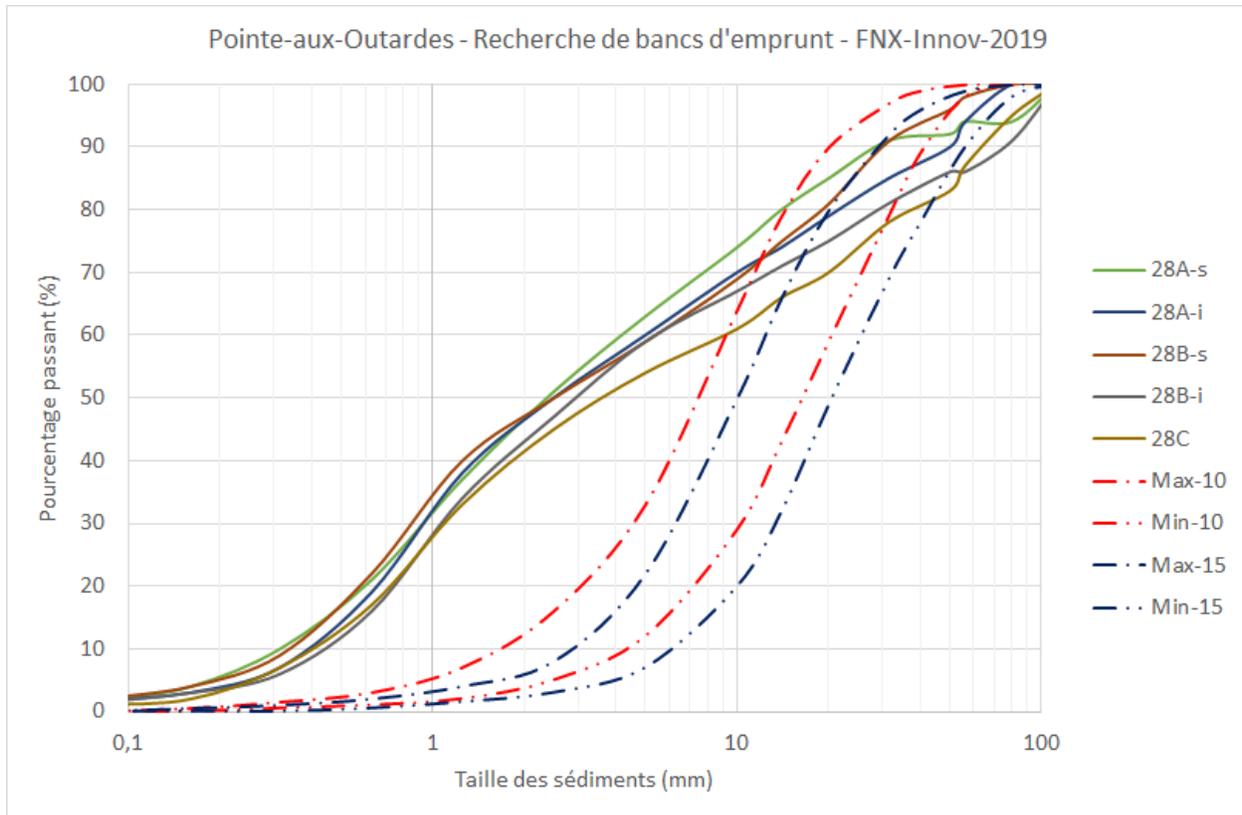


Figure 3.3 Analyse granulométrique des sédiments du site 28 et fuseaux visés pour le projet de recharge (D_{50} de 10 et 15 mm)

3.3 Remontée des vagues sur une plage

3.3.1 Notions théoriques

La remontée des vagues sur la plage de Pointe-aux-Outardes à Pointe-aux-Outardes 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 modélisées au large de la plage de Pointe-aux-Outardes a été utilisée pour définir les événements qui affecteraient la recharge de plage, les vagues étant issues de la modélisation WW3 de l'UQAR et les niveaux d'eau étant issus de la modélisation faite par l'ISMER à Baie-Comeau.

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 3.4⁸ 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.

⁸ Didier, D. & al., “Wave runup estimations on platform-beaches for coastal flood hazards”, Nat Hazards – DOI 10.1007/s11069-016-2399-5, May 2016

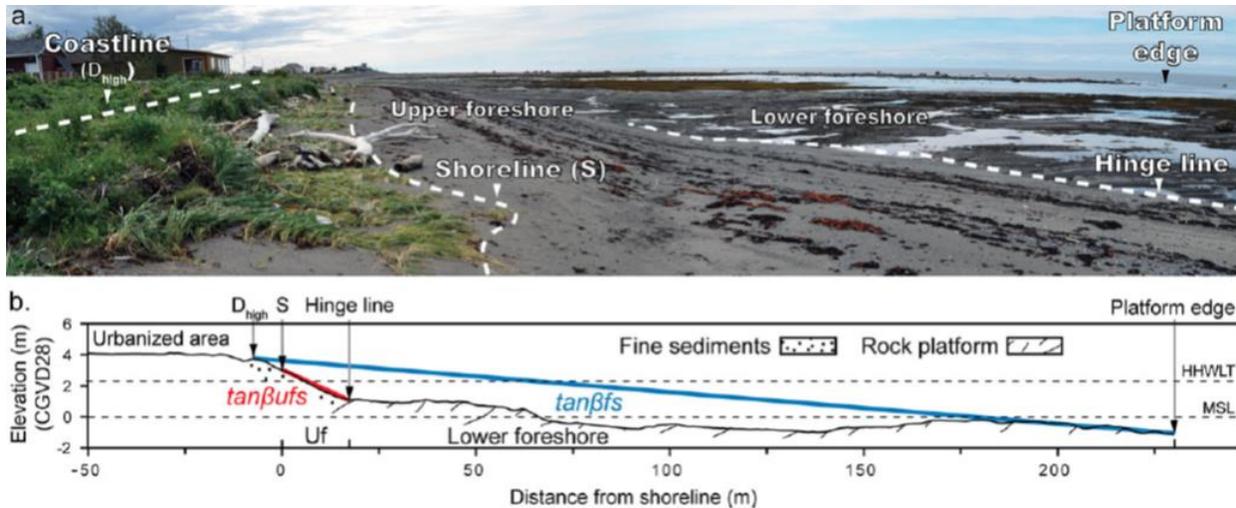


Figure 3.4 Configuration de plage et définition de pentes

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 du niveau d'eau correspondant à une fréquence de dépassement de 1 heure / 2 ans 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 écarts-type (σ) qui a été retenue. Ce choix a été validé sur les battures de Sainte-Luce / Sainte-Flavie.

Dans le secteur de Pointe-aux-Outardes, la moyenne des niveaux d'eau est de -0,03 m NMM, l'écart-type est de 0,93 m et les élévations $Moy+2*\sigma$ et $Moy-2*\sigma$ sont de +1,84 m NMM et -1,90 m NMM. Le zéro des cartes marines se trouve à l'élévation -1,81 m NMM.

En plus des deux types de pentes illustrées sur la figure 3.4, trois autres types de pentes ont été considérées, soit cinq 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 Pointe-aux-Outardes qui est à l'élévation -0,95 m NMM ($Moy-\sigma$),

- la pente « SZ » entre le point « S » et l'extrémité de la batture proximale à l'élévation -0,95 m NMM et
- la pente « 2σ » entre les points correspondant aux élévations Moy+2* σ et Moy-2* σ .

Pour les transects T26 et T37 qui ont été utilisés pour le calcul de la remontée des vagues sur la plage, les pentes sont de :

Tableau 3.1 Valeur des pentes selon le transect

Pente / Transect	T26	T37
« β ufs »	11%	10%
« β fs »	1,45%	3,3%
« DZ »	13,7%	14,1%
« SZ »	9,4%	8,8%
« 2σ »	0,64%	1,43%

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 Pointe-aux-Outardes aux transects T26 et T37 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 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.

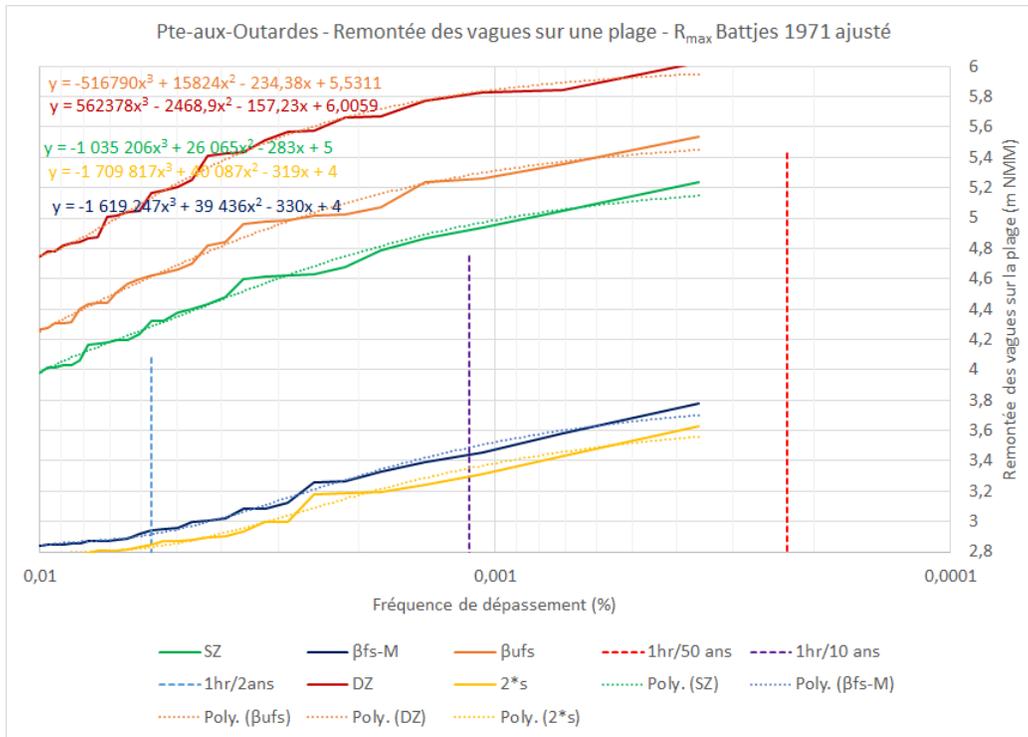


Figure 3.5 Remontée R_{max} des vagues sur une plage – Transect T26 – Battjes-1971-ajustée

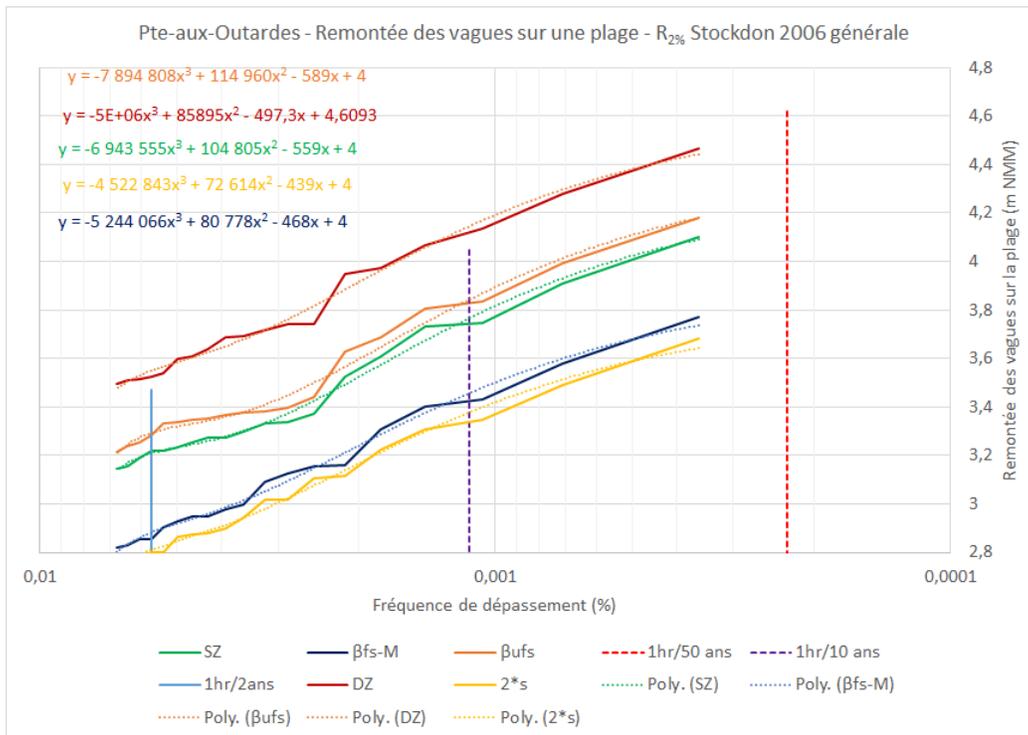


Figure 3.6 Remontée $R_{2\%}$ des vagues sur une plage – Transect T37 – Stockdon-2006

Les figures 3.7 (transect T26) et 3.8 (transect T37) présentent l'ensemble des résultats sous la forme des extrapolations (correspondant à une période de retour de 50 ans) de la régression polynomiale issue des différents calculs de remontée des vagues sur la plage de Pointe-aux-Outardes en fonction de la pente et de l'équation retenue.

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

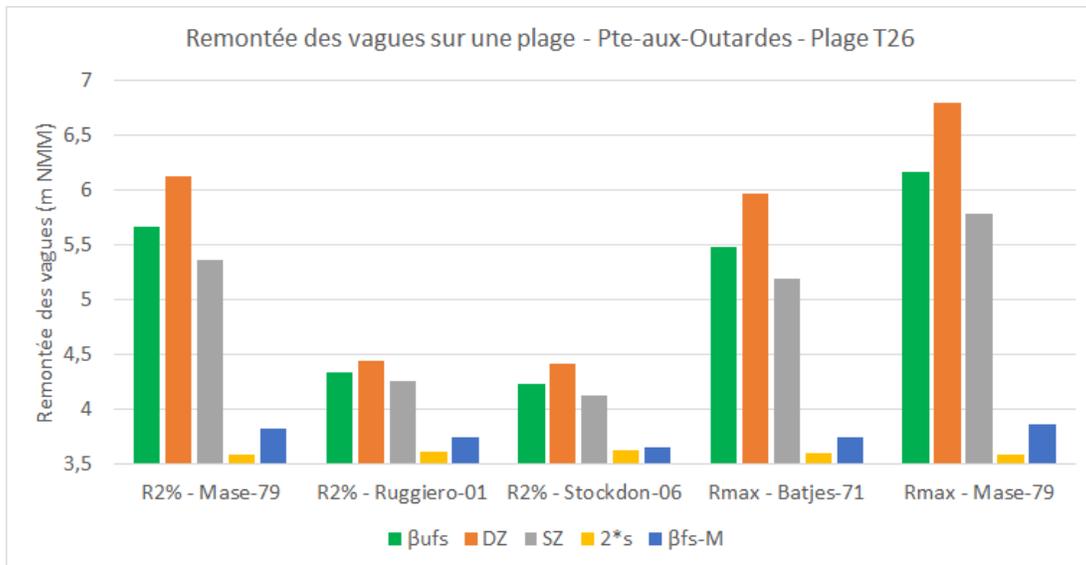


Figure 3.7 Résultats de remontée des vagues sur la plage de Pointe-aux-Outardes (T26)

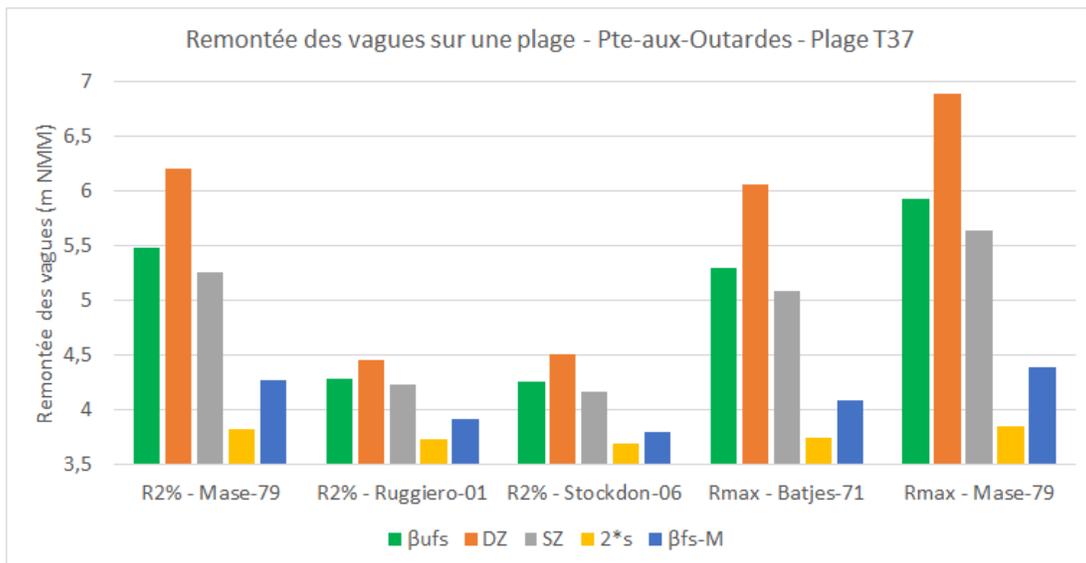


Figure 3.7 Résultats de remontée des vagues sur la plage de Pointe-aux-Outardes (T37)

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

Runup (n NMM)	$R_{2\%}$		R_{\max}	
	T26	T37	T26	T37
Pente				
βufs	+4,74	4,67	+5,82	5,61
DZ	+4,99	5,05	+6,38	6,47
SZ	+4,58	4,54	+5,48	5,36
2σ	+3,60	3,75	+3,59	3,80
βfs	+3,74	3,99	+3,80	4,23

La recommandation concernant la **crête de la recharge** sera de retenir l'**élévation +4,9 m NMM**.

Cette recommandation a été illustrée dans les coupes de la plage au droit des transects T36 (figure 3.8), T32 (figure 3.9) et T27 (figure 3.10). Ces figures indiquent que, lors de tempêtes accompagnées de hauts niveaux d'eau, les vagues sont actuellement susceptibles de frapper relativement haut dans la falaise de sable.

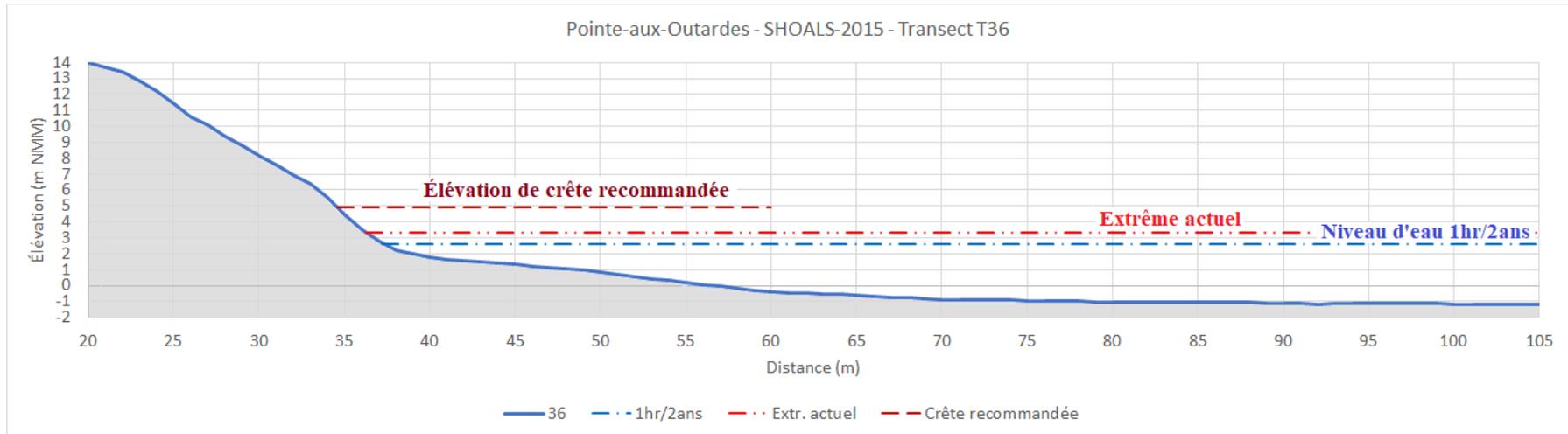


Figure 3.8 Remontée des vagues sur le transect T36 de la plage de Pointe-aux-Outardes

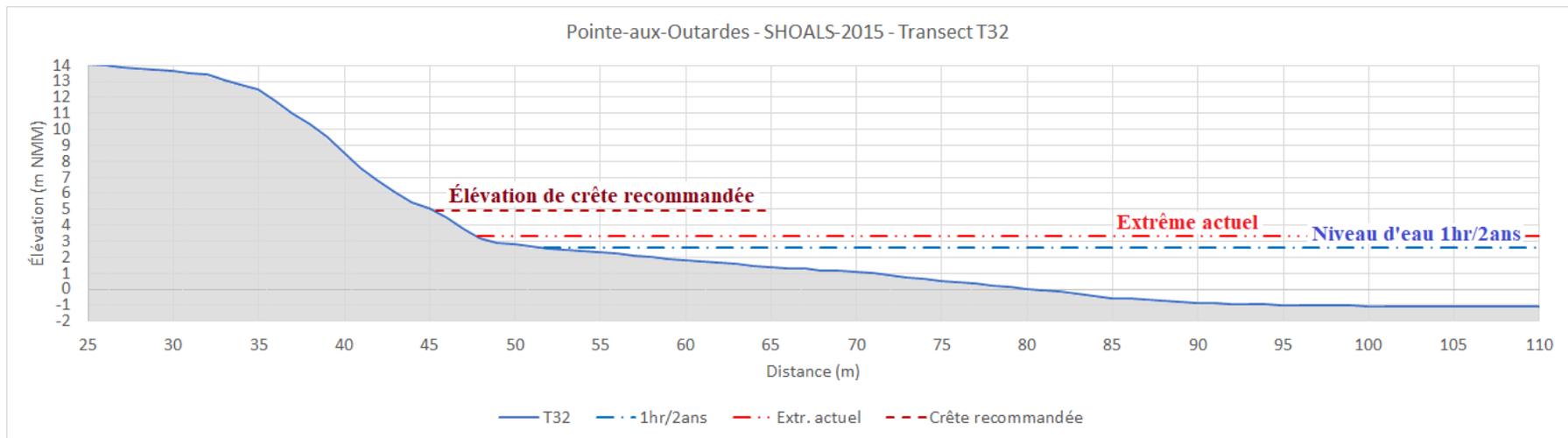


Figure 3.9 Remontée des vagues sur le transect T32 de la plage de Pointe-aux-Outardes

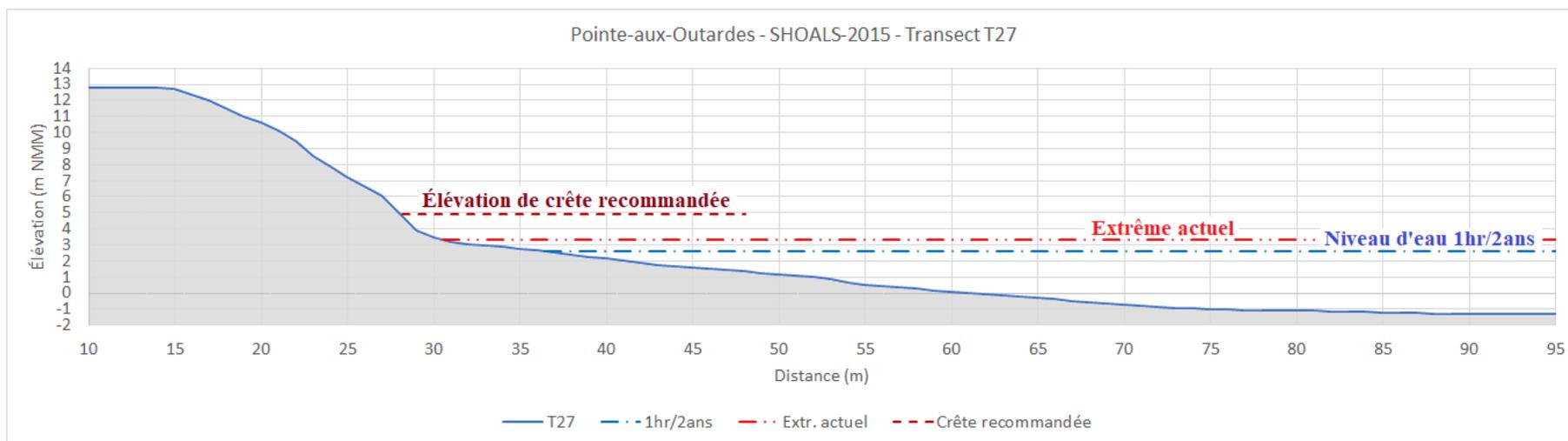


Figure 3.10 Remontée des vagues sur le transect T27 de la plage de Pointe-aux-Outardes

3.4 Profils d'une plage rechargée

En fonction des paramètres présentés dans les chapitres précédents, les figures 3.11 et 3.12 illustrent la coupe-type d'une recharge de la plage de Pointe-aux-Outardes aux transects T33 et T37. Le D_{50} du matériel de recharge a été pris égal à 10 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).

L'élévation de la crête de la recharge de plage a été prise égale à +4,9 m NMM, la pente externe de la recharge de construction a été prise égale à 3H/1V et la pente de la partie supérieure de la recharge a été prise égale à environ 0,5%.

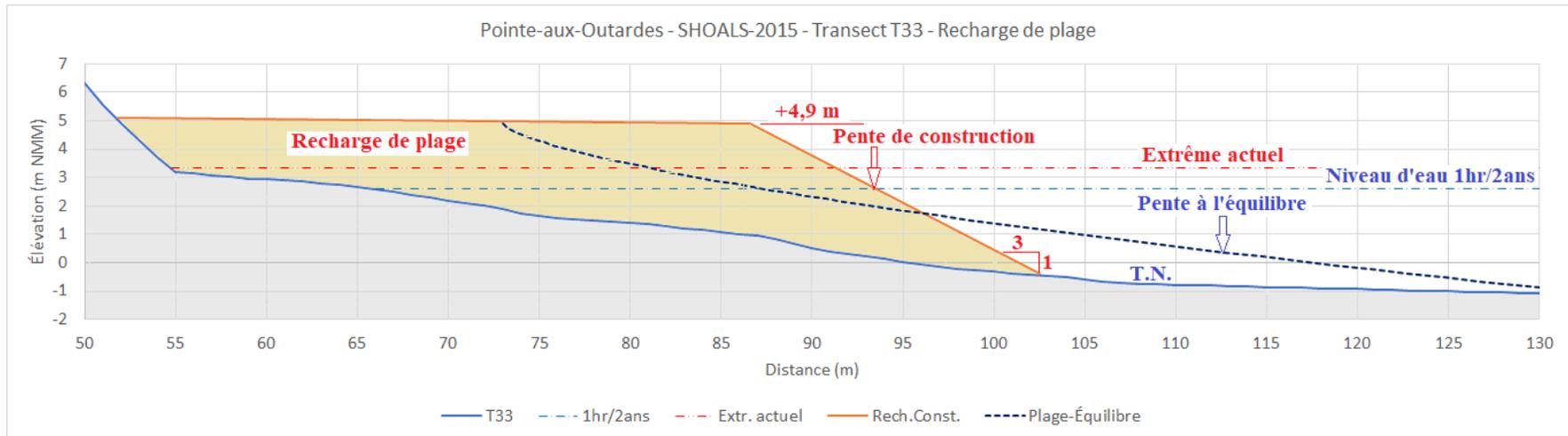


Figure 3.11 Coupe-type d'une recharge de plage (Transect T33)

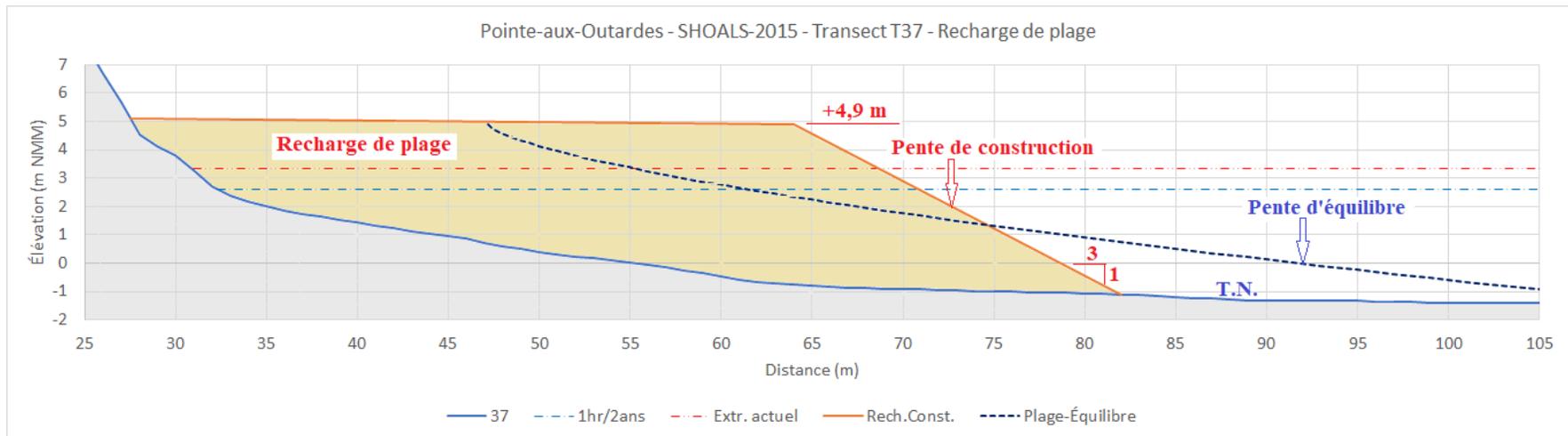


Figure 3.12 Coupe-type d'une recharge de plage (Transect T37)

4 Dimensionnement d'un épi

4.1 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 4.2), en mesure de résister aux vagues et aux glaces. Ce concept d'épi est un concept nettement plus optimisé et moins dispendieux que les épis prévus au début du projet, épis qui constituaient des brise-lames imposants (Dessau et Consultants Ropars Inc., 2013). Cette optimisation s'accompagne d'une fragilité un peu plus grande de l'épi face aux vagues et surtout aux glaces par rapport aux épis massifs. Par contre, leur position peu proéminente par rapport à la plage devrait leur permettre de résister à ces sollicitations. Il s'agit de toute façon d'épis nettement plus efficaces et résistants que les épis actuellement en place (ancien quai et épis artisanaux).

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 quelques décimètres (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 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.

4.2 Élévation de la crête de l'épi standard

Le dimensionnement d'un épi en enrochement dans le secteur Pointe-aux-Outardes 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 (figure 4.1).

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.

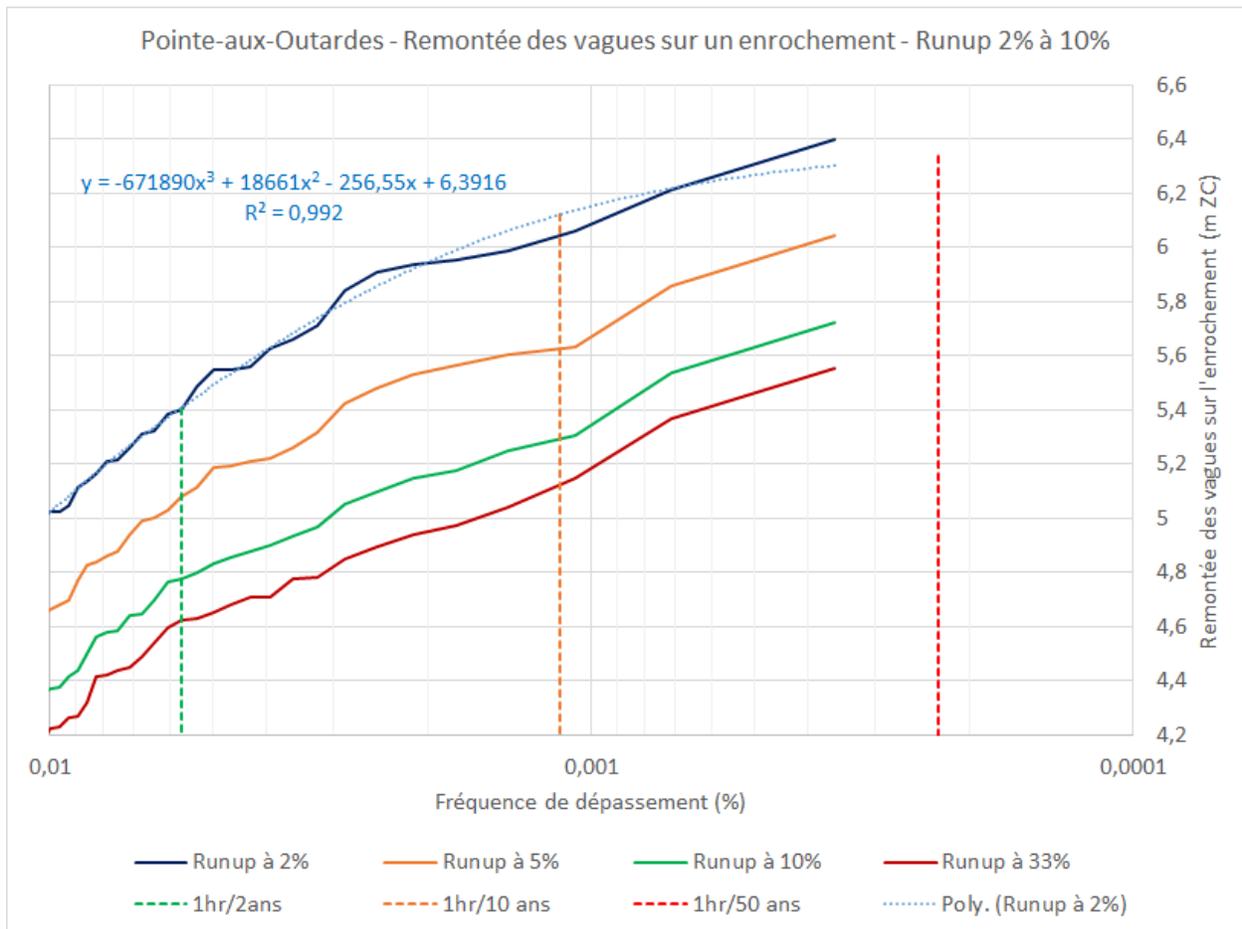


Figure 4.1 Remontée des vagues sur un enrochement (épi de Pointe-aux-Outardes)

Selon les résultats illustrés sur la figure 4.1 pour le secteur Pointe-aux-Outardes, la recommandation serait 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 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 suite à 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 2,6 m (récurrence 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 1,6 (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 Pointe-aux-Outardes.

Ces valeurs aboutissent à la recommandation de placer de la **Pierre de carapace de 2,8 à 4,6 tonnes** (1,2 à 1,4 m de diamètre équivalent) sur deux couches au musoir de l'épi. L'épaisseur de cette protection serait de 2,3 m et la largeur minimale de la crête serait de 3,4 m. La pierre-filtre à placer sous cette pierre de carapace serait de la pierre de 300 à 500 kg (0,55 à 0,65 m) sur une épaisseur de 1,1 m. Cette pierre-filtre serait installée sur un tout-venant de 0 à 300 kg (0 à 550 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 tonne** (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.

4.4 Coupes-type de l'épi

Les figures 4.2 à 4.4 illustrent les coupes longitudinale et transversales de l'épi.

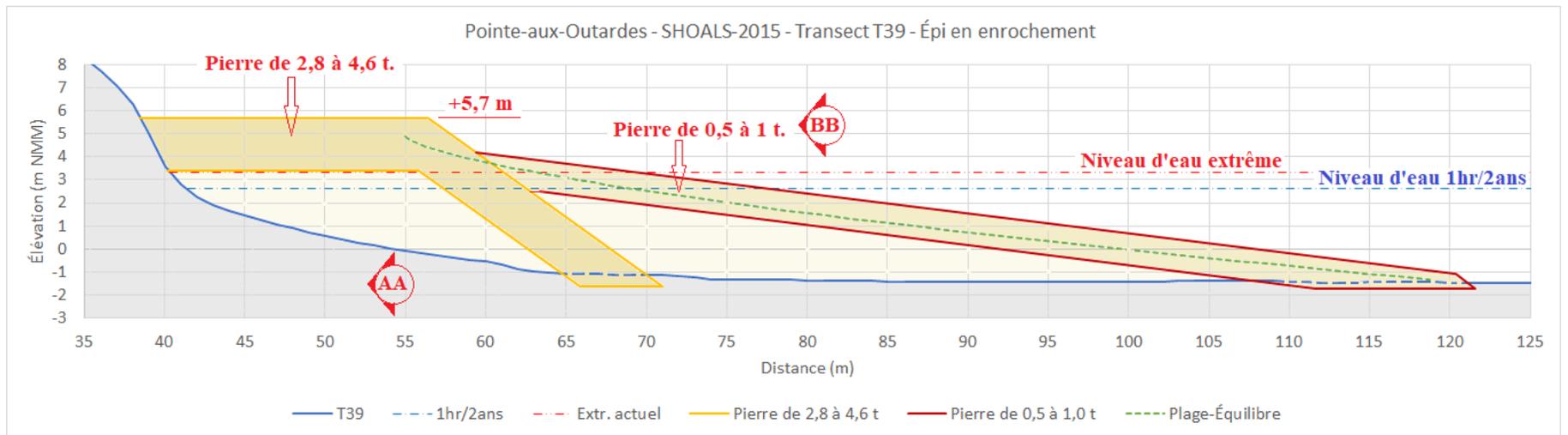


Figure 4.2 Vue en coupe longitudinale de l'épi de stabilisation de la recharge de plage proposée pour Pointe-aux-Outardes (transect T39)

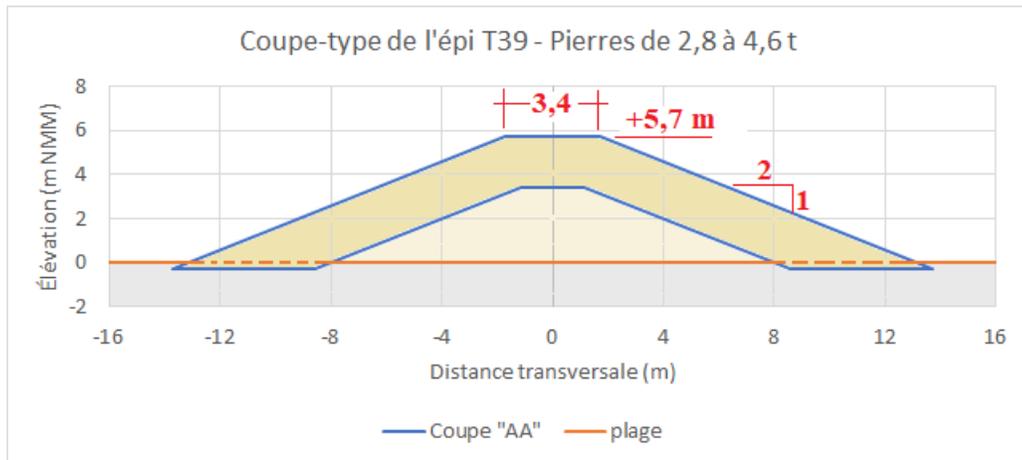


Figure 4.3 Coupe AA de l'épi proposé pour Pointe-aux-Outardes (pierres de 2,8 à 4,6 tonnes)

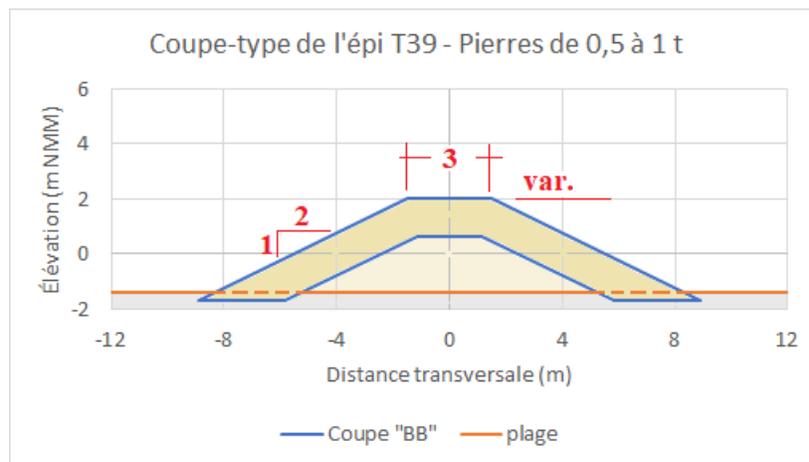


Figure 4.4 Coupe BB de l'épi proposé pour Pointe-aux-Outardes (pierres de 0,5 à 1 tonne)

5 Projet de protection de berge

5.1 Particularités du projet

Le projet de protection de berge proposé pour Pointe-aux-Outardes à l'est du vieux quai doit prendre en compte plusieurs particularités du site.

Les premières particularités sont la présence d'une structure d'arrêt du côté ouest de la recharge de plage, soit l'ancien quai (figure 2.6), ainsi que de deux épis artisanaux et de plusieurs enrochements linéaires en pied de la falaise.

De plus, depuis 2012, le projet de protection des berges de Pointe-aux-Outardes à l'est du quai a été prévu incluant des épis.

Les études de conception du projet ont donc visé à optimiser le projet en vérifiant l'intérêt de faire intervenir des épis avec ou sans la recharge de plage. Pour répondre à ces questions, une modélisation hydro-sédimentaire a été réalisée afin de vérifier le comportement à court, moyen et long terme de la rive, rechargée ou non.

5.2 Modélisations hydro-sédimentaires

Lasalle|NHC a procédé à l'évaluation des conditions hydro-sédimentaires des rives de Pointe-aux-Outardes ainsi qu'à l'analyse de stabilité de différents projets de mise en place d'épis ou de recharge de plage⁹. Suite à ces études, des ajustements ont été faits à la géométrie de la recharge pour tenir compte des résultats des modélisations hydro-sédimentaires.

Les premières options modélisées par Lasalle|NHC (LNI) ont été les recharges de plage. La première option de géométrie de la recharge a dû être modifiée pour tenir compte du fait que la partie orientale de la recharge régressait nettement plus vite que la partie occidentale. Un report des quantités de recharge a été fait de l'ouest vers l'est pour améliorer la durée de vie utile de la recharge de plage. La figure 5.1 extraite du rapport de LNI illustre l'évolution de la version retenue de la recharge de plage sur 32 ans. Selon cette analyse, la durée de vie utile de la recharge proposé à Pointe-aux-Outardes serait de l'ordre d'une trentaine d'années avant qu'une recharge d'entretien ne soit requise.

⁹ Lasalle|NHC, «Projet de protection littorale de la plage de Pointe-aux-Outardes – Modélisation numérique des conditions hydro-sédimentaires », Rapport R.0235 fait pour le compte du MSP, Février 2020

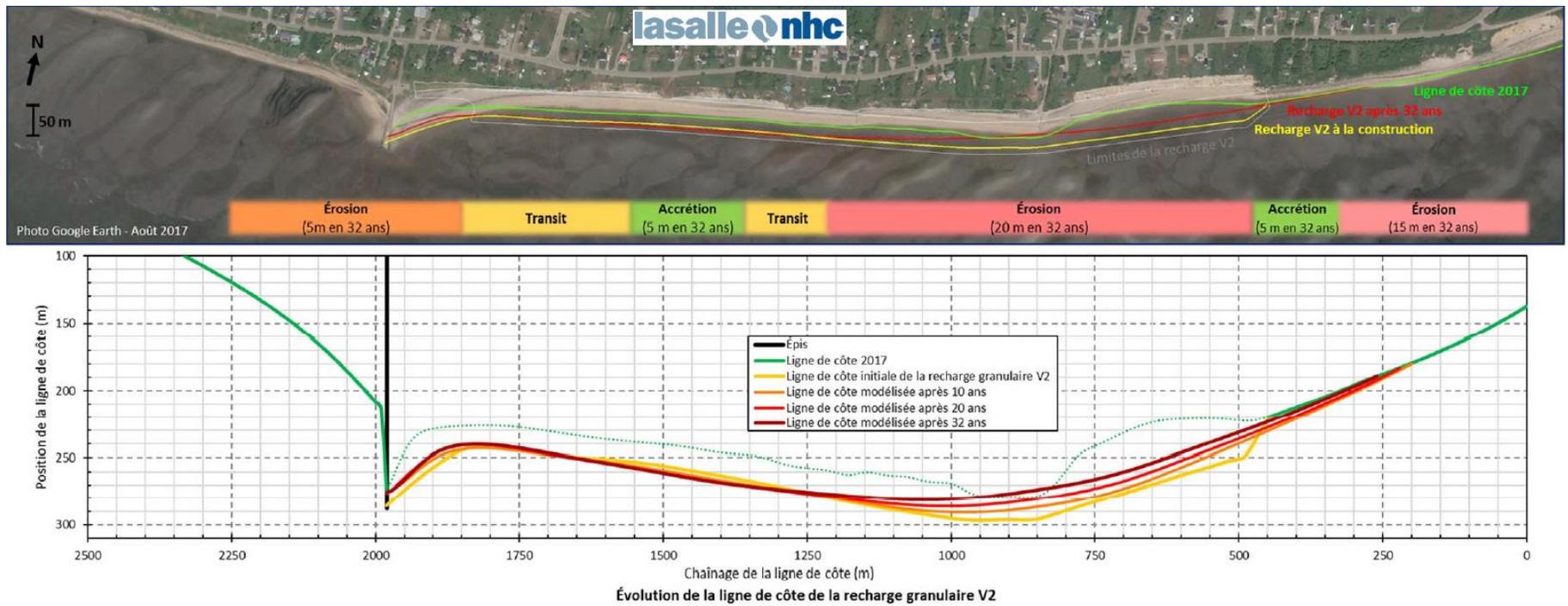


Figure 5.1 Évolution sur 32 ans de la recharge de plage de Pointe-aux-Outardes (Lasalle|NHC)

Les options suivantes analysées par Lasalle|NHC ont été les options de mise en place d'épis sans recharge de plage. Les figures 5.2 et 5.3 illustrent respectivement l'évolution sur 32 ans du rivage entre les épis et de part et d'autre de la zone traitée avec les épis. Que ce soit avec 4 épis (le vieux quai + 3 nouveaux épis) ou avec 6 épis (le vieux quai + 5 nouveaux épis), le rivage de la partie orientale de la zone des travaux subit une importante érosion avec des reculs locaux de la rive (donc du haut de la falaise) allant de 17 à 29 mètres.

La figure 5.4 illustre les distances entre le haut de la falaise (en 2007 et en 2017) et la rue Labrie près du 295, Labrie, à l'est de la zone prévue pour la mise en place de la protection de berge. On constate que, sans mesure de mitigation (comme une recharge de plage), la mise en place des épis met en danger cette infrastructure routière. Le même constat peut être fait entre les épis les plus à l'est où plusieurs résidences seraient affectées par l'érosion de la rive si des mesures de mitigation ne sont pas mises en place en même temps que les épis.

Les modélisations hydro-sédimentaires ont démontré que la seule mise en place d'épis n'est pas viable à Pointe-aux-Outardes. Pour envisager cette solution des épis, il est nécessaire de la compléter par la mise en place d'une recharge de plage ou d'enrochements entre les épis et du côté est de la zone traitée avec des épis.

Une évaluation préliminaire des coûts de l'option de mise en place de cinq nouveaux épis et de la recharge de plage requise pour éviter d'affecter les infrastructures en place a montré que le projet comprenant des épis pourrait coûter deux fois plus cher que le projet de mise en place d'une recharge de plage sans épis. Les solutions de protection de berge avec épis ont donc été écartées.

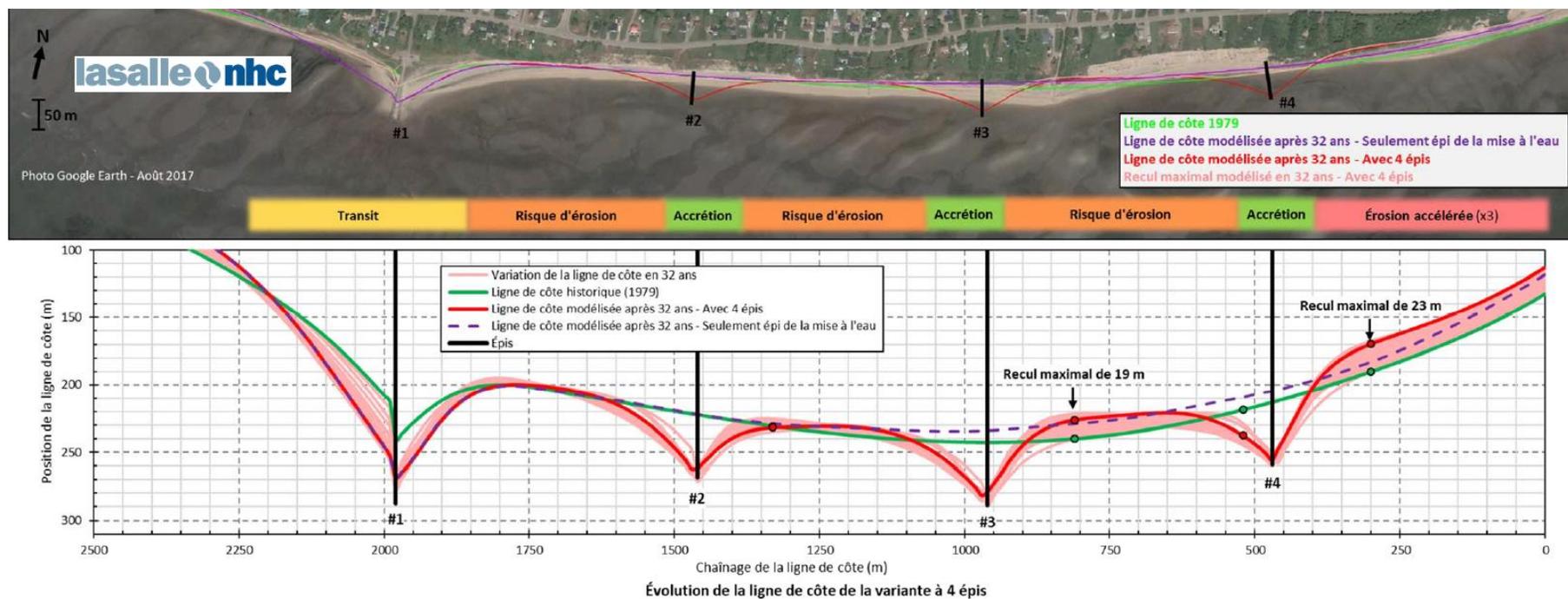


Figure 5.2 Évolution sur 32 ans du rivage suite à la mise en place de 3 nouveaux épis sur la plage de Pointe-aux-Outardes (Lasalle|NHC)

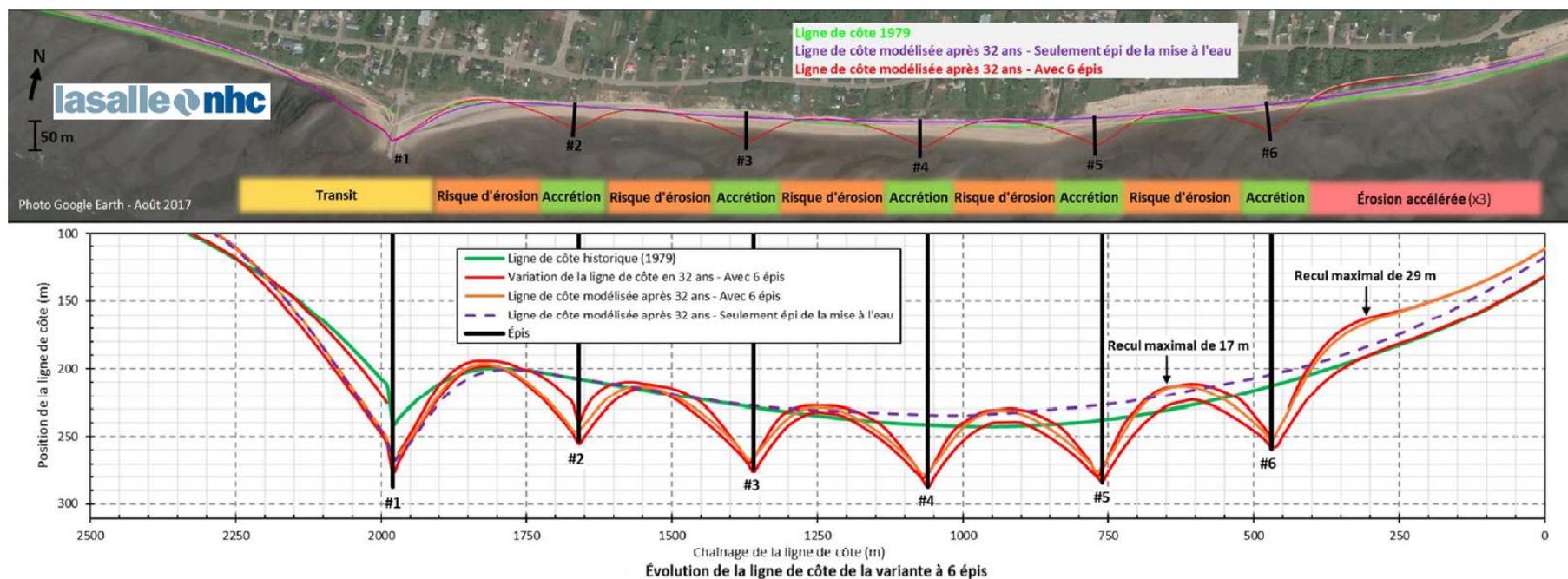


Figure 5.3 Évolution sur 32 ans du rivage suite à la mise en place de 5 nouveaux épis sur la plage de Pointe-aux-Outardes (Lasalle|NHC)



Figure 5.3 Exemple de distance entre le haut de la falaise et les infrastructures à proximité de la plage de Pointe-aux-Outardes

6 Projet de recharge de plage

La figure 6.1 présente la vue en plan de la recharge de plage proposée pour la rive de Pointe-aux-Outardes située à l'est du vieux quai. Environ 1,5 km de rive seront touchés par ce projet.

La figure 6.3 présente la vue en plan de la recharge de plage sur laquelle on retrouve la géométrie de la recharge de construction, les isobathes « 0,0 m », « -1,0 m » et « -2,0 m » ainsi que la position de certains transects qui ont été utilisés pour positionner la recharge de plage (fond de plan : carte topographique au 1/20 000^e). La figure 6.3 présente la vue en plan de la recharge de plage avec la photo aérienne comme fond de plan.

Les figures 6.4 à 6.6 présentent la coupe-type de recharge de plage à différents transects.

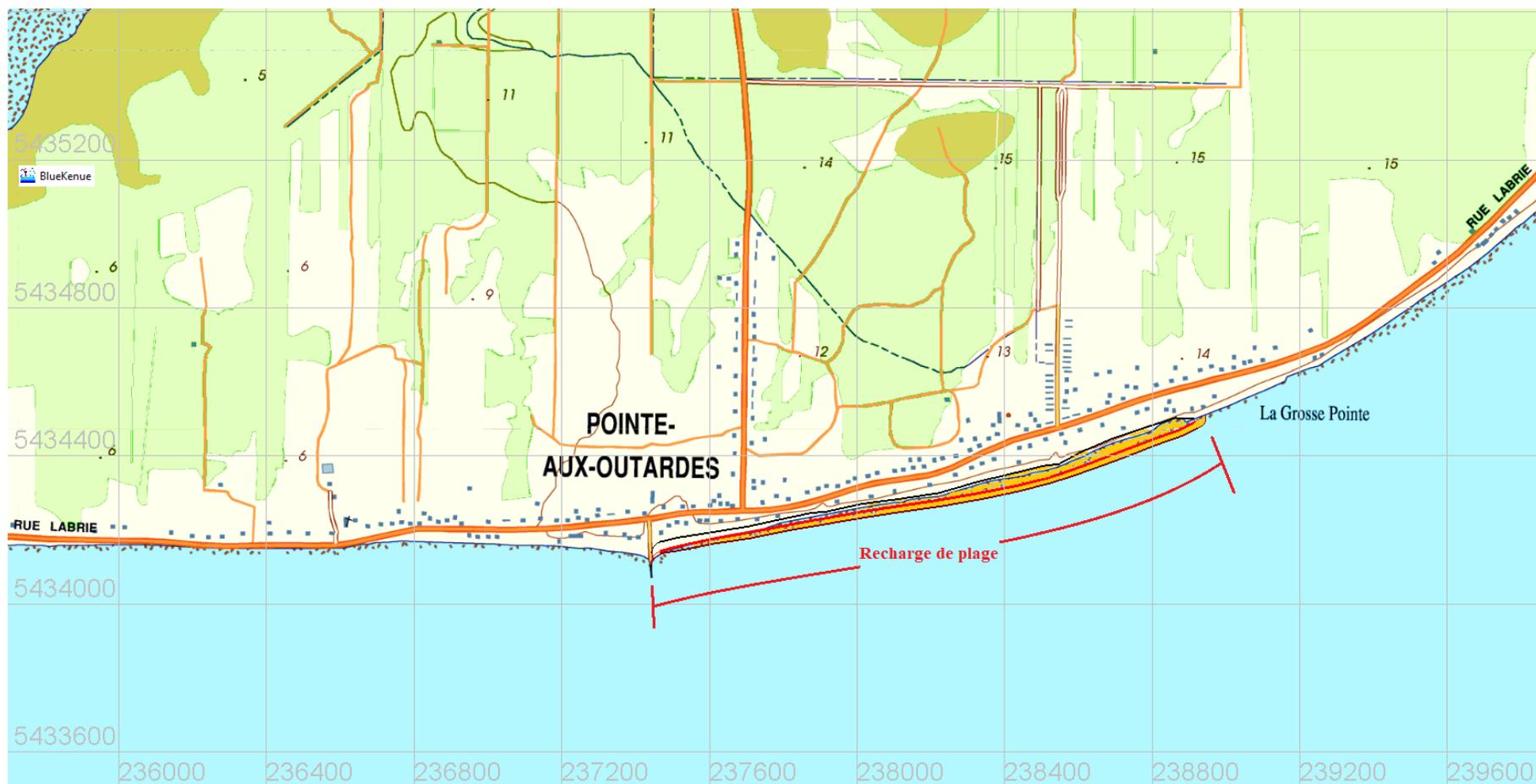


Figure 6.1 Vue en plan du secteur de la recharge de plage proposée pour Pointe-aux-Outardes (carte topographique au 1/20 000^e)

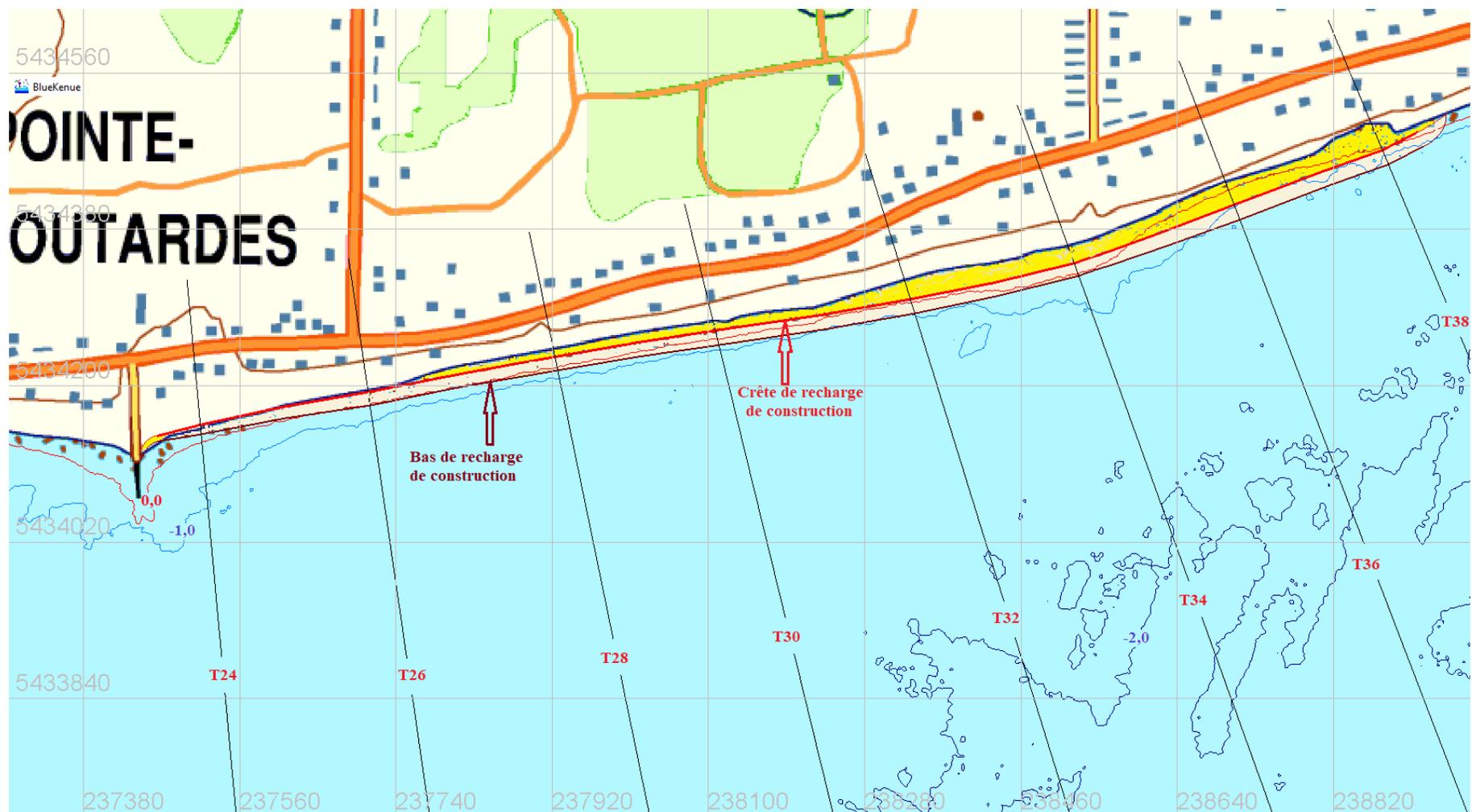


Figure 6.2 Vue en plan de la recharge de plage avec isobathes et transects (carte topographique au 1/20 000^e)



Figure 6.3 Vue en plan du projet de recharge de plage (photo aérienne)

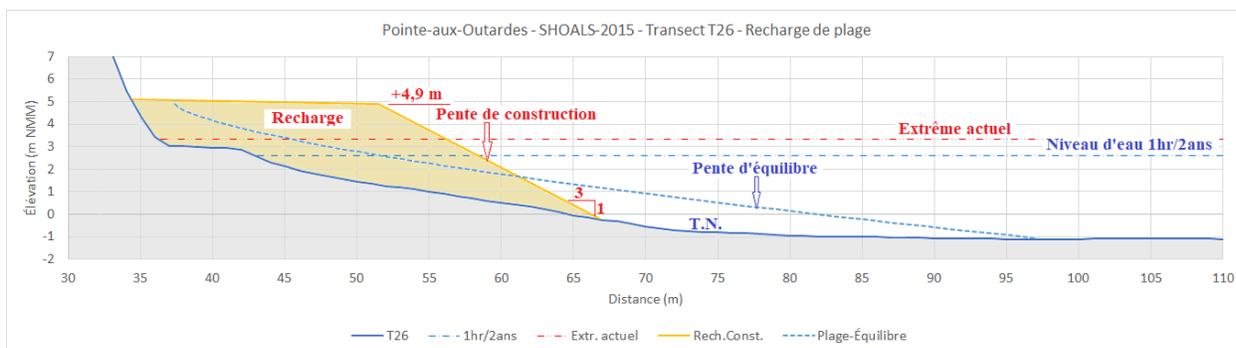


Figure 6.4 Coupe-type d'une recharge de plage (Transect T26)

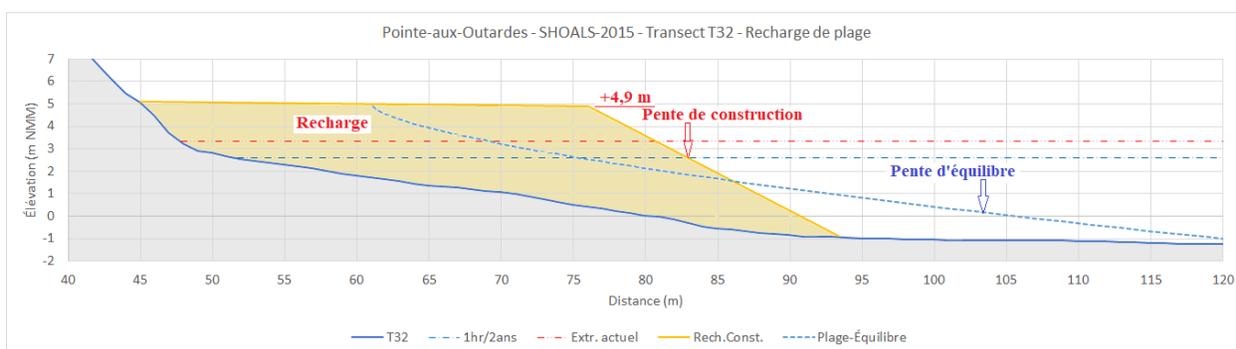


Figure 6.5 Coupe-type d'une recharge de plage (Transect T32)

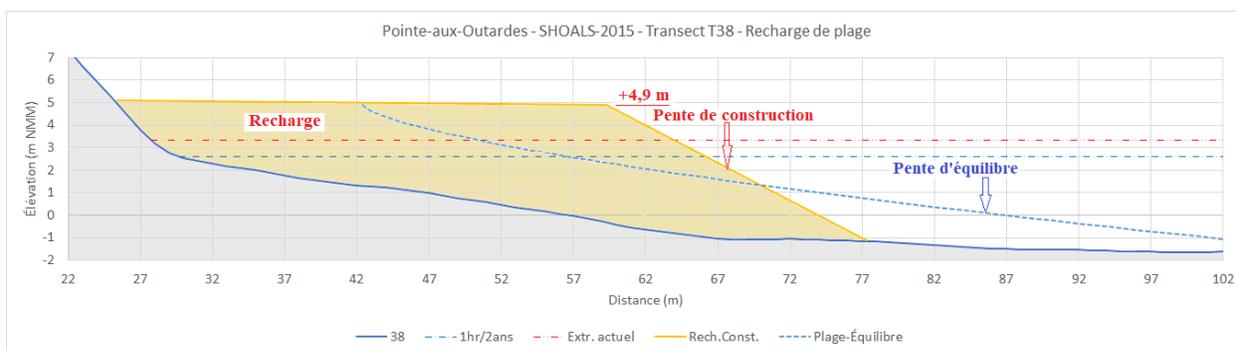


Figure 6.6 Coupe-type d'une recharge de plage (Transect T38)

7 Quantités et coûts

7.1 Quantités

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

Le projet de recharge de plage s'étendrait sur environ 1,5 km de rivage et empièterait sur environ :

- 48 800 m² de rivage à partir du niveau d'eau de récurrence 2 ans (assimilée à la ligne des hautes eaux ou LHE) et
- 47 050 m² de rivage à partir de la PMSGM.

Les quantités de matériaux granulaires requis pour la recharge seraient de 166 000 m³.

7.2 Option réduite

Une option réduite de ce projet a également été envisagée. Cette option consisterait à placer moins de matériaux de recharge dans la partie ouest du secteur du projet, près du quai, pour réduire la quantité totale de matériaux à 148 000 m³.

En effet, les modélisations hydro-sédimentaires ont montré que cette zone sera, à long terme, en accrétion. Le risque de cette option réduite est que certains épisodes de tempêtes provoquent temporairement un recul de la rive dans la partie ouest du projet, recul qui pourrait se répercuter sur la falaise. Dans ce secteur ouest, la rue Labrie se trouve par endroit à environ une dizaine de mètres du bord de la falaise (photo GoogleTM Earth d'octobre 2019) et il y aurait une maison à moins de 5 m du bord de la falaise. Si ce projet est retenu, il sera important de suivre attentivement les mouvements de la rive dans la partie ouest de la recharge et d'envisager une intervention si un recul de la falaise se produisait.

7.3 Coûts

Le tableau 7.1 présente les coûts estimatifs de la construction du projet de recharge de la plage de Pointe-aux-Outardes sur 1,5 km à l'est du vieux quai, soit **8,84 M\$**.

Le coût serait de **7,88 M\$** si on envisage le projet réduit avec ses 148 000 m³ de matériaux granulaires.

Tableau 7.1 Coûts estimatifs du projet de recharge de la plage de Pointe-aux-Outardes

Poste	Quantités	Prix unitaire	Coût (\$)
Organisation de chantier	1	12%	947 000
Matériel granulaire	166 000 m ³	43	7 138 000
Enrochements en place	1	30 000	30 000
Contingences	1	10%	717 000
Total			8 840 000

À ces coûts s'ajoutent les relevés, les études (ingénierie finale, plans et devis), 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. La durée de vie utile de la recharge serait de l'ordre d'une trentaine d'années sur la base des modélisations hydro-sédimentaires qui indiquent que les interventions d'entretien seraient principalement concentrées du côté est de la recharge.

8 Conclusion et recommandations

8.1 Conclusion

À la lumière des résultats de cette étude, qui démontrent les coûts élevés liés à la mise en place d'épis rocheux et leurs impacts sur l'érosion des secteurs adjacents, la solution de protection de berge la plus appropriée serait de procéder à la mise en place d'une recharge de plage avec des matériaux relativement grossiers (graviers et sable). Le projet de recharge de la plage de Pointe-aux-Outardes 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 du rivage sablonneux actuel face aux épisodes de surcotes accompagnés de vagues.

Le projet de recharge recommandé consisterait à protéger environ 1,5 km de rivage et empièterait sur environ 48 800 m² de rivage (par rapport à la ligne des hautes eaux). Les quantités estimées de matériaux granulaires requises seraient de 166 000 m³.

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

Le coût estimé des travaux est de 8,84 M\$, excluant les études et autres frais annexes.

Une option consistant à réduire les quantités de matériaux granulaires de la recharge à 148 000 m³ a été envisagée. Moins de matériaux seraient mis en place dans la partie ouest de la recharge en tenant compte du fait que les modélisations hydro-sédimentaires ont montré que ce secteur sera en accrétion à long terme. Ce projet comporte cependant un risque que la rive de cette partie ouest de la recharge recule temporairement à l'occasion de tempêtes et que certaines infrastructures soient affectées par ce recul.

8.2 Recommandations

La topographie de la plage Pointe-aux-Outardes évolue avec le temps. Les données topographiques utilisées dans le cadre de la présente étude datent de 2015 (SHOALS) ou de 2017 (LiDAR). Il serait requis d'acquérir de nouvelles données topographiques de cette rive avant de réaliser les plans et devis. Ces nouvelles données permettraient de confirmer la géométrie du projet et les quantités requises de matériaux.

L'intervention de recharge de la plage de Pointe-aux-Outardes devrait idéalement être faite dès que possible. Certaines infrastructures (rue Labrie et quelques maisons) pourraient être

endommagée lors des prochaines tempêtes. Retarder l'intervention de protection de berge pourrait mettre en péril l'accès routier au secteur de Pointe-aux-Outardes situé le plus à l'est (services d'urgence, incendies, ambulances, etc.). Il serait donc important de ne pas retarder la mise en œuvre du projet.

La présence d'épis artisanaux et d'enrochements linéaires pourrait interférer avec la recharge de plage. Un montant de 30 000 \$ a été prévu pour déplacer ou reconfigurer certaines de ces infrastructures. Il est cependant recommandé de consulter les résidents de Pointe-aux-Outardes avant de modifier ces infrastructures.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Y. Ropars', written in a cursive style.

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

ANNEXE 1

Coordonnées des lignes caractéristiques de la recharge de plage

Transect	Crête Recharge de construction		Bas Recharge de construction	
T23b	237 465,5	5 434 142,1	237 466,0	5 434 136,2
T24	237 514,7	5 434 155,2	237 515,7	5 434 144,1
T25	237 611,6	5 434 176,0	237 613,1	5 434 162,5
T26	237 708,1	5 434 192,3	237 710,3	5 434 177,1
T27	237 815,0	5 434 213,6	237 817,3	5 434 199,1
T27a	237 879,3	5 434 225,6	237 882,3	5 434 210,0
T28	237 923,3	5 434 232,9	237 926,5	5 434 217,6
T29	238 017,4	5 434 249,4	238 021,1	5 434 233,3
T30	238 108,1	5 434 263,5	238 112,1	5 434 247,1
T31	238 227,4	5 434 281,0	238 232,1	5 434 264,3
T32	238 332,7	5 434 299,5	238 337,8	5 434 283,0
T33	238 427,9	5 434 317,9	238 432,9	5 434 302,8
T34	238 521,3	5 434 340,8	238 526,4	5 434 326,7
T34a	238 540,0	5 434 347,4	238 545,4	5 434 333,1
T34a	238 557,9	5 434 353,1	238 563,4	5 434 338,5
T35	238 617,1	5 434 374,7	238 623,1	5 434 359,0
T36	238 705,7	5 434 407,8	238 712,1	5 434 391,0
T37	238 809,6	5 434 447,5	238 816,2	5 434 430,8
T38	238 876,3	5 434 471,2	238 883,3	5 434 454,6
T39	238 916,8	5 434 492,0	238 923,8	5 434 475,7



ANNEXE 11
RAPPORT FINAL - CARACTÉRISATION
DE LA FAUNE BENTHIQUE
ENGLOBE – FÉVRIER 2020

Municipalité de Pointe-aux-Outardes

CARACTÉRISATION DE LA FAUNE BENTHIQUE

Projet de recharge de la plage de Pointe-aux-Outardes

046-P-0020910-0-01-001-01-EN-R-0100-00

FÉVRIER 2020

VERSION FINALE



Préparé par :

Sebastien B Deschênes

Sébastien Bélanger-Deschênes, M. Sc., biol.
Professionnel en environnement
Études environnementales et relations avec
les communautés

Vérfié par :

Michel Belles-Isles

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

Équipe de réalisation

Fédération québécoise des municipalités

Directeur	Dominic Lachance, ing.
Chargée de projet	Nirisoa Raherinaina, ing.

Englobe Corp.

Chargé de projet	Michel Belles-Isles, Ph. D.
Spécialiste en faune aquatique	Michel Belles-Isles, Ph. D.
Biologiste	Sébastien Bélanger-Deschênes, M. Sc.
Relevés de terrain	Kathy Girard, technicienne Olivier Allard, technicien
Cartographie	Jérémy Poulin, cartographe
Révision et édition	Julie Korell, spécialiste en révision et en édition, B.A.

Registre des émissions		
N° de révision	Date	Description
0A	15 janvier 2020	Émission préliminaire
00	4 février 2020	Émission 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
2	IDENTIFICATION DU SITE À L'ÉTUDE	3
3	RECHERCHE DOCUMENTAIRE	5
4	MÉTHODOLOGIE	9
5	RÉSULTATS ET DISCUSSION	13
5.1	Granulométrie.....	17
5.2	Faune benthique	17
5.3	Autres observations.....	19
6	CONCLUSION	21
7	RÉFÉRENCES	23
Cartes		
Carte 1	Localisation de la zone d'étude dans son contexte régional.....	4
Carte 2	Stations d'échantillonnage et densités	11
Carte 3	Nombre de captures par station et empreinte de prévue de l'ouvrage	15
Tableau		
Tableau 1	Résultats de l'inventaire	13
Tableau 2	Densité d'organismes benthiques en fonction de la position sur l'étage intertidal	18
Annexes		
Annexe A	Fiches de terrain	
Annexe B	Répertoire photographique	

1 Introduction

Le village de Pointe-aux-Outardes désire réaliser un projet de rechargement de la plage à l'est du quai municipal. Ce projet consistera à recharger la plage à l'aide des matériaux granulaires d'un diamètre médian de 10 à 15 mm, et ce, sur 1,5 km.

Ce projet se situe dans la réserve aquatique projetée de Manicouagan (RAPM), qui fait partie de la Réserve mondiale de la biosphère Manicouagan-Uapishka. Cette réserve projetée comprend plusieurs milieux riches et diversifiés, dont l'estran de la péninsule de Manicouagan. Les berges, à cet endroit, sont occupées par des résidences, des habitations de villégiature ainsi que par plusieurs infrastructures municipales et sont de plus en plus exposées à l'érosion. Ces infrastructures et résidences sont ainsi de plus en plus menacées lors de chaque tempête dont la fréquence augmente depuis quelques années. La municipalité de Pointe-aux-Outardes a donc entrepris des démarches afin de stabiliser ce secteur sujet à l'érosion et a retenu le concept d'une recharge de plage pour cette partie du littoral.

Toutefois, ces travaux sont assujettis à l'obtention d'une autorisation en vertu de la Loi sur la conservation du patrimoine naturel et requièrent la délivrance d'une autorisation ministérielle. Afin de présenter les demandes nécessaires à l'obtention des autorisations, des informations sont requises afin de bien décrire le milieu existant. La plupart des informations sont déjà disponibles dans l'étude d'impact du projet de stabilisation de la berge à l'ouest du quai, mais les autorités compétentes désirent obtenir des informations additionnelles concernant la faune benthique à l'endroit des travaux.

Plusieurs informations existent déjà sur la richesse de la faune benthique dans la réserve aquatique projetée (Provencher et Nozères, 2013; CIMA+, 2016), mais elles correspondent aux communautés que l'on retrouve dans l'infralittoral et dans les zones plus profondes qui sont continuellement recouvertes par les eaux. Or, le projet de recharge de plage sera situé dans la partie de l'estran correspondant à l'étage médiolittoral qui est régulièrement découvert lors des marées. Aucun relevé spécifique n'existe sur ces communautés, à cet endroit de la plage. Afin de permettre de répondre aux demandes et aux questions anticipées de la part des autorités fédérales et provinciales, la municipalité a, par le biais de la Fédération des municipalités de Québec (FMQ), 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 atteintes par les matériaux lorsque le profil d'équilibre de l'ouvrage sera atteint ;
- ▶ 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, l'information pertinente observée sur le site à l'étude et son interprétation et une conclusion indiquant l'atteinte des objectifs.

2 Identification du site à l'étude

Le projet est localisé à l'intérieur du territoire municipal de Pointe-aux-Outardes, un village situé dans la municipalité régionale de comté (MRC) de Manicouagan, à environ 16 km à vol d'oiseau de l'entrée ouest de la ville de Baie-Comeau.

La plage étudiée se situe dans la partie sud de la municipalité et est parallèle à la rue Labrie. La zone d'étude s'étend sur environ 1,7 km vers l'est, à partir des environs du quai municipal, connu sous le nom de Vieux quai, non loin de la jonction entre la rue Labrie et le chemin Principal (carte 1). La zone d'étude s'étend sur une largeur de 75 m depuis la rive, soit dans la surface prévue des travaux ainsi que la surface que devraient occuper les matériaux de la recharge après leur étalement sous l'action des vagues et des tempêtes. Les photographies 1 et 2 de l'annexe B présentent un aperçu de l'état des lieux au moment de réaliser les travaux de terrain.



Fédération québécoise des municipalités
 Caractérisation de la faune benthique - Projet de recharge de la plage de Pointe-aux-Outardes

Carte 1
Carte de localisation de la zone d'étude

Sources :
 Base : Orthophoto, © 2012 DigitalGlobe Image courtesy of USGS
 BDGA, 1/1 000 000, MRNF Québec, 2011
 BDTA, 1/250 000, MRN Québec, 2002
 Inventaires : Englobe, 2020
 Cartographie : Englobe

Février 2020



Chargé de projet : M. Belles-Isles				Date : 2020-02-04			
Préparé : S. B.-Deschênes		Dessiné : J.-F. Bazin		Vérifié : M. Belles-Isles			
Serv. Maître	Projet	Otp	Disc.	Type	N° dessin	Rév.	
46	P-0020910	0 01 001	EN	D	0101	00	

Fichier : I:\que7-11\001\Projets\1046\P-0020910_Inventaire_faune_benthique\GO2_Carto1\MXD\IP20910_c1_001_localisation_202004.mxd

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 Pointe-aux-Outardes et, plus généralement, de la péninsule Manicouagan.

Le domaine benthique marin est subdivisé en deux zones : la zone littorale, qui correspond aux plates-formes littorales, et la zone profonde, 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 mers 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 ils sont peu susceptibles d'être atteints de manière significative par les matériaux de la recharge de plage. L'étage supralittoral n'a pas été échantillonné, car il est occupé par une falaise en érosion active dans laquelle la faune benthique marine est assurément absente. D'ailleurs, certaines parties supralittorales étaient occupées par une couverture de glace et de neige d'environ 75 cm d'épaisseur impossible à creuser à la pelle.

Selon Mousseau et coll. (1997), la moule bleue (*Mytilus edulis*) et le cirripède *Semibalanus balanoides* (la balane) sont habituellement les invertébrés sessiles les plus abondants sur les rochers de l'étage médiolittoral. Les autres invertébrés présents sur substrats rocheux sont soit des épiphytes associés aux fucacées, soit des organismes fouisseurs (polychètes, oligochètes et nématodes) qui se développent dans les sédiments accumulés sous les rochers. Toujours selon ces auteurs, les estrans sableux, comme ceux de la plage de Pointe-aux-Outardes, abritent une faune plus diversifiée; une vingtaine d'espèces macrobenthiques appartenant aux classes des gastéropodes, des bivalves, des polychètes et des crustacés sont susceptibles de s'y retrouver. Les gastéropodes *Hydrobia minuta* ainsi que les bivalves *Gemma gemma* et la mye commune (*Mya arenaria*) 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.*

La publication de Lizon Provencher et Claude Nozères (2013) intitulée *Biodiversité du secteur marin de la péninsule Manicouagan : une aire marine protégée en devenir* est certainement la description la plus complète des communautés benthiques peuplant les secteurs à proximité de la zone d'étude. Selon cette publication, le vaste estran de la péninsule Manicouagan peut se découvrir sur une largeur allant de 2 à 4 km lors des grandes marées de vives-eaux. De plus, une caractéristique centrale de la batture de Pointe-aux-Outardes est la présence d'un des plus grands bancs de myes communes de la Côte-Nord, faisant l'objet d'une importante cueillette artisanale et ayant, par le passé, fait l'objet d'une exploitation commerciale. Il est à

¹ Couche d'eau où la température change rapidement avec la profondeur

noter que cette étude présente des informations concernant la biodiversité benthique à différents étages incluant l'estran, l'infralittoral, le circalittoral (entre 50 et 200 m) et le bathyal (200 m et plus).

Au niveau de l'estran de la péninsule Manicouagan, l'étude dénote la dominance du mollusque bivalve *Macoma balthica* au niveau de la communauté abritant la mye commune. Ce milieu abrite également plusieurs autres catégories d'invertébrés benthiques tels que les oligochètes, les nématodes, les gammares ainsi que de petits copépodes. Sur le plan végétal, les caractéristiques dominantes sont l'herbier de zostère (*Zostera marina*) de la péninsule Manicouagan, le plus vaste de la Côte-Nord (14,63 km²) ainsi que l'important marais salé de Pointe-aux-Outardes situé dans l'estuaire de la rivière aux Outardes. C'est au niveau de l'herbier de zostère que la faune benthique est la plus diversifiée dans tout le secteur. Les différents animaux y trouvent abri et subsistance; des caractéristiques qui en font également un lieu crucial pour leurs premiers stades de vie.

Provencher et Nozères (2013) dénotent que l'étage infralittoral de la batture est caractérisé par des fluctuations importantes de salinité et de température à l'échelle journalière et saisonnière. Elles sont la conséquence des cycles de marée ainsi que de l'apport d'eau douce des deux grandes rivières (aux Outardes et Manicouagan) qui bordent la péninsule. L'endofaune (animaux enfouis) de cet étage est essentiellement composée de vers et de bivalves. La biodiversité de mollusques y est maximale et inclut notamment le buccin commun ou bourgot (*Buccinum undatum*), la clovisse arctique (*Mesodesma arctatum*), la coque du Groenland (*Serripes groenlandicus*), la coque d'Islande (*Clinocardium ciliatum*), la moule bleue, la mactre de Stimpson (*Mactromeris polynyma*), la macoma calcaire (*Macoma calcarea*) et le pitot (*Cyrtodaria siliqua*). Les principaux vers qui y sont enfouis sont les polychètes *Nephtys caceca* et *Goniada maculata*. Parmi les animaux benthiques qui vivent à la surface du fond marin (ectobenthiques), plusieurs sont répandus, notamment le crabe araignée (*Hyas araneus*), la crevette striée (*Pandalus montagu*), et les mysides. D'autres espèces d'animaux sessiles (sédentaires) sont plus abondants sur les substrats plus grossiers de l'est de la batture (embouchure Manicouagan), mais pourraient également se retrouver par endroits dans la portion ouest (embouchure aux Outardes). Parmi des derniers, mentionnons l'anémone marbrée (*Stomphia coccinea*), le dahlia de mer (*Urticina felina*) ainsi que le concombre *Pentamera calcigera*.

Au sein de l'étage circalittoral, la même étude a trouvé certains organismes qui se retrouvaient également dans l'infralittoral, notamment la macoma calcaire ainsi que les deux espèces de coques citées précédemment. De plus, de nombreuses espèces de vers polychètes sont présents parmi les sédiments qui sont de plus en plus fins avec la profondeur. Les plus abondants sont *Goniada maculata*, *Praxillella gracilis*, *Praxillella praetermissa*, *Maldane sarsi*, *Melinna cristata*, *Axiiothella catenata* et *Harmothoe imbricata*. Plusieurs autres invertébrés y sont également observables, notamment la crevette striée, l'oursin vert (*Strongylocentrotus droebachiensis*) et l'ophiure épineuse (*Ophiocoma paucigranulata*). La partie la plus profonde du circalittoral, soit entre 100 et 200 mètres de profondeur, voit l'apparition du vers *Artacama proboscidea* et de l'amphipode fouisseur de grande dimension *Neohela monstrosa*. À ces profondeurs, la crevette nordique (*Pandalus borealis*) devient omniprésente.

Pour finir, Provencher et Nozères (2013) se sont intéressés à la plaine bathyale qui correspond au fond du chenal laurentien. Les eaux y sont pauvres en oxygène et accueillent conséquemment des organismes adaptés à ces conditions tels que le polychète (*Ceratocephale loveni*), la grande anémone (*Actinostola callosa*), la plume de mer (*Pennatula aculeata*), l'ophiure fouisseuse (*Amphiura filiformis*) et l'ophiure de Sars (*Ophiura sarsii*).

Globalement, les fonds marins des environs de la péninsule Manicouagan présentent une grande diversité et l'étude citée précédemment a permis d'identifier une quarantaine d'espèces d'invertébrés benthiques au niveau des herbiers de zostère et des bancs de myes, qui sont les communautés les plus proches de la zone d'étude qui nous intéresse. Plusieurs de ces espèces pourraient se retrouver dans la zone d'étude. Malheureusement, aucun relevé n'a été effectué dans la zone d'étude permettant de déterminer la diversité et l'abondance des organismes benthiques présents.

4 Méthodologie

Au total, 54 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 que les matériaux de la recharge de plage atteindront à l'équilibre. 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 les 20, 21 et 28 novembre 2019. Globalement, 46 stations ont initialement été échantillonnées lors des sorties du 20 et 21 novembre 2019. Les huit dernières stations, situées le long de l'isobathe le plus distant du rivage ont été échantillonnées le 28 novembre, lorsque les marées ont atteint une amplitude suffisante pour s'y rendre.

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., ichtyologue). La campagne a impliqué la mobilisation d'une équipe de deux personnes lors de chacune des trois sorties. Les employés suivants du bureau de Baie-Comeau d'Englobe Corp. ont participé aux travaux : Kathy Girard (20 novembre), Olivier Allard (21 novembre), Michel Belles-Isles (28 novembre) et Sébastien Bélanger-Deschênes (20, 21 et 28 novembre).

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.

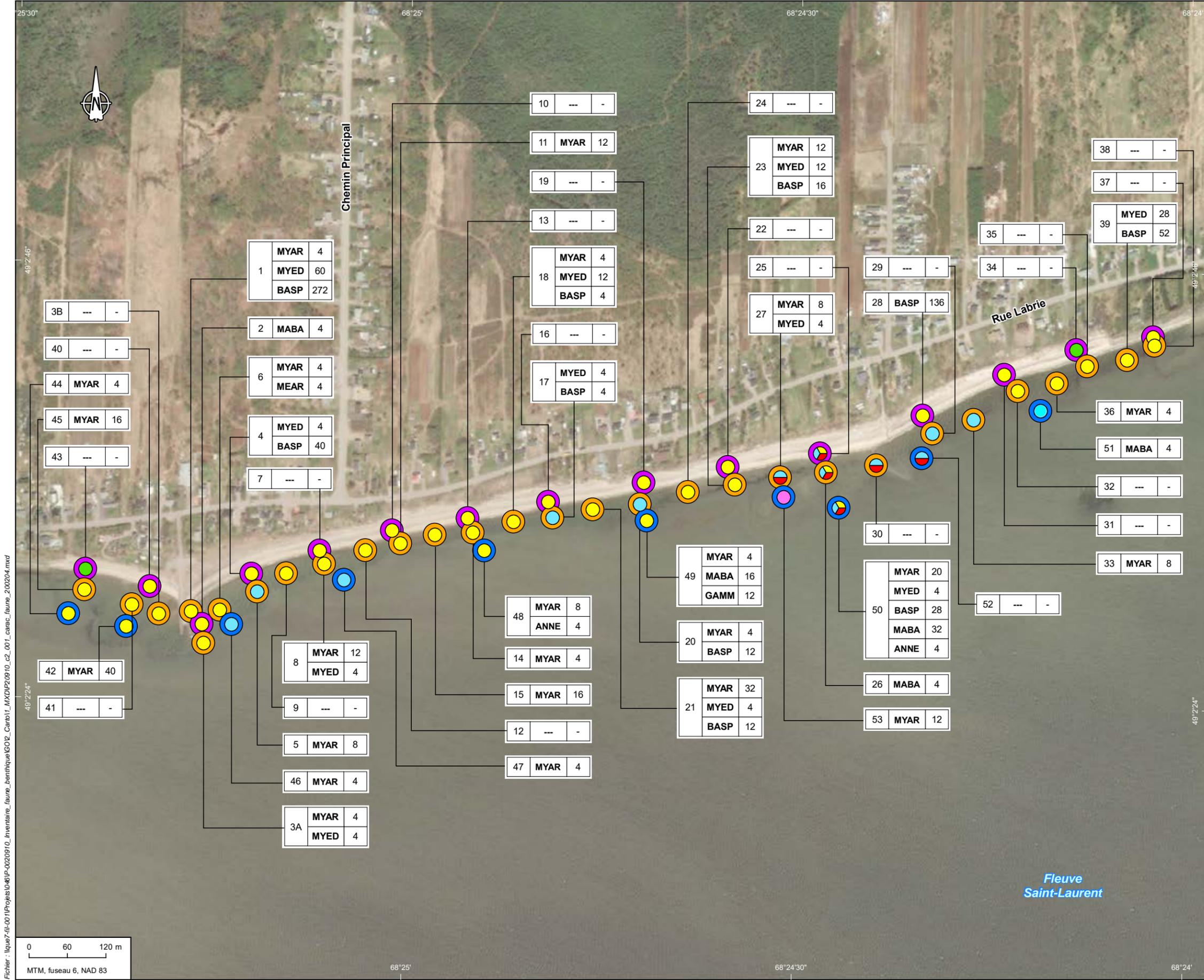
L'échantillonnage a principalement été effectué lors de la période de marée basse bien que les stations les plus hautes sur l'estran aient été visitées au début de la marée baissante.

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. 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).

Tous les organismes récoltés 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'intérêt 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: 50
 Densité (individus/m²): Gamm 272
 Organisme: Gamm

Étages intertidaux

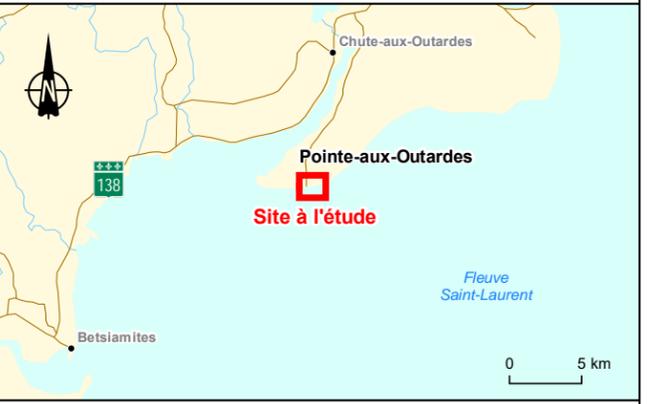
- Médiolittoral inférieur (Blue circle)
- Médiolittoral moyen (Orange circle)
- Médiolittoral supérieur (Purple circle)

Granulométrie dominante

- Sable grossier (Green square)
- Sable moyen (Yellow square)
- Sable fin (Light blue square)
- Sable très fin (Red square)
- Silt / Limon / Argile (Pink square)

Organismes

- MYAR** Mye commune (*Mya arenaria*)
- MEAR** Clovisse arctique (*Mesodesma arctatum*)
- MYED** Moule bleue (*Mytilus edulis*)
- BASP** Balane sp. (*Balanus sp.*)
- MABA** Petite macoma (*Macoma balthica*)
- GAMM** Gammare sp. (*Gammarus sp.*)
- ANNE** Vers annélide (*Annelida sp.*)



Village de **Pointe-aux-Outardes**
 Caractérisation de la faune benthique - Projet de recharge de la plage de Pointe-aux-Outardes

Carte 2

Stations d'échantillonnage et densités

Sources :
 Base : Ortho-image (satellite), Bing Maps Aerial, 2013
 BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
 Inventaires : Englobe, 2019
 Cartographie : Englobe

Février 2020

Chargé de projet : M. Belles-Isles		Date : 2020-02-04						
Préparé : S. Bélanger-Deschenes		Dessiné : J. Poulin		Vérifié : M. Belles-Isles				
46	P-0020910	0	01	001	EN	D	0102	00

Fichier : I:\projets\046\IP-0020910_Inventaire_faune_benthique\GOV_Carbo11_MXD\IP20910_c2_001_canc_faune_202004.mxd

5 Résultats et discussion

Le tableau 1 présente les résultats obtenus lors de l'inventaire de terrain. 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 en termes de densités par espèce pour chacune des stations et la carte 3 illustre le nombre de captures (toutes les espèces regroupées) à chacune des stations ainsi que l'empreinte prévue de l'ouvrage. 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 densité (nombre d'individus par mètre carré).

Tableau 1 Résultats de l'inventaire

Station	Granulométrie ¹ (%)								Faune benthique (individus capturés) ²							Étage ³		
	C	G	S _{lg}	S _g	S _m	S _f	S _{if}	Li/Ar	MYAR	MEAR	MYED	BASP	MABA	GAMM	ANNE	S	M	I
1	0	0	0	5	80	10	5	0	1	0	15	68	0	0	0		X	
2	0	0	0	5	70	15	10	0	0	0	0	0	1	0	0	X		
3A	0	0	1	4	70	15	10	0	1	0	1	0	0	0	0		X	
3B	0	0	0	0	75	15	10	0	0	0	0	0	0	0	0		X	
4	0	0	0	0	70	20	10	0	0	0	1	10	0	0	0	X		
5	0	0	0	0	30	40	30	0	2	0	0	0	0	0	0		X	
6	0	0	0	1	69	20	10	0	1	1	0	0	0	0	0		X	
7	0	0	0	5	75	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X		
8	0	0	0	10	80	10	0	0	3	0	1	0	0	0	0		X	
9	0	0	0	5	75	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0		X	
10	0	0	0	0	80	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	X		
11	0	0	0	0	60	20	20	0	3	0	0	0	0	0	0		X	
12	0	0	0	10	75	10	5	0	0	0	0	0	0	0	0		X	
13	0	0	0	0	80	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	X		
14	0	0	0	10	70	10	10	0	1	0	0	0	0	0	0		X	
15	0	0	10	15	50	15	10	0	4	0	0	0	0	0	0		X	
16	0	0	0	0	80	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	X		
17	0	0	0	0	10	40	40	10	0	0	1	1	0	0	0		X	
18	0	0	10	20	50	10	10	0	1	0	3	1	0	0	0		X	
19	0	0	0	20	60	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	X		
20	0	0	0	0	30	30	30	10	1	0	0	3	0	0	0		X	
21	0	0	0	15	70	10	5	0	8	0	1	3	0	0	0		X	
22	0	0	0	10	70	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	X		
23	0	0	10	15	50	15	10	0	3	0	3	4	0	0	0		X	
24	0	0	10	15	50	15	10	0	0	0	0	0	0	0	0		X	
25	0	0	0	0	30	30	30	10	0	0	0	0	0	0	0	X		

Station	Granulométrie ¹ (%)								Faune benthique (individus capturés) ²								Étage ³		
	C	G	S _{lg}	S _g	S _m	S _f	S _{tf}	Li/Ar	MYAR	MEAR	MYED	BASP	MABA	GAMM	ANNE	S	M	I	
26	0	0	0	0	30	30	30	10	0	0	0	0	1	0	0		X		
27	0	0	0	0	20	30	30	20	2	0	1	0	0	0	0		X		
28	0	0	0	1	59	20	10	10	0	0	0	34	0	0	0	X			
29	0	0	0	0	15	35	35	15	0	0	0	0	0	0	0		X		
30	0	0	0	0	40	30	25	5	0	0	0	0	0	0	0		X		
32	0	0	0	20	40	30	5	5	0	0	0	0	0	0	0		X		
33	0	0	0	0	0	50	25	25	2	0	0	0	0	0	0		X		
34	0	0	10	70	15	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X			
35	0	0	0	5	45	30	20	0	0	0	0	0	0	0	0		X		
36	0	0	5	5	70	10	5	5	1	0	0	0	0	0	0		X		
37	0	0	5	25	50	15	5	0	0	0	0	0	0	0	0	X			
38	0	0	0	20	60	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0		X		
39	0	0	0	20	60	10	10	0	0	0	7	13	0	0	0		X		
40	0	0	0	0	70	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	X			
41	0	0	0	10	70	15	5	0	0	0	0	0	0	0	0		X		
42	0	0	0	0	60	20	15	5	10	0	0	0	0	0	0			X	
43	0	0	0	50	30	15	5	0	0	0	0	0	0	0	0	X			
44	0	0	0	0	60	25	10	5	1	0	0	0	0	0	0		X		
45	0	0	0	0	60	20	15	5	4	0	0	0	0	0	0			X	
46	0	0	0	0	25	30	25	20	1	0	0	0	0	0	0			X	
47	0	10	15	15	15	20	15	10	1	0	0	0	0	0	0			X	
48	0	5	5	10	30	20	20	10	2	0	0	0	0	0	1			X	
49	2	4	4	10	40	20	10	10	1	0	0	0	4	3	0			X	
50	0	2	13	15	20	20	20	10	5	0	1	7	8	0	1			X	
51	0	2	2	2	14	40	30	10	0	0	0	0	1	0	0			X	
52	0	2	2	2	14	30	30	20	0	0	0	0	0	0	0			X	
53	0	2	2	2	4	20	20	50	3	0	0	0	0	0	0			X	
Total									62	1	35	144	15	3	2				
Moy./Dens. moy.	0	0,5	2	8,4	49,5	19,8	14	5,28	4,679	0,075	2,642	10,9	1,132	0,2264	0,15				
Écart-type	0,3	1,7	3,9	13	23,8	10	9,8	9,01	8,066	0,549	9,213	42	4,923	1,6483	0,77				
I.C.	0,1	0,4	1,1	3,4	6,4	2,69	2,6	2,43	2,172	0,148	2,48	11,3	1,325	0,4438	0,21				

- 1 Granulométrie : C : caillou (40-80 mm); G : gravier (2-40 mm); Stg : sable très grossier (1-2 mm); Sg : sable grossier (0,5-1,0 mm); Sm : sable moyen (0,25-0,50 mm); Sf : sable fin (0,125-0,250 mm); S_{tf} : 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; MYED : Moule bleue; BASP : Balane; MABA : Macome baltique; GAMM : Gammare; ANNE : Vers annélides (2 espèces)
- 3 Étage : S : médiolittoral supérieur; M : médiolittoral moyen; I : médiolittoral inférieur



Composantes du projet

Empreinte projetée de la recharge de plage

- Arrière de la recharge
- Haut de la recharge
- Bas de la recharge

Définition du symbole

Catégorie		Intervalle de capture
●	1	Aucune
○ 18	2	1 à 5
○ 23	3	6 à 20
○ 50	4	Plus de 20

○ Total de captures par station



Village de Pointe-aux-Outardes
Caractérisation de la faune benthique - Projet de recharge de la plage de Pointe-aux-Outardes

Carte 3 Nombre de captures par station et empreinte prévue de l'ouvrage

Sources :
Base : Ortho-image (satellite), Bing Maps Aerial, 2013
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
Inventaires : Englobe, 2019
Cartographie : Englobe

Février 2020



Chargé de projet : M. Belles-Isles						Date : 2020-02-03	
Préparé : S. Bélanger-Deschenes			Dessiné : J. Poulin		Vérifié : M. Belles-Isles		
Serv. Maître	Projet	Otp	Disc.	Type	N° dessin	Rév.	
46	P-0020910	0 01 001	EN	D	0103	00	

Fichier : I:\projets\046P-0020910_Inventaire_faune_benthique\GOV_Caribo1_MXD\IP20910_c3_001_nmb_capt_202003.mxd

5.1 Granulométrie

La granulométrie de la zone d'étude est dominée par le sable moyen avec une sous-dominance du sable fin. Sur le médiolittoral inférieur, la granulométrie comporte davantage de particules plus fines, mais également une plus vaste gamme de tailles. Ce mélange de particules de différentes tailles est aussi observable sur certaines stations des deux autres sous-étages documentés.

5.2 Faune benthique

Huit taxons d'invertébrés benthiques ont été capturés vivants dans les sédiments de l'estran de la zone d'étude lors de la campagne de terrain. Il s'agit de deux espèces d'annélides (le polychète *Nereis virens* et une espèce de la sous-classe *Hirudinea*), quatre mollusques (*Mya arenaria*, *Mesodesma arctatum*, *Macoma balthica*, *Mytilus edulis*) et deux crustacés (*Balanus sp.* et *Gammarus sp.*) (tableau 1). Un taxon supplémentaire a été retrouvé sur les stations, mais exclusivement sous la forme de restes inertes, le couteau de mer (*Ensis directus*; annexe A, station n° 27). De plus, lors de la campagne de terrain, une attention spéciale a été portée aux restes d'animaux morts se trouvant dans la laisse de mer. Ces derniers étaient collectés et documentés lorsqu'ils constituaient des taxons qui n'avaient pas été retrouvés parmi les échantillons recueillis aux différentes stations d'échantillonnage. Ainsi, trois taxons d'animaux benthiques supplémentaires ont été identifiés de cette façon : la mactre de Stimpson (*Mactromeris polynyma*), le buccin commun (*Buccinum undatum*), le crabe tourteau (*Cancer pagarus*) (annexe B, dans l'ordre, photos 4, 5 et 6). Ces spécimens peuvent cependant provenir de l'extérieur de la zone d'étude et avoir été transportés par les courants. Au total, ce sont 11 taxons distincts d'invertébrés benthiques qui ont été identifiés lors de cette campagne.

Le tableau 2, ci-dessous, présente exclusivement la densité des différents taxons invertébrés retrouvés vivants aux stations d'échantillonnage, et ce, en fonction de trois positions sur l'étage médiolittoral : supérieur, moyen et inférieur. À noter que les organismes retrouvés à la surface du sédiment, incluant la laisse de mer, ont été inclus dans les échantillons. Cela explique la présence de bivalves (moules bleues et petites macomas) et de crustacés (balanes) vivants dans les données concernant le médiolittoral supérieur, un environnement impropre à leur survie à long terme. Il faut donc considérer que ces organismes, bien que vivants, ont été déposés sur place par les courants et marées. De plus, le même phénomène explique l'abondance de moules bleues et de balanes dans les échantillons du médiolittoral moyen. La totalité des moules collectées sur cet étage avait visiblement été arrachée de leur site de fixation d'origine avant d'être transportée sur place par des forces naturelles. Les balanes étant fixées à la surface de ces dernières, elles ont subi le même processus.

Tableau 2 Densité d'organismes benthiques en fonction de la position sur l'étage intertidal

Station	Densité de la faune benthique (individus/m ²) ¹						
	MYAR	MEAR	MYED	BASP	MABA	GAMM	ANNE
Globale							
Moyenne	4,7	0,1	2,6	10,9	1,1	0,2	0,2
Écart-type	8,1	0,5	9,2	42,0	4,9	1,6	0,8
NB	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0
I.C. ²	2,2	0,1	2,5	11,3	1,3	0,4	0,2
Médiolittoral supérieur							
Moyenne	0,0	0,0	0,3	12,6	0,3	0,0	0,0
Écart-type	0,0	0,0	1,1	37,1	1,1	0,0	0,0
NB	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0
I.C.	-	-	0,6	19,4	0,6	-	-
Médiolittoral moyen							
Moyenne	4,8	0,1	4,6	12,8	0,1	0,0	0,0
Écart-type	7,0	0,7	12,2	50,9	0,7	0,0	0,0
NB	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0
I.C.	2,5	0,3	4,4	18,5	0,3	-	-
Médiolittoral inférieur							
Moyenne	10,8	0,0	0,4	2,8	5,2	1,2	0,8
Écart-type	12,2	0,0	1,3	8,9	10,7	3,8	1,7
NB	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
I.C.	7,6	-	0,8	5,5	6,6	2,4	1,0

1 Le code des espèces est le même que dans le tableau 1

2 I.C. : intervalle de confiance au seuil de 5 %

Globalement, les données de densité indiquent une croissance de la biodiversité et de la densité d'organismes à mesure que l'on descend sur l'étage intertidal. En considérant que les organismes retrouvés dans le **médiolittoral supérieur** avaient été transportés sur place par les éléments et qu'ils étaient en voie de mourir; on peut affirmer que notre campagne de terrain n'a pas permis de retrouver d'invertébrés benthiques de plus de 6 mm (taille des mailles du tamis) peuplant cet environnement.

C'est seulement au niveau du **médiolittoral moyen** que l'on commence à voir apparaître certains organismes benthiques qui peuplent véritablement le substrat, notamment la mye commune, la clovisse arctique et la petite macoma. Tel que mentionné précédemment, cet étage accueillant la laisse de mer de marée moyenne, il faut considérer qu'une partie des organismes peuvent y avoir été transportés récemment et ainsi que cet environnement ne fait pas nécessairement partie de leur aire vitale dans tous les cas. C'est véritablement au niveau du médiolittoral inférieur que les observations de terrain et les données s'accordent pour démontrer que le substrat constitue un habitat pour plusieurs espèces d'invertébrés benthiques. On note l'absence de clovisse arctique tandis que certains ont été retrouvés plus haut sur le sous-étage moyen.

Les deux organismes peuplant le plus densément le **médiolittoral inférieur** sont la mye commune (10,8 individus/m²) et la petite macoma (5,2 individus/m²). La densité de ces bivalves

est relativement basse en comparaison à ce qui est documenté dans certains secteurs de la région, soit 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). On peut ainsi affirmer que cet environnement se trouve sur la marge extérieure du banc de myes et de macomas de cette batture. À titre d'exemple, les inventaires des différentes populations de mye de la Côte-Nord indiquent habituellement des densités moyennes variant de 32 (embouchure de la rivière Mingan) à plus de 180 individus/m² (pointe à Émile près de Saint-Paul-du-Nord) (annexe 4.1 dans Demarty et coll., 2018).

C'est également dans le sous-étage inférieur que l'on observe l'apparition des gammares (1,2 individu/m²) qui peuvent y vivre à marée basse à l'intérieur de marelles ainsi que sous diverses cachettes (roches et débris organiques divers). Les vers annélides (0,8 individu/m²) font également leur apparition dans ce sous-étage.

5.3 Autres observations

La campagne terrain a été l'occasion de faire diverses observations, hors des stations d'échantillonnage, qui ne concernent pas nécessairement la faune benthique, mais qui constituent des informations pertinentes sur le plan environnemental. Concernant les invertébrés benthiques hors stations, ils sont mentionnés dans la section précédente (5.2).

Sur le plan ichtyologique, mentionnons que les restes inertes et partiellement décomposés de ce qui semble être une raie épineuse (*Amblyraja radiata*) ont été retrouvés dans la laisse de mer (annexe B, photos 7 à 10). Bien qu'il soit surtout documenté dans le golfe du Saint-Laurent, il se pourrait que cet animal puisse fréquenter l'estuaire maritime, incluant les environs de la péninsule Manicouagan. Il s'agit d'un poisson à statut particulier qui est classé « vulnérable » par l'Union internationale pour la conservation de la nature (Kulka et coll., 2009). Au niveau canadien (COSEPA), la raie épineuse est classée « préoccupante », mais elle ne dispose pas de statut particulier au niveau du palier québécois (LEVM). Cette information est présentée à titre informatif et il est à noter que l'étage médiolittoral, dont la communauté benthique est décrite dans ce document, ne constitue pas un habitat pour cette espèce à statut.

Au niveau végétal, les algues de nombreuses espèces qui se retrouvaient sur la plage n'ont pas été identifiées. Mentionnons simplement qu'à plusieurs endroits, dans la laisse de mer, se retrouvaient des rubans de zostères, parfois encore attachées à une partie de leurs rhizomes (annexe B, photo 11). Ces débris proviennent certainement du vaste herbier de zostère qui se développe un peu plus bas sur les battures de la péninsule Manicouagan. Ce dernier est connu comme étant le plus grand herbier marin de la Côte-Nord et constitue un écosystème diversifié aux fonctions multiples et, par conséquent, un milieu de haute valeur écologique à l'échelle du système laurentien (Grant et Provencher, 2007).

Concernant les débris organiques qui étaient observables dans la laisse de mer, ils étaient majoritairement composés d'algues diverses, mais également d'un grand nombre de coquilles de bivalves ainsi qu'une certaine quantité de matière ligneuse (exemple à l'annexe B, photos 12 et 13). Des vestiges partiels de structures faites de bois ont été trouvés (annexe B, photos 14 et 15). Ces vestiges semblent concorder en termes de matériaux et de localisation avec les épis de style Maltais-Savard aménagés au début des années 2000 (Boczkar-Karakiewicz et coll., 2002). Fait intéressant, les pieux de bois de ces aménagements émergeaient hors du sédiment et étaient fortement colonisés par la moule bleue et surtout par les jeunes stades (annexe B, photo 16).

Plusieurs déchets et matériaux de nature anthropique étaient présents sur l'estran de la zone d'étude en comparaison aux autres plages de la région. Une partie de ces débris divers provenait visiblement des terrains habités situés au sommet du talus côtier, particulièrement au niveau des endroits les plus soumis à une érosion côtière récente (par exemple, annexe B, photos 17 à 19). Plusieurs escaliers qui menaient vers la plage sont également dégradés à différents niveaux (par exemple, annexe B, photo 20) et leurs débris finissent par se retrouver sur l'estran. Un réservoir métallique (annexe B, photo 21 et 22), ayant pu faire office de puisard par le passé, a également été observé dans le secteur le plus à l'est de la zone d'étude. Ces débris illustrent le risque significatif associé à l'érosion de la berge dans le secteur à l'étude en l'absence d'intervention pour y remédier.

6 Conclusion

Englobe a été mandatée par le village de Pointe-aux-Outardes et la Fédération québécoises des municipalités du Québec afin de réaliser une caractérisation de la faune benthique dans le secteur visé par les travaux de recharge de plage à l'est du Vieux quai.

L'inventaire de terrain a été réalisé les 20, 21 et 28 novembre 2019 à marée basse par des équipes de deux personnes. Cinquante-quatre stations ont été échantillonnées de sorte à caractériser le substrat ainsi que la faune benthique de l'ensemble de l'étage médiolittoral sur une longueur d'environ 1,7 km.

L'analyse des résultats d'inventaire indique que la portion inventoriée de la plage est constituée en grande majorité de sable moyen. Certaines stations, généralement situées le plus au large, présentent une granulométrie plus fine et plus étalée entre les différentes classes de particules, avec du sable fin, du sable très fin et même du silt.

Dans les stations d'échantillonnage, huit taxons d'invertébrés benthiques vivants ont été inventoriés au total, soit deux annélides (le polychète *Nereis virens* et une espèce de la sous-classe *Hirudinea*), quatre mollusques (*Mya arenaria*, *Mesodesma arctatum*, *Macoma balthica* et *Mytilus edulis*) et deux crustacés (*Balanus* sp. et *Gammarus* sp.), en plus des débris de trois autres taxons (*Buccinum undatum*, *Ensis directus* et *Cancer pagarus*). Plusieurs fragments de zostère marine (*Zostera marina*) et des débris d'autres organismes, incluant la carcasse d'une raie, probablement *Amblyraja radiata*, ont également été observés dans la laisse de mer. L'ensemble des observations indiquent une bonne biodiversité dans du secteur même si les densités d'organismes de la zone d'étude est relativement faible.

L'espèce la plus abondante rencontrée est la mye commune dont la densité moyenne était de 4,7 individus/m². Cette densité est toutefois variable selon l'endroit de l'estran, passant de l'absence dans le haut de plage à 10,8 individus/m² dans la partie correspondant au médiolittoral inférieur. Pour mettre les choses en perspective, le banc de mye de Pointe-aux-Outardes présente des densités de plus de 40 individus/m² dans les secteurs les plus peuplés.

Plusieurs débris divers jonchaient l'estran, comme des matériaux de construction et des structures métalliques. Certaines structures, incluant plusieurs escaliers, sont en voie de s'effondrer sur la plage. Un ancien réservoir/puisard a été trouvé. La présence de ces débris illustre le risque associé à l'érosion des berges de la zone d'étude si aucune intervention n'est réalisée dans un avenir rapproché.

7 Références

- BOCZAR-KARAKIEWICZ, B., ROMANCZYK, W. ET ROY, N. 2002. *Analyse de l'efficacité de la méthode de protection du littoral : système d'épis Maltais-Savard (SEMS)*. 107 p. Disponible en ligne : http://zipnord.qc.ca/data/13-zipnord/ressources/documents/sys_docs/rapport_ismar_2003.pdf
- CIMA+, 2016. *Stabilisation le long des berges du fleuve Saint-Laurent sur le territoire municipal de Pointe-aux-Outardes*. Mise à jour de l'étude d'impact sur l'environnement déposée au ministre du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. Rapport préparé pour la Municipalité de Pointe-aux-Outardes, 150 p. + annexes.
- DEMARTY, M., C. LALUMIÈRE, M. BELLES-ISLES, C. DEBLOIS, A. TREMBLAY, J-P GILBERT ET M. LEVASSEUR. 2018. *Complexe de la Romaine – Suivi environnemental 2017 en phase exploitation – Océanographie physique et biologique – Volume 1 : Caractéristiques physiques de la zone de l'embouchure de la Romaine, herbiers de zostère, populations et habitat de la mye commune et frayères à capelan*. Préparé pour Hydro-Québec. 176 p. et 14 annexes.
- GRANT, C. ET L. PROVENCHER. 2007. Caractérisation de l'habitat et de la faune des herbiers de *Zostera marina* (L.) de la péninsule de Manicouagan (Québec). *Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat.* 2772 : viii + 65 p.
- KULKA, D.W., SULIKOWSKI, J., GEDAMKE, J. PASOLINI, P. ET M. ENDICOTT. 2009. *Amblyraja radiata*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2009*: e.T161542A5447511. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2009-2.RLTS.T161542A5447511.en>. Document consulté en ligne le 8 janvier 2020.
- 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.
- PROVENCHER, L. ET NOZÈRES, C. 2013. Biodiversité du secteur marin de la péninsule de Manicouagan : une aire marine protégée en devenir. *Le Naturaliste canadien*, vol. 137, n° 1, 2013, p. 51-63.

Annexe A Fiches de terrain

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0020910	Date :	2019-11-20
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	9:15
# Station :	1	Météo :	Soleil et dégagé, 0°C

# Pt GPS :	006	Lat. :	49,041223
# Photos :	310-311	Long. :	-68,421213

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)	v:1 c:13	438	
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)	c:5	441	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	v:15 c:14	439-440	
Balane sp. (<i>Balanus sp.</i>)	v:68 m:1	439-440	

***Abréviations :** v = 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) 80 %
- 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-0020910	Date :	2019-11-20
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	13:45
# Station :	2	Météo :	Soleil et dégagé, Nuageux, 0°C

# Pt GPS :	030	Lat. :	49,041049
# Photos :	373-374	Long. :	-68,42098

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Petite macoma (<i>Macoma balthica</i>)	v:1	443	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	c:1	442	

***Abréviations** : v = 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-0020910	Date :	2019-11-20
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	13:15
# Station :	3a*	Météo :	Soleil et dégagé, 0°C

# Pt GPS :	031	Lat. :	49,040782
# Photos :	375-376	Long. :	-68,420942

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)	v:1 c:4	447	
Petite macoma (<i>Macoma balthica</i>)	c:4	449	
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)	c:3	449	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	v:1 c :12	446	

***Abréviations** : v = 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) 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

*Position originale de la station 3 avant qu'elle ne soit déplacée et faite en double le lendemain (nommée 3b)

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0020910	Date :	2019-11-21
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	12:43
# Station :	3b*	Météo :	Nuageux, 0°C

# Pt GPS :	044	Lat. :	49,041185
# Photos :	409-410	Long. :	-68,421904

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)	c:1	444	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	c:3	444	

***Abréviations** : v = 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

<p>Taille</p> <p><input type="checkbox"/> Cailloux (20-200 mm) ___ %</p> <p><input type="checkbox"/> Gravier (2-20 mm) ___ %</p> <p><input type="checkbox"/> Sable très grossier (1-2 mm) ___ %</p> <p><input type="checkbox"/> Sable grossier (0,5-1 mm) ___ %</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Sable moyen (0,25-0,5 mm) 75 %</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Sable fin (0,125-0,25 mm) 15 %</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Sable très fin (0,063-0,125 mm) 10 %</p> <p><input type="checkbox"/> Silt (limon et argile <63µm) ___ %</p>	<p>Forme</p> <p><input type="checkbox"/> Bien arrondi (<i>well rounded</i>)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Subarrondi (<i>sub-rounded</i>)</p> <p><input type="checkbox"/> Subangulaire (<i>sub-angular</i>)</p>
--	---

Commentaires

*Cette station a été déplacée et refaite le lendemain de la première sortie; conservée en tant que station supplémentaire

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0020910	Date :	2019-11-20
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	9:30
# Station :	4	Météo :	Soleil et dégagé, 0°C

# Pt GPS :	007	Lat. :	49,041762
# Photos :	312-313	Long. :	-68,419935

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	v:1 c:3	450	
Balane sp. (<i>Balanus sp.</i>)	v:10	450	

***Abréviations :** v = 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) 70 %
- Sable fin (0,125-0,25 mm) 20 %
- 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-0020910	Date :	2019-11-20
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	13:55
# Station :	5	Météo :	Soleil et dégagé, 0°C

# Pt GPS :	032	Lat. :	49,04151
# Photos :	377-378	Long. :	-68,419807

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)	v:2	451	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	c:1	451	

***Abréviations** : v = 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) 30 %
- Sable fin (0,125-0,25 mm) 40 %
- Sable très fin (0,063-0,125 mm) 30 %
- Silt (limon et argile <63µm) ___ %

Forme

- Bien arrondi (*well rounded*)
- Subarrondi (*sub-rounded*)
- Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Débris végétaux non-identifiables dans l'échantillon

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0020910	Date :	2019-11-21
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	12:53
# Station :	6	Météo :	Nuageux, 0°C

# Pt GPS :	045	Lat. :	49,041248
# Photos :	411-412	Long. :	-68,420603

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)	v:1 c:4	454	
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)	v:1	454	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	c:10	454	

***Abréviations** : v = 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) 01 %
- Sable moyen (0,25-0,5 mm) 69 %
- Sable fin (0,125-0,25 mm) 20 %
- 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-0020910	Date :	2019-11-20
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	9:40
# Station :	7	Météo :	Soleil et dégagé, 0°C

# Pt GPS :	008	Lat. :	49,042095
# Photos :	315-316-317	Long. :	-68,418488

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)	c:3	456	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	c:1	456	

***Abréviations** : v = 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

<p>Taille</p> <p><input type="checkbox"/> Cailloux (20-200 mm) ___ %</p> <p><input type="checkbox"/> Gravier (2-20 mm) ___ %</p> <p><input type="checkbox"/> Sable très grossier (1-2 mm) ___ %</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Sable grossier (0,5-1 mm) 05 %</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Sable moyen (0,25-0,5 mm) 75 %</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Sable fin (0,125-0,25 mm) 20 %</p> <p><input type="checkbox"/> Sable très fin (0,063-0,125 mm) ___ %</p> <p><input type="checkbox"/> Silt (limon et argile <63µm) ___ %</p>	<p>Forme</p> <p><input type="checkbox"/> Bien arrondi (<i>well rounded</i>)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Subarrondi (<i>sub-rounded</i>)</p> <p><input type="checkbox"/> Subangulaire (<i>sub-angular</i>)</p>
--	---

Commentaires

Débris végétal non-identifiable dans l'échantillon

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0020910	Date :	2019-11-20
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	13:50
# Station :	8	Météo :	Soleil et dégagé, 0°C

# Pt GPS :	033	Lat. :	49,041908
# Photos :	379-380	Long. :	-68,418385

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)	v:3	457	
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)	c:4	457	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	v:1 c:1	457	

***Abréviations** : v = 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) 10 %
- Sable moyen (0,25-0,5 mm) 80 %
- Sable fin (0,125-0,25 mm) 10 %
- 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-0020910	Date :	2019-11-21
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	13:01
# Station :	9	Météo :	Nuageux, 0°C

# Pt GPS :	046	Lat. :	49,04177
# Photos :	413-414	Long. :	-68,419191

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)	c:2	458	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	c:13	458	

***Abréviations :** v = 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

Forme

- 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) 75 %
- Sable fin (0,125-0,25 mm) 10 %
- Sable très fin (0,063-0,125 mm) 10 %
- Silt (limon et argile <63µm) ___ %

- Bien arrondi (*well rounded*)
- Subarrondi (*sub-rounded*)
- Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0020910	Date :	2019-11-20
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	9:50
# Station :	10	Météo :	Soleil et dégagé, 0°C

# Pt GPS :	009	Lat. :	49,042391
# Photos :	322-323-324	Long. :	-68,416944

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Petite macoma (<i>Macoma balthica</i>)	c:1	459	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	c:1	459	

***Abréviations :** v = 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) 80 %
- Sable fin (0,125-0,25 mm) 10 %
- 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-0020910	Date :	2019-11-20
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	14:00
# Station :	11	Météo :	Soleil et dégagé, 0°C

# Pt GPS :	034	Lat. :	49,042207
# Photos :	381-382	Long. :	-68,416759

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)	v:3	460	
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)	c:4	460	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	c:5	460	

***Abréviations** : v = 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) 60 %
- Sable fin (0,125-0,25 mm) 20 %
- Sable très fin (0,063-0,125 mm) 20 %
- 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-0020910	Date :	2019-11-21
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	13:09
# Station :	12	Météo :	Nuageux, 0°C

# Pt GPS :	047	Lat. :	49,042108
# Photos :	415-416	Long. :	-68,417505

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)	c:1	461	
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)	c:1	461	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	c:7	461	
Balane sp. (<i>Balanus sp.</i>)	m:2	461	

***Abréviations :** v = 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) 10 %
- Sable moyen (0,25-0,5 mm) 75 %
- 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-0020910 Date : 2019-11-20
Lieu : Batture Pointe-aux-Outardes Heure : 10:00
Station : 13 Météo : Soleil et dégagé, 0°C

Pt GPS : 011 Lat. : 49,042574
Photos : [325-326](#) Long. : -68,415332

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note

***Abréviations** : v = 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) 80 %
 Sable fin (0,125-0,25 mm) 10 %
 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

Aucun organisme animal dans le quadrat. Présence de zostère (*Zostera marina*) et de ses rhizomes dans l'échantillon

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0020910	Date :	2019-11-20
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	14:15
# Station :	14	Météo :	Soleil et dégagé, 0°C

# Pt GPS :	035	Lat. :	49,042371
# Photos :	383-384	Long. :	-68,41522

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)	v:1 c:3	462	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	c:3	462	

***Abréviations :** v = 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) 10 %
- Sable moyen (0,25-0,5 mm) 70 %
- Sable fin (0,125-0,25 mm) 10 %
- 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-0020910 Date : 2019-11-21
Lieu : Batture Pointe-aux-Outardes Heure : 13:16
Station : 15 Météo : Nuageux, 0°C

Pt GPS : 048 Lat. : 49,042335
Photos : [417-418](#) Long. : -68,416028

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)	v:4	463	
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)	c:1	463	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	c:6	463	
Balane sp. (<i>Balanus sp.</i>)	m:1	463	

*Abréviations : v = 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) 10 %
 Sable grossier (0,5-1 mm) 15 %
 Sable moyen (0,25-0,5 mm) 50 %
 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-0020910	Date :	2019-11-20
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	10:15
# Station :	16	Météo :	Soleil et dégagé, 0°C

# Pt GPS :	013	Lat. :	49,042814
# Photos :	327-328	Long. :	-68,413619

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note

***Abréviations** : v = 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) 80 %
- Sable fin (0,125-0,25 mm) 10 %
- 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

Aucun organisme dans le quadrat

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0020910	Date :	2019-11-20
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	14:25
# Station :	17	Météo :	Soleil et dégagé, 0°C

# Pt GPS :	036	Lat. :	49,042595
# Photos :	385-386	Long. :	-68,413521

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)	c:3	464	
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)	c:5	464	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	v:1 c:4	464	
Balane sp. (<i>Balanus sp.</i>)	v:1	464	

***Abréviations :** v = 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

<u>Taille</u>	<u>Forme</u>
<input type="checkbox"/> Cailloux (20-200 mm) ___ %	<input type="checkbox"/> Bien arrondi (<i>well rounded</i>)
<input type="checkbox"/> Gravier (2-20 mm) ___ %	<input checked="" type="checkbox"/> Subarrondi (<i>sub-rounded</i>)
<input type="checkbox"/> Sable très grossier (1-2 mm) ___ %	<input type="checkbox"/> Subangulaire (<i>sub-angular</i>)
<input type="checkbox"/> Sable grossier (0,5-1 mm) ___ %	
<input type="checkbox"/> Sable moyen (0,25-0,5 mm) 10 %	
<input type="checkbox"/> Sable fin (0,125-0,25 mm) 40 %	
<input type="checkbox"/> Sable très fin (0,063-0,125 mm) 40 %	
<input type="checkbox"/> Silt (limon et argile <63µm) 10 %	

Commentaires

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0020910	Date :	2019-11-21
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	13:24
# Station :	18	Météo :	Nuageux, 0°C

# Pt GPS :	049	Lat. :	49,042533
# Photos :	419-420	Long. :	-68,414352

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)	v:1 c:5	465	
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)	c:5	465	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	v:3 c:10	467	
Balane sp. (<i>Balanus sp.</i>)	v:1	467	

***Abréviations** : v = 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) 10 %
- Sable grossier (0,5-1 mm) 20 %
- Sable moyen (0,25-0,5 mm) 50 %
- Sable fin (0,125-0,25 mm) 10 %
- 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-0020910 Date : 2019-11-20
Lieu : Batture Pointe-aux-Outardes Heure : 10:10
Station : 19 Météo : Soleil et dégagé, Nuageux, 0°C

Pt GPS : 014 Lat. : 49,043102
Photos : [333-334](#) Long. : -68,411582

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note

***Abréviations** : v = 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) 20 %
 Sable moyen (0,25-0,5 mm) 60 %
 Sable fin (0,125-0,25 mm) 10 %
 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

Aucun organisme dans le quadrat

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0020910	Date :	2019-11-20
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	14:30
# Station :	20	Météo :	Soleil et dégagé, 0°C

# Pt GPS :	037	Lat. :	49,042798
# Photos :	387-388	Long. :	-68,411658

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)	v:1	468	
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)	c:2	468	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	c:1	468	
Balane sp. (<i>Balanus sp.</i>)	v:3 m:3	468	

***Abréviations :** v = 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) 30 %
- Sable fin (0,125-0,25 mm) 30 %
- Sable très fin (0,063-0,125 mm) 30 %
- 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-0020910	Date :	2019-11-21
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	13:33
# Station :	21	Météo :	Nuageux, 0°C

# Pt GPS :	050	Lat. :	49,042715
# Photos :	421-422	Long. :	-68,412662

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)	v:8 c:1	469	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	v:1 c:3	469	
Balane sp. (<i>Balanus sp.</i>)	v:3	469	

***Abréviations :** v = 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) 15 %
- Sable moyen (0,25-0,5 mm) 70 %
- 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-0020910	Date :	2019-11-20
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	10:15
# Station :	22	Météo :	Soleil et dégagé, 0°C

# Pt GPS :	015	Lat. :	49,043332
# Photos :	337-338-339	Long. :	-68,40979

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	c:1	470	

***Abréviations :** v = 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) 10 %
- Sable moyen (0,25-0,5 mm) 70 %
- Sable fin (0,125-0,25 mm) 10 %
- 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

Morceau de bois dans l'échantillon

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0020910	Date :	2019-11-20
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	14:45
# Station :	23	Météo :	Soleil et dégagé, 0°C

# Pt GPS :	038	Lat. :	49,043086
# Photos :	389-390	Long. :	-68,409638

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)	v:3 c:2	471	
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)	c:8	472	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	v:3 c:6	471	
Balane sp. (<i>Balanus sp.</i>)	v:4	471	

***Abréviations :** v = 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) 10 %
- Sable grossier (0,5-1 mm) 15 %
- Sable moyen (0,25-0,5 mm) 50 %
- 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-0020910	Date :	2019-11-21
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	13:44
# Station :	24	Météo :	Nuageux, 0°C

# Pt GPS :	051	Lat. :	49,042975
# Photos :	423-424	Long. :	-68,410634

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)	c:2	473	
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)	c:2	473	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	c:3	473	

***Abréviations** : v = 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) 10 %
- Sable grossier (0,5-1 mm) 15 %
- Sable moyen (0,25-0,5 mm) 50 %
- 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-0020910 Date : 2019-11-20
Lieu : Batture Pointe-aux-Outardes Heure : 10:00
Station : 25 Météo : Soleil et dégagé, 0°C

Pt GPS : 016 Lat. : 49,04354
Photos : [340-341](#) Long. : -68,407826

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note

***Abréviations** : v = 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) 30 %
 Sable fin (0,125-0,25 mm) 30 %
 Sable très fin (0,063-0,125 mm) 30 %
 Silt (limon et argile <63µm) 10 %

Forme

- Bien arrondi (*well rounded*)
 Subarrondi (*sub-rounded*)
 Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Aucun organisme dans le quadrat

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0020910	Date :	2019-11-20
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	14:45
# Station :	26	Météo :	Soleil et dégagé, 0°C

# Pt GPS :	039	Lat. :	49,043274
# Photos :	392-393	Long. :	-68,407695

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Petite macoma (<i>Macoma balthica</i>)	v:1	474	
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)	c:2	474	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	c:6	474	

***Abréviations** : v = 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

- | | |
|---|------|
| <input type="checkbox"/> Cailloux (20-200 mm) | __ % |
| <input type="checkbox"/> Gravier (2-20 mm) | __ % |
| <input type="checkbox"/> Sable très grossier (1-2 mm) | __ % |
| <input type="checkbox"/> Sable grossier (0,5-1 mm) | __ % |
| <input checked="" type="checkbox"/> Sable moyen (0,25-0,5 mm) | 30 % |
| <input checked="" type="checkbox"/> Sable fin (0,125-0,25 mm) | 30 % |
| <input checked="" type="checkbox"/> Sable très fin (0,063-0,125 mm) | 30 % |
| <input checked="" type="checkbox"/> Silt (limon et argile <63µm) | 10 % |

Forme

- | |
|---|
| <input type="checkbox"/> Bien arrondi (<i>well rounded</i>) |
| <input checked="" type="checkbox"/> Subarrondi (<i>sub-rounded</i>) |
| <input type="checkbox"/> Subangulaire (<i>sub-angular</i>) |

Commentaires

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0020910	Date :	2019-11-21
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	13:55
# Station :	27	Météo :	Nuageux, 0°C

# Pt GPS :	052	Lat. :	49,043197
# Photos :	424-425	Long. :	-68,40867

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)	v:2	475	
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)	c:3	475	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	v:1 c:7	475	
Couteau de mer (<i>Ensis directus</i>)	c:2	475	

***Abréviations** : v = 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) 20 %
- Sable fin (0,125-0,25 mm) 30 %
- Sable très fin (0,063-0,125 mm) 30 %
- Silt (limon et argile <63µm) 20 %

Forme

- Bien arrondi (*well rounded*)
- Subarrondi (*sub-rounded*)
- Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet : P-0020910 Date : 2019-11-20
Lieu : Batture Pointe-aux-Outardes Heure : 10:30
Station : 28 Météo : Soleil et dégagé, 0°C

Pt GPS : 017 Lat. : 49,044084
Photos : [342-343](#) Long. : -68,405649

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)	c:4	476	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	c:4	476	
Balane sp. (<i>Balanus sp.</i>)	v:34 m:5	476	

***Abréviations** : v = 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) 01 %
 Sable moyen (0,25-0,5 mm) 59 %
 Sable fin (0,125-0,25 mm) 20 %
 Sable très fin (0,063-0,125 mm) 10 %
 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-0020910	Date :	2019-11-20
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	15:00
# Station :	29	Météo :	Soleil et dégagé, 0°C

# Pt GPS :	040	Lat. :	49,043837
# Photos :	394-395	Long. :	-68,405434

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)	c:1	477	
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)	c:6	477	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	c:15	477	

***Abréviations** : v = 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) 15 %
- Sable fin (0,125-0,25 mm) 35 %
- Sable très fin (0,063-0,125 mm) 35 %
- Silt (limon et argile <63µm) 15 %

Forme

- Bien arrondi (*well rounded*)
- Subarrondi (*sub-rounded*)
- Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0020910	Date :	2019-11-21
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	14:05
# Station :	30	Météo :	Nuageux, 0°C

# Pt GPS :	053	Lat. :	49,04338
# Photos :	426-427	Long. :	-68,406627

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	c:2	478	
Balane sp. (<i>Balanus sp.</i>)	m:1	478	

***Abréviations :** v = 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) 15 %
- Sable fin (0,125-0,25 mm) 35 %
- Sable très fin (0,063-0,125 mm) 35 %
- Silt (limon et argile <63µm) 15 %

Forme

- Bien arrondi (*well rounded*)
- Subarrondi (*sub-rounded*)
- Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet : P-0020910 Date : 2019-11-20
Lieu : Batture Pointe-aux-Outardes Heure : 10:50
Station : 31 Météo : Soleil et dégagé, 0°C

Pt GPS : 019 Lat. : 49,044672
Photos : 350-351 Long. : -68,403913

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note

*Abréviations : v = 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) 40 %
 Sable fin (0,125-0,25 mm) 30 %
 Sable très fin (0,063-0,125 mm) 25 %
 Silt (limon et argile <63µm) 05 %

Forme

- Bien arrondi (*well rounded*)
 Subarrondi (*sub-rounded*)
 Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Aucun organisme dans le quadrat

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet : P-0020910 Date : 2019-11-20
Lieu : Batture Pointe-aux-Outardes Heure : 15:15
Station : 32 Météo : Soleil et dégagé, 0°C

Pt GPS : 041 Lat. : 49,044445
Photos : [396-397](#) Long. : -68,40362

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)	c:3	479	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	c:11	479	

*Abréviations : v = 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) 20 %
 Sable moyen (0,25-0,5 mm) 40 %
 Sable fin (0,125-0,25 mm) 30 %
 Sable très fin (0,063-0,125 mm) 05 %
 Silt (limon et argile <63µm) 05 %

Forme

- Bien arrondi (*well rounded*)
 Subarrondi (*sub-rounded*)
 Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0020910	Date :	2019-11-21
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	14:19
# Station :	33	Météo :	Nuageux, 0°C

# Pt GPS :	054	Lat. :	49,044033
# Photos :	429-430	Long. :	-68,404559

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)	v:2	480	
Petite macoma (<i>Macoma balthica</i>)	c:3	480	

***Abréviations** : v = 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) 50 %
- Sable très fin (0,063-0,125 mm) 25 %
- Silt (limon et argile <63µm) 25 %

Forme

- Bien arrondi (*well rounded*)
- Subarrondi (*sub-rounded*)
- Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet : P-0020910 Date : 2019-11-20
Lieu : Batture Pointe-aux-Outardes Heure : 11:00
Station : 34 Météo : Soleil et dégagé, 0°C

Pt GPS : 021 Lat. : 49,045028
Photos : [354-355](#) Long. : -68,40238

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note

***Abréviations** : v = 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) 10 %
- Sable grossier (0,5-1 mm) 70 %
- Sable moyen (0,25-0,5 mm) 15 %
- 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

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0020910	Date :	2019-11-20
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	15:30
# Station :	35	Météo :	Soleil et dégagé, 0°C

# Pt GPS :	042	Lat. :	49,044803
# Photos :	398-399	Long. :	-68,402147

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)	c:1	481	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	c:1	481	

***Abréviations :** v = 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) 45 %
- Sable fin (0,125-0,25 mm) 30 %
- Sable très fin (0,063-0,125 mm) 20 %
- 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-0020910	Date :	2019-11-21
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	14:28
# Station :	36	Météo :	Nuageux, 0°C

# Pt GPS :	055	Lat. :	49,044559
# Photos :	431-432-433	Long. :	-68,40279

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)	v:1	482	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	c:2	482	

***Abréviations** : v = 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) 05 %
- Sable moyen (0,25-0,5 mm) 70 %
- Sable fin (0,125-0,25 mm) 10 %
- Sable très fin (0,063-0,125 mm) 05 %
- Silt (limon et argile <63µm) 05 %

Forme

- Bien arrondi (*well rounded*)
- Subarrondi (*sub-rounded*)
- Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Seule station où le substrat est orangé (voir photo #431); provient visiblement de l'érosion du talus côtier en amont où sont observables des couches de substrat de couleur similaire

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet : P-0020910 Date : 2019-11-20
Lieu : Batture Pointe-aux-Outardes Heure : 11:20
Station : 37 Météo : Soleil et dégagé, 0°C

Pt GPS : 023 Lat. : 49,04522
Photos : [359-360](#) Long. : -68,400746

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note

***Abréviations** : v = 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) 25 %
 Sable moyen (0,25-0,5 mm) 50 %
 Sable fin (0,125-0,25 mm) 15 %
 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

Aucun organisme dans le quadrat

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0020910	Date :	2019-11-21
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	14:40
# Station :	39	Météo :	Nuageux, 0°C

# Pt GPS :	056	Lat. :	49,044895
# Photos :	434-435	Long. :	-68,401295

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)	c:1	484	
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)	c:2	484	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	v:7	484	
Balane sp. (<i>Balanus sp.</i>)	v:13	484	

***Abréviations :** v = 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) 20 %
- Sable moyen (0,25-0,5 mm) 60 %
- Sable fin (0,125-0,25 mm) 10 %
- 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-0020910	Date :	2019-11-20
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	12:30
# Station :	40	Météo :	Soleil et dégagé, Nuageux, 0°C

# Pt GPS :	024	Lat. :	49,041569
# Photos :	361-362	Long. :	-68,422103

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	c:3	485	

***Abréviations** : v = 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) 70 %
- Sable fin (0,125-0,25 mm) 20 %
- 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-0020910	Date :	2019-11-20
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	13:15
# Station :	41	Météo :	Soleil et dégagé, 0°C

# Pt GPS :	027	Lat. :	49,041309
# Photos :	367-368	Long. :	-68,422481

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)	c:2	486	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	c:1	486	

***Abréviations :** v = 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

<p>Taille</p> <p><input type="checkbox"/> Cailloux (20-200 mm) ___ %</p> <p><input type="checkbox"/> Graviers (2-20 mm) ___ %</p> <p><input type="checkbox"/> Sable très grossier (1-2 mm) ___ %</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Sable grossier (0,5-1 mm) 10 %</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Sable moyen (0,25-0,5 mm) 70 %</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Sable fin (0,125-0,25 mm) 15 %</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Sable très fin (0,063-0,125 mm) 05 %</p> <p><input type="checkbox"/> Silt (limon et argile <63µm) ___ %</p>	<p>Forme</p> <p><input type="checkbox"/> Bien arrondi (<i>well rounded</i>)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Subarrondi (<i>sub-rounded</i>)</p> <p><input type="checkbox"/> Subangulaire (<i>sub-angular</i>)</p>
---	---

Commentaires

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0020910	Date :	2019-11-20
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	13:25
# Station :	42	Météo :	Soleil et dégagé, 0°C

# Pt GPS :	028	Lat. :	49,041003
# Photos :	369-370	Long. :	-68,422596

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)	v:10 c:1	487	
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)	c:2	487	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	c:1	487	

***Abréviations** : v = 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) 60 %
- Sable fin (0,125-0,25 mm) 20 %
- Sable très fin (0,063-0,125 mm) 15 %
- Silt (limon et argile <63µm) 05 %

Forme

- Bien arrondi (*well rounded*)
- Subarrondi (*sub-rounded*)
- Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0020910	Date :	2019-11-20
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	12:45
# Station :	43	Météo :	Soleil et dégagé, 0°C

# Pt GPS :	025	Lat. :	49,041801
# Photos :	363-364	Long. :	-68,423477

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note

***Abréviations** : v = 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) 50 %
- Sable moyen (0,25-0,5 mm) 30 %
- Sable fin (0,125-0,25 mm) 15 %
- 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

Aucun organisme dans le quadrat

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet : P-0020910 Date : 2019-11-20
Lieu : Batture Pointe-aux-Outardes Heure : 13:00
Station : 44 Météo : Soleil et dégagé, 0°C

Pt GPS : 026 Lat. : 49,041513
Photos : [365-366](#) Long. : -68,423494

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)	v:1 c:2	488	
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)	c:1	488	

*Abréviations : v = 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) 60 %
 Sable fin (0,125-0,25 mm) 25 %
 Sable très fin (0,063-0,125 mm) 10 %
 Silt (limon et argile <63µm) 05 %

Forme

- Bien arrondi (*well rounded*)
 Subarrondi (*sub-rounded*)
 Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0020910	Date :	2019-11-20
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	13:30
# Station :	45	Météo :	Soleil et dégagé, 0°C

# Pt GPS :	029	Lat. :	49,041173
# Photos :	371-372	Long. :	-68,423834

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)	v:4 c:1	489	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	c:1	489	

***Abréviations :** v = 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) 60 %
- Sable fin (0,125-0,25 mm) 20 %
- Sable très fin (0,063-0,125 mm) 15 %
- Silt (limon et argile <63µm) 05 %

Forme

- Bien arrondi (*well rounded*)
- Subarrondi (*sub-rounded*)
- Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet : P-0020910 Date : 2019-11-28
Lieu : Batture Pointe-aux-Outardes Heure : 7:43
Station : 46 Météo : Nuageux, 1°C, vent NE (4 km/h)

Pt GPS : 56 Lat. : 49,04105
Photos : [500-501](#) Long. : -68,420351

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)	v:1 c:1	536	

*Abréviations : v = 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) 25 %
- Sable fin (0,125-0,25 mm) 30 %
- Sable très fin (0,063-0,125 mm) 25 %
- Silt (limon et argile <63µm) 20 %

Forme

- Bien arrondi (*well rounded*)
- Subarrondi (*sub-rounded*)
- Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Plusieurs petites macomas dans les quadrat, mais passent au travers du tamis

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0020910	Date :	2019-11-28
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	8:00
# Station :	47	Météo :	Nuageux, 1°C, vent NE (4 km/h)

# Pt GPS :	57	Lat. :	49,041688
# Photos :	507-510	Long. :	-68,417957

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)	v:1	537	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	c:2	537	
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)	c:1	537	

***Abréviations :** v = 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) 10 %
- Sable très grossier (1-2 mm) 15 %
- Sable grossier (0,5-1 mm) 15 %
- Sable moyen (0,25-0,5 mm) 15 %
- Sable fin (0,125-0,25 mm) 20 %
- Sable très fin (0,063-0,125 mm) 15 %
- 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-0020910	Date :	2019-11-28
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	8 :26
# Station :	48	Météo :	Nuageux, 1°C, vent NE (4 km/h)

# Pt GPS :	58	Lat. :	49,042123
# Photos :	520-521-522	Long. :	-68,414972

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)	v:2 c:1	538	
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)	c:11	538	
Ver polychète (<i>Polychaeta sp.</i>)	v:1	538-539	

***Abréviations** : v = 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) 05 %
- Sable grossier (0,5-1 mm) 10 %
- Sable moyen (0,25-0,5 mm) 30 %
- Sable fin (0,125-0,25 mm) 20 %
- Sable très fin (0,063-0,125 mm) 20 %
- 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-0020910	Date :	2019-11-28
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	8:38
# Station :	49	Météo :	Nuageux, 1°C, vent NE (4 km/h)

# Pt GPS :	59	Lat. :	49,04257
# Photos :	523-524	Long. :	-68,411509

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)	v:1 c:3	542	
Petite macoma (<i>Macoma balthica</i>)	v:4	542	
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)	c:10	542	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	c:1	542	
Gammaridé (<i>Gammaridae sp.</i>)	v:3	542	

***Abréviations** : v = 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) 02 %
- Graviers** (2-20 mm) 04 %
- Sable très grossier** (1-2 mm) 04 %
- Sable grossier** (0,5-1 mm) 10 %
- Sable moyen** (0,25-0,5 mm) 40 %
- Sable fin** (0,125-0,25 mm) 20 %
- Sable très fin** (0,063-0,125 mm) 10 %
- Silt** (limon et argile <63µm) 10 %

Forme

- Bien arrondi (*well rounded*)
- Subarrondi (*sub-rounded*)
- Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Station située à la pointe aval d'un vestige d'épi de style Maltais-Savard. D'autres vestiges de ce genre sont visibles dans les environs.

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0020910	Date :	2019-11-28
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	8 :57
# Station :	50	Météo :	Nuageux, 1°C, vent NE (4 km/h)

# Pt GPS :	60	Lat. :	49,042781
# Photos :	527-528	Long. :	-68,407414

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)	v:5 c:27	543-546	
Petite macoma (<i>Macoma balthica</i>)	v:8	544	
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)	c:69	545	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	v:1 c:22	543-544	
Annélide achète (<i>Annelida s.-cl. hirudinea</i>)	v:1	543	
Balane (<i>Balanus sp.</i>)	m:1 v:7	544	

***Abréviations** : v = 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) 15 %
- Sable moyen (0,25-0,5 mm) 20 %
- Sable fin (0,125-0,25 mm) 20 %
- Sable très fin (0,063-0,125 mm) 20 %
- 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-0020910	Date :	2019-11-28
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	9:30
# Station :	51	Météo :	Nuageux, 1°C, vent NE (4 km/h)

# Pt GPS :	61	Lat. :	49,04417
# Photos :	529-530	Long. :	-68,40313

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)	c:1	547	
Petite macoma (<i>Macoma balthica</i>)	v:1	547	
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)	c:6	547	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	c:1	547	

***Abréviations :** v = 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) 02 %
- Sable très grossier (1-2 mm) 02 %
- Sable grossier (0,5-1 mm) 02 %
- Sable moyen (0,25-0,5 mm) 14 %
- Sable fin (0,125-0,25 mm) 40 %
- Sable très fin (0,063-0,125 mm) 30 %
- 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-0020910	Date :	2019-11-28
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	9:37
# Station :	52	Météo :	Nuageux, 1°C, vent NE (4 km/h)

# Pt GPS :	62	Lat. :	49,043486
# Photos :	532-533	Long. :	-68,405655

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)	c:1	548	
Clovisse arctique (<i>Mesodesma arctatum</i>)	c:4	548	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	c:1	548	

***Abréviations :** v = 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) 02 %
- Sable grossier (0,5-1 mm) 02 %
- Sable moyen (0,25-0,5 mm) 14 %
- Sable fin (0,125-0,25 mm) 30 %
- Sable très fin (0,063-0,125 mm) 30 %
- Silt (limon et argile <63µm) 20 %

Forme

- Bien arrondi (*well rounded*)
- Subarrondi (*sub-rounded*)
- Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Fiche de terrain - Échantillonnage de benthos

Projet :	P-0020910	Date :	2019-11-28
Lieu :	Batture Pointe-aux-Outardes	Heure :	10:00
# Station :	53	Météo :	Nuageux, 1°C, vent NE (4 km/h)

# Pt GPS :	63	Lat. :	49,04292
# Photos :	534-535	Long. :	-68,408593

Identification et dénombrement des captures

Espèce	Nombre	# Photo	Note
Mye commune (<i>Mya arenaria</i>)	v:3 c:3	549	
Petite macoma (<i>Macoma balthica</i>)	c:7	549	
Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	c:5	549	
Balane (<i>Balanus sp.</i>)	m:4	549	

***Abréviations :** v = 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) 02 %
- Sable grossier (0,5-1 mm) 02 %
- Sable moyen (0,25-0,5 mm) 04 %
- Sable fin (0,125-0,25 mm) 20 %
- Sable très fin (0,063-0,125 mm) 20 %
- Silt (limon et argile <63µm) 50 %

Forme

- Bien arrondi (*well rounded*)
- Subarrondi (*sub-rounded*)
- Subangulaire (*sub-angular*)

Commentaires

Annexe B Répertoire photographique



PHOTO 1 — Estran de Pointe-aux-Outardes, à l'ouest du Vieux quai (20 novembre)



PHOTO 2 — Estran de Pointe-aux-Outardes, à l'est du Vieux quai (20 novembre)



PHOTO 3 — Matériel d'échantillonnage : tamis, quadrat et pelle



PHOTO 4 — Mactre de Stimpson



PHOTO 5 — Buccin commun



PHOTO 6 — Crabe tourteau et couteau de mer



PHOTO 7 — Raie épineuse, vue dorsale



PHOTO 8 — Raie épineuse, vue ventrale incluant le crâne cartilagineux



PHOTO 9 — Raie épineuse, nageoire caudale



PHOTO 10 — Raie épineuse, épines sur la queue



PHOTO 11 — Zostère marine et ses rhizomes dans la laisse de mer



PHOTO 12 — Laisse de mer



PHOTO 13 — Laisse de mer



PHOTO 14 — Vestiges présumés d'épis Maltais-Savard



PHOTO 15 — Vestiges présumés d'épis Maltais-Savard



PHOTO 16 — Colonisation de pieux par les moules bleues

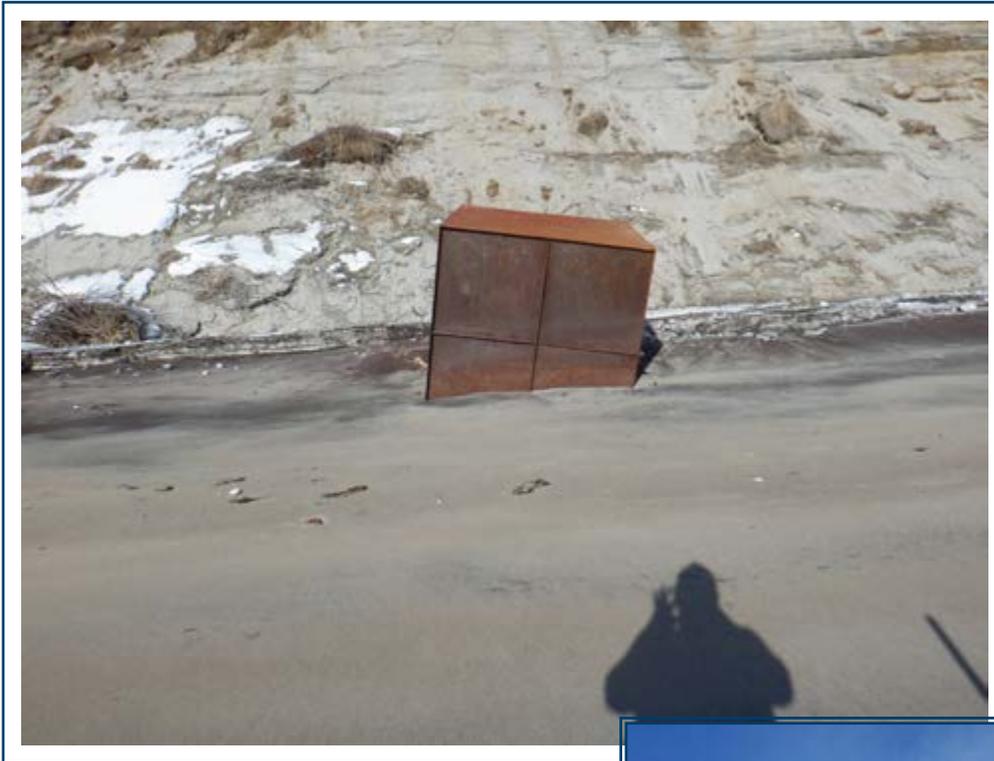


PHOTO 17 — Structure métallique provenant du haut d'un talus en érosion

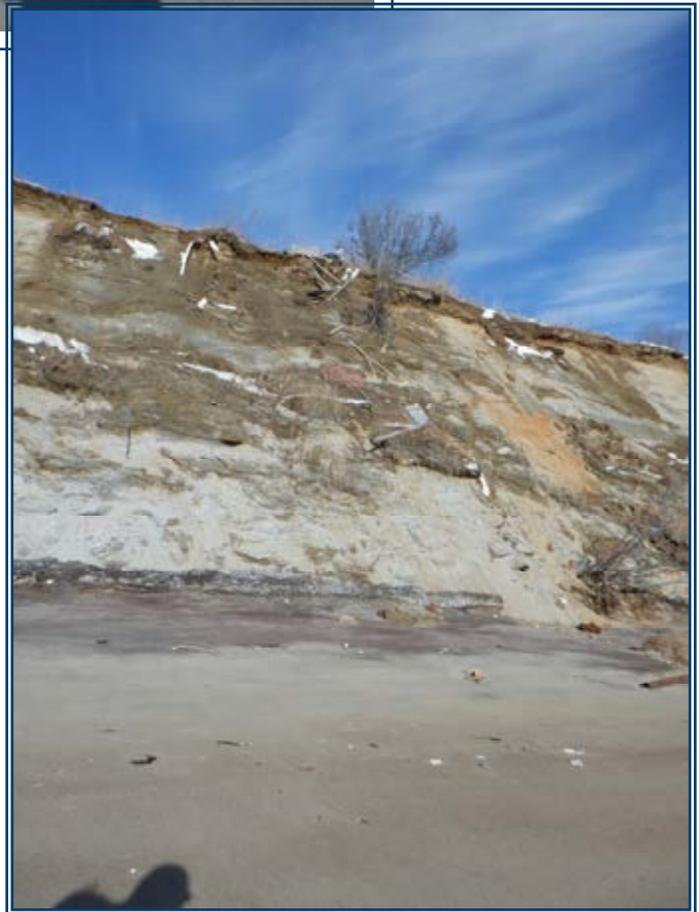


PHOTO 18 — Débris divers s'effondrant du talus vers l'estran



PHOTO 19 — Matériaux domestiques sur l'estran



PHOTO 20 — L'un des nombreux escaliers partiellement détruits



PHOTO 21 — Puisard artisanal présumé sur l'estran



PHOTO 22 — Côté découpé du puisard artisanal présumé





ANNEXE 12
RAPPORT FINAL GRANULOMÉTRIE
ENGLOBE

DESTINATAIRE

Dania Hovington
Municipalité de Pointe-aux-Outardes
471, chemin Principal
Pointe-aux-Outardes
QC, CAN
G0H 1M0

PROJET

Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo

Pointes-aux-Outardes

Projet client : 2018-11-270
Notre n° de dossier : P-0017842-0-01-500

DOCUMENT(S) TRANSMIS

Monsieur ,

Il nous fait plaisir de vous transmettre ce rapport relativement aux services rendus par Englobe Corp, pour le projet cité en titre. Les documents suivants sont joints en annexe:

Sols, gran. & autres matér. Rapports 001, 002, 003, 004, 005, 006, 007, 008, 009, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 016, 017, 018, 019, 020, 021, 022, 023, 024, 025, 026, 027, 028, 029, 030, 031, 032, 033, 034, 035, 036, 037.

REMARQUES

Plan de localisation en annexe.

COPIE(S) CONFORME(S)

Télécopieur : Dania Hovington, Municipalité de Pointe-aux-Outardes ((418) 567-4409 Ext:)
Courriel : Dania Hovington, Municipalité de Pointe-aux-Outardes (dania.h@pointe-aux-outardes.ca)

Le rapport d'essais ci-présent ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite d'un responsable autorisé de Englobe Corp.
Les résultats des essais effectués ne sont valides que pour l'échantillon décrit dans le rapport. Une partie des essais, ou la totalité, peut avoir été réalisée par des fournisseurs ou sous-traitants dûment qualifiés selon notre système qualité .

Pour de plus amples informations, veuillez contacter Laurent Gosselin responsable de votre projet au .

Date de transmission
2019-01-10

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo
Endroit : Pointes-aux-Outardes

Dossier : P-0017842-0-01-500
Réf. client : 2018-11-270
Rapport n° : 30 **Rév. 1**
Page 1 de 1

Échantillonnage

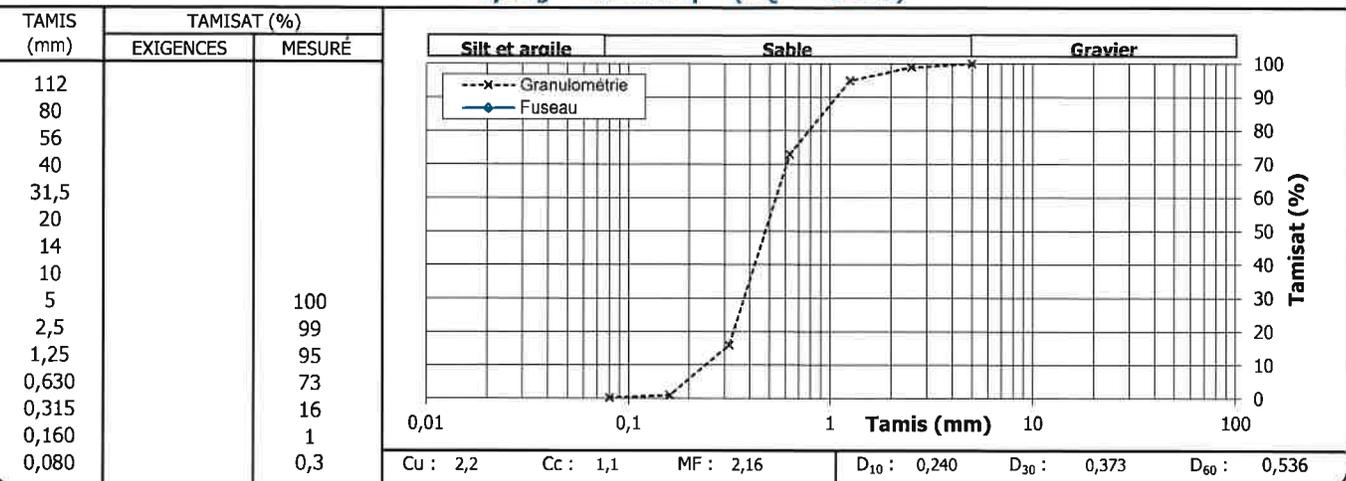
N° d'échantillon : 30
N° d'échantillon client :
Type de matériau : Sable naturel
Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes
Endroit échantillonné : Haut plage; T0;

Spécification n° 1

Référence :
Usage :
Calibre : Classe B
Classe :

Prélevé le : 2018-11-27
Par : Olivier Allard
Reçu le : 2018-11-27

Analyse granulométrique (NQ 2501-025)



Masse vol. sèche maximale kg/m ³	Humidité optimale %	Retenu 5 mm %
--	------------------------	------------------

Proportions selon analyse granulométrique (%)

Cailloux : 0,0	Sable : 99,7
Gravier : 0,0	Silt et argile : 0,3

Autres essais

Exigé

Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010

UN ASTERISQUE ACCOMPAGNE TOUT RESULTAT NON CONFORME

Préparé par : Gaston Vallières, chef laboratoire
Date : 2018-12-14

Approuvé par : Laurent Gosselin
Date : 2019-01-15

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo
Endroit : Pointes-aux-Outardes

Dossier : P-0017842-0-01-500
Réf. client : 2018-11-270

Rapport n° : 29 **Rév. 1**
Page 1 de 1

Échantillonnage

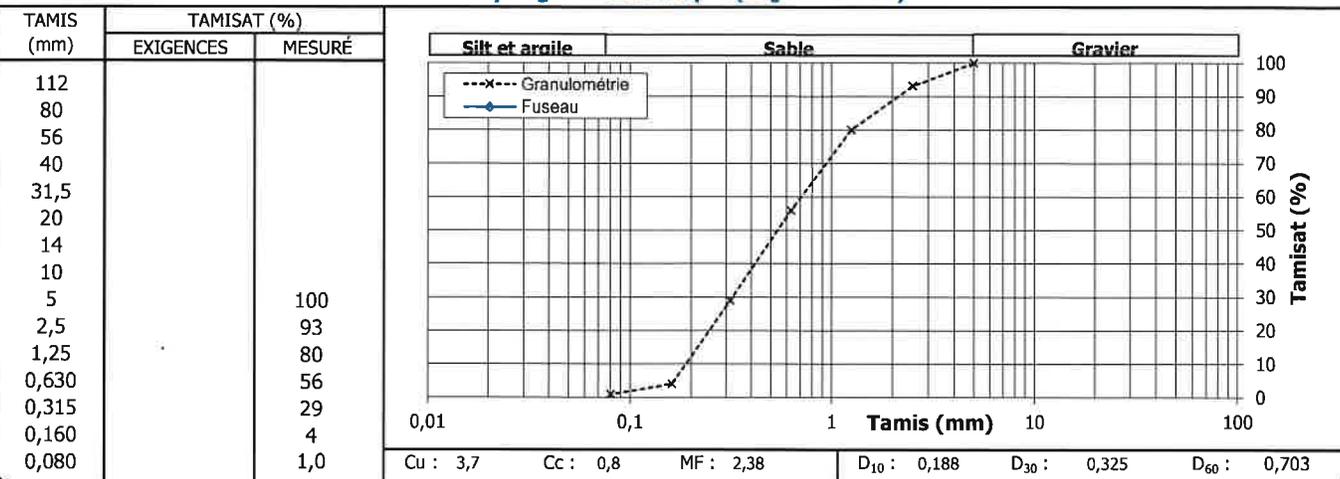
N° d'échantillon : 29
N° d'échantillon client :
Type de matériau : Sable naturel
Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes
Endroit échantillonné : Centre Niveau 0; T0;

Spécification n° 1

Référence :
Usage :
Calibre : Classe B
Classe :

Prélevé le : 2018-11-27
Par : Olivier Allard
Reçu le : 2018-11-27

Analyse granulométrique (NQ 2501-025)



Masse vol. sèche maximale kg/m ³	Humidité optimale %	Retenu 5 mm %
--	------------------------	------------------

Proportions selon analyse granulométrique (%)

Cailloux : 0,0	Sable : 99,0
Gravier : 0,0	Silt et argile : 1,0

Autres essais

Exigé

Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010

UN ASTERISQUE ACCOMPAGNE TOUT RESULTAT NON CONFORME

Préparé par : Gaston Vallières, chef laboratoire
Date : 2018-12-14

Approuvé par : Laurent Gosselin
Date : 2019-01-15

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo
Endroit : Pointes-aux-Outardes

Dossier : P-0017842-0-01-500
Réf. client : 2018-11-270
Rapport n° : 28 **Rév. 1**
Page 1 de 1

Échantillonnage

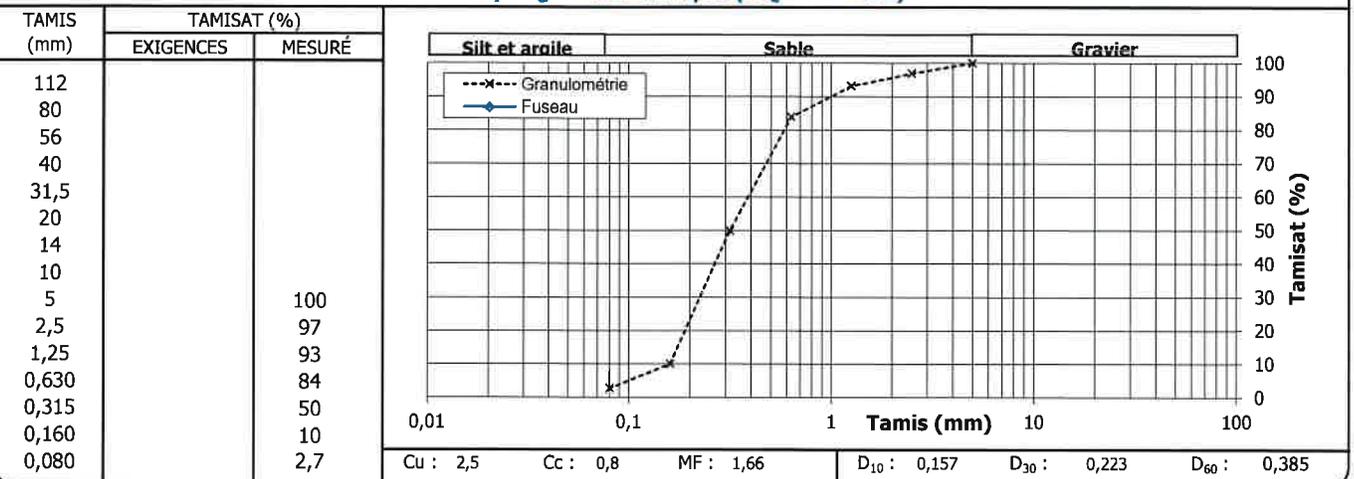
N° d'échantillon : 28
N° d'échantillon client :
Type de matériau : Sable naturel
Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes
Endroit échantillonné : Bas plage; T0;

Spécification n° 1

Référence :
Usage :
Calibre : Classe B
Classe :

Prélevé le : 2018-11-27
Par : Olivier Allard
Reçu le : 2018-11-27

Analyse granulométrique (NQ 2501-025)



Masse vol. sèche maximale kg/m ³	Humidité optimale %	Retenu 5 mm %
--	------------------------	------------------

Autres essais	Exigé	Mesuré

Remarques
Méthode d'échantillonnage: LC 21-010

UN ASTERISQUE ACCOMPAGNE TOUT RESULTAT NON CONFORME

Préparé par : Gaston Vallières, chef laboratoire **Date :** 2018-12-14
Approuvé par : Laurent Gosselin **Date :** 2019-01-15

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo
Endroit : Pointes-aux-Outardes

Dossier : P-0017842-0-01-500
Réf. client : 2018-11-270

Rapport n° : 18 **Rév.** 1
Page 1 de 1

Échantillonnage

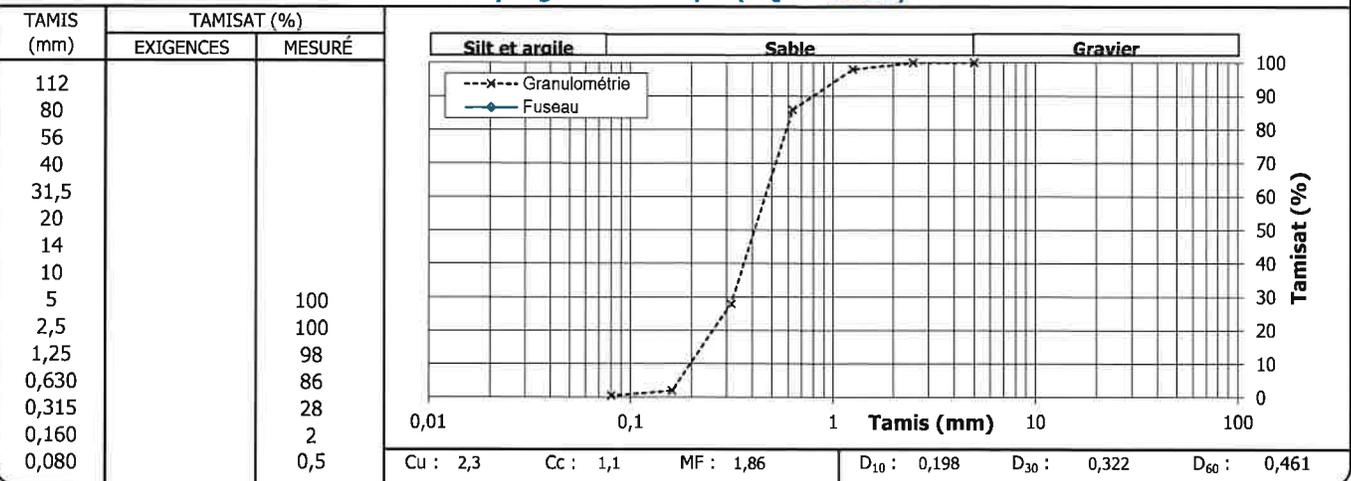
N° d'échantillon : 18
N° d'échantillon client :
Type de matériau : Sable naturel
Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes
Endroit échantillonné : Haut plage; T1;

Spécification n° 1

Référence :
Usage :
Calibre : Classe B
Classe :

Prélevé le : 2018-11-26
Par : Olivier Allard
Reçu le : 2018-11-26

Analyse granulométrique (NQ 2501-025)



Masse vol. sèche maximale kg/m ³	Humidité optimale %	Retenu 5 mm %
--	------------------------	------------------

Proportions selon analyse granulométrique (%)

Cailloux : 0,0	Sable : 99,5
Gravier : 0,0	Silt et argile : 0,5

Autres essais

Exigé

Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010
Sable noir de 0 @ 50mm

UN ASTERISQUE ACCOMPAGNE TOUT RESULTAT NON CONFORME

Préparé par : Gaston Vallières, chef laboratoire
Date : 2018-12-14

Approuvé par : Laurent Gosselin
Date : 2019-01-15

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo
Endroit : Pointes-aux-Outardes

Dossier : P-0017842-0-01-500
Réf. client : 2018-11-270

Rapport n° : 4 **Rév. 1**
Page 1 de 1

Échantillonnage

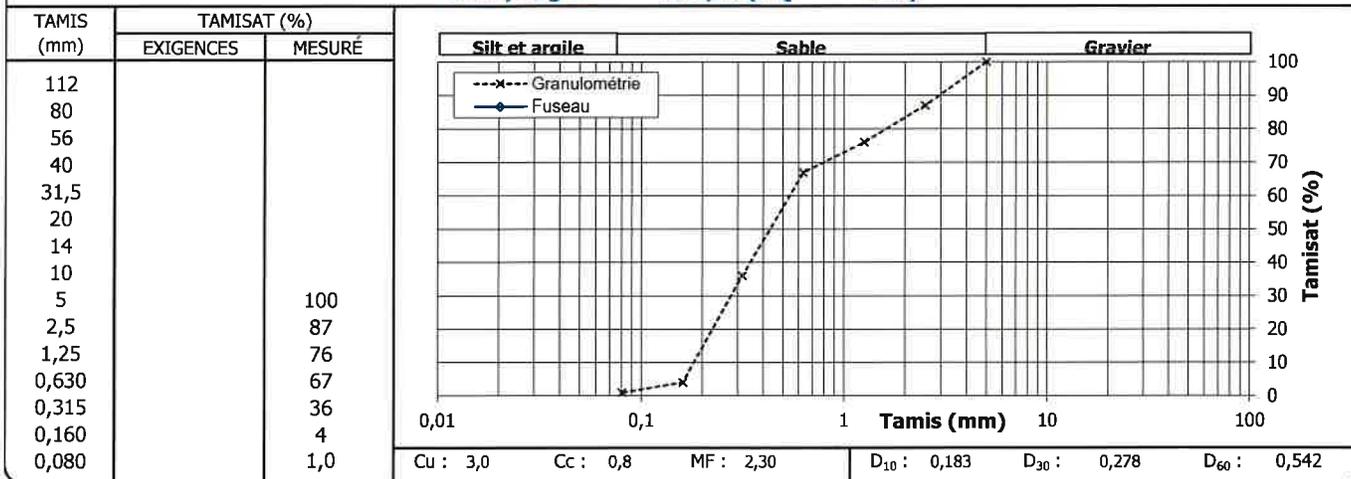
N° d'échantillon : 4
N° d'échantillon client :
Type de matériau : Sable naturel
Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes
Endroit échantillonné : Centre Niveau 0; T1;

Spécification n° 1

Référence :
Usage :
Calibre : Classe B
Classe :

Prélevé le : 2018-11-26
Par : Olivier Allard
Reçu le : 2018-11-26

Analyse granulométrique (NQ 2501-025)



Masse vol. sèche maximale : kg/m³
Humidité optimale : %
Retenu 5 mm : %

Proportions selon analyse granulométrique (%)

Cailloux : 0,0 Sable : 99,0
Gravier : 0,0 Silt et argile : 1,0

Autres essais

Exigé

Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010

UN ASTERISQUE ACCOMPAGNE TOUT RESULTAT NON CONFORME

Préparé par : Gaston Vallières, chef laboratoire
Date : 2018-12-14

Approuvé par : Laurent Gosselin
Date : 2019-01-15

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo

Dossier : P-0017842-0-01-500
Réf. client : 2018-11-270

Endroit : Pointes-aux-Outardes

Rapport n° : 34 **Rév. 1**
Page 1 de 1

Échantillonnage

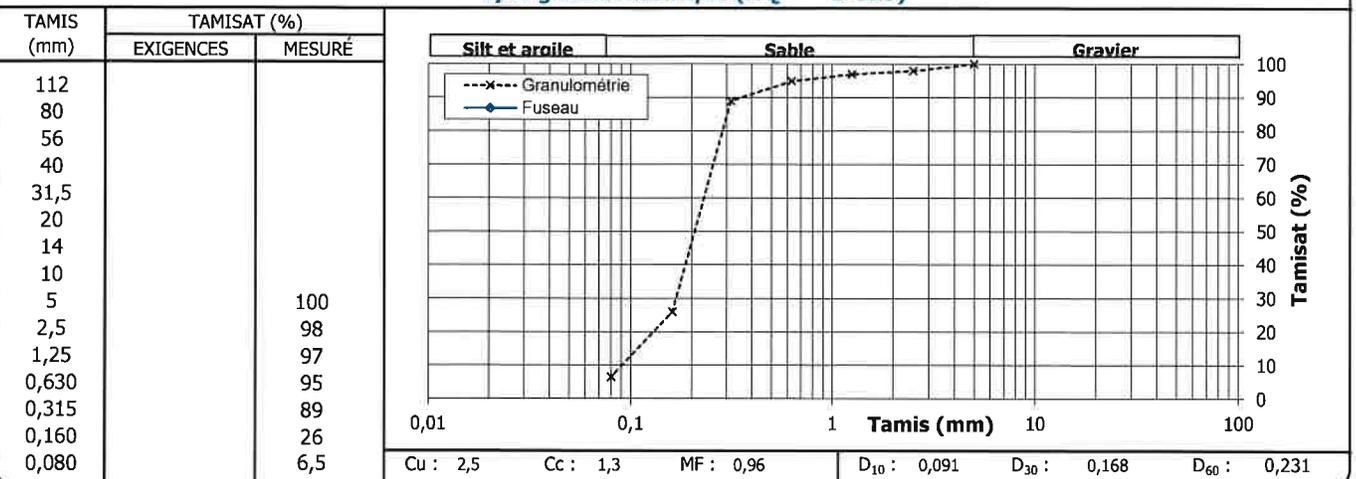
N° d'échantillon : 34
N° d'échantillon client :
Type de matériau : Sable naturel
Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes
Endroit échantillonné : Bas plage; T1;

Spécification n° 1

Référence :
Usage :
Calibre : Classe B
Classe :

Prélevé le : 2018-11-27
Par : Olivier Allard
Reçu le : 2018-11-27

Analyse granulométrique (NQ 2501-025)



Masse vol. sèche maximale kg/m ³	Humidité optimale %	Retenu 5 mm %
--	------------------------	------------------

Proportions selon analyse granulométrique (%)

Cailloux : 0,0 Sable : 93,5
Gravier : 0,0 Silt et argile : 6,5

Autres essais

Exigé

Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010

UN ASTERISQUE ACCOMPAGNE TOUT RESULTAT NON CONFORME

Préparé par : Gaston Vallières, chef laboratoire
Date : 2018-12-14

Approuvé par : Laurent Gosselin
Date : 2019-01-15

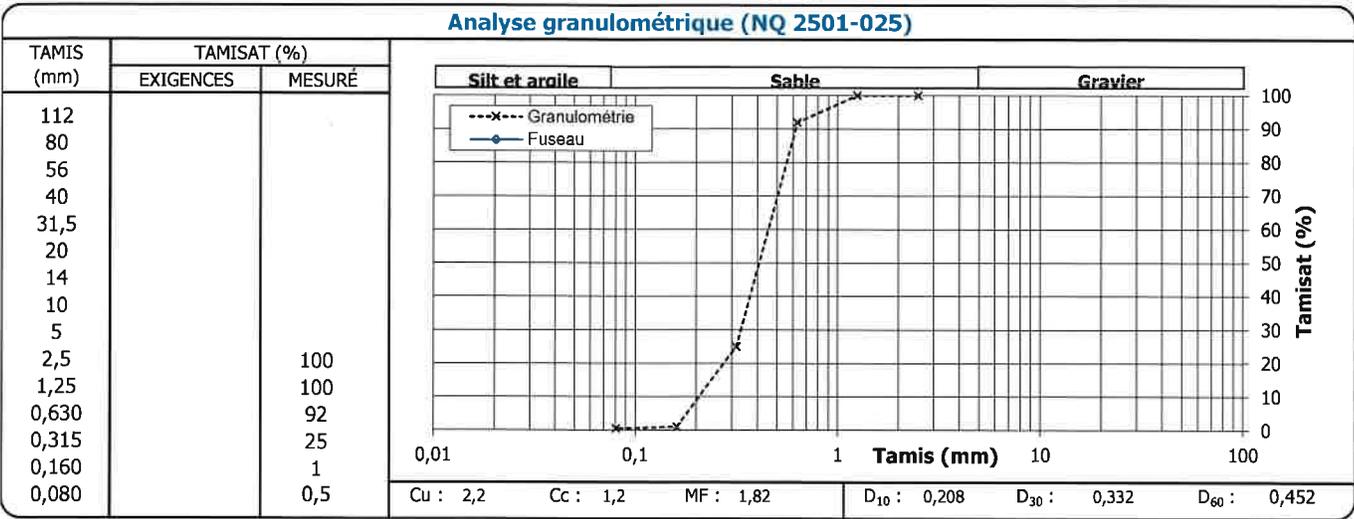
Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes	Dossier : P-0017842-0-01-500
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo	Réf. client : 2018-11-270
Endroit : Pointes-aux-Outardes	Rapport n° : 22 Rév. 1 Page 1 de 1

Échantillonnage

N° d'échantillon : 22
 N° d'échantillon client :
 Type de matériau : Sable naturel
 Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes
 Endroit échantillonné : Haut plage; T2;

Spécification n° 1

Référence :
 Usage :
 Calibre : Classe B
 Classe :
 Prélevé le : 2018-11-26
 Par : Olivier Allard
 Reçu le : 2018-11-19



Masse vol. sèche maximale kg/m ³	Humidité optimale %	Retenu 5 mm %
--	------------------------	------------------

Proportions selon analyse granulométrique (%)

Cailloux : 0,0	Sable : 99,5
Gravier : 0,0	Silt et argile : 0,5

Autres essais	Exigé	Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010

UN ASTERISQUE ACCOMPAGNE TOUT RESULTAT NON CONFORME

Préparé par : Gaston Vallières, chef laboratoire **Date :** 2018-12-14

Approuvé par : Laurent Gosselin **Date :** 2019-01-15

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo
Endroit : Pointes-aux-Outardes

Dossier : P-0017842-0-01-500
Réf. client : 2018-11-270
Rapport n° : 23 **Rév. 1**
Page 1 de 1

Échantillonnage

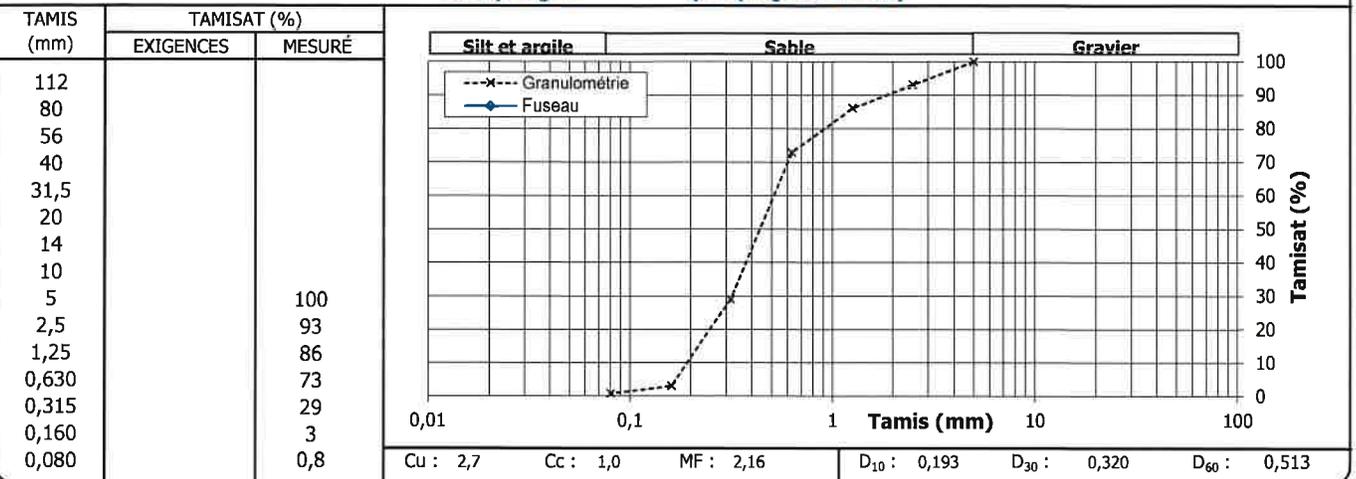
N° d'échantillon : 23
N° d'échantillon client :
Type de matériau : Sable naturel
Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes
Endroit échantillonné : Centre Niveau 0; T2;

Spécification n° 1

Référence :
Usage :
Calibre : Classe B
Classe :

Prélevé le : 2018-11-26
Par : Olivier Allard
Reçu le : 2018-11-26

Analyse granulométrique (NQ 2501-025)



Masse vol. sèche maximale kg/m ³	Humidité optimale %	Retenu 5 mm %
--	------------------------	------------------

Proportions selon analyse granulométrique (%)

Cailloux : 0,0	Sable : 99,2
Gravier : 0,0	Silt et argile : 0,8

Autres essais

Exigé

Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010

UN ASTERISQUE ACCOMPAGNE TOUT RESULTAT NON CONFORME

Préparé par : Gaston Vallières, chef laboratoire
Date : 2018-12-14

Approuvé par : Laurent Gosselin
Date : 2019-01-15

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo
Endroit : Pointes-aux-Outardes

Dossier : P-0017842-0-01-500
Réf. client : 2018-11-270
Rapport n° : 32 **Rév. 1**
Page 1 de 1

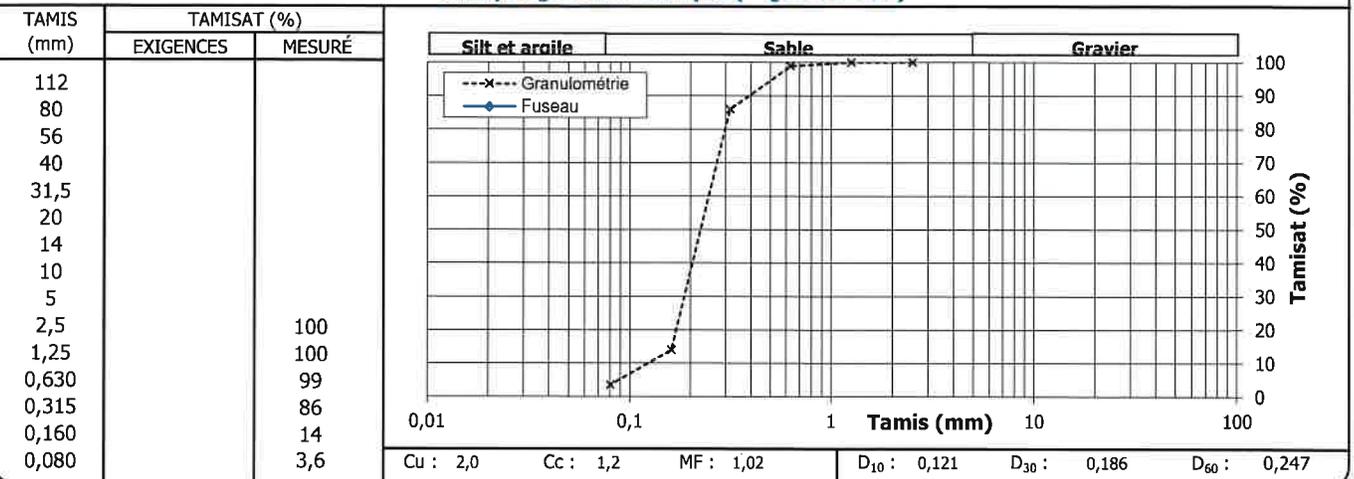
Échantillonnage

N° d'échantillon : 32
N° d'échantillon client :
Type de matériau : Sable naturel
Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes
Endroit échantillonné : Bas plage; T2;

Spécification n° 1

Référence :
Usage :
Calibre : Classe B
Classe :
Prélevé le : 2018-11-27
Par : Olivier Allard
Reçu le : 2018-11-27

Analyse granulométrique (NQ 2501-025)



Masse vol. sèche maximale kg/m ³	Humidité optimale %	Retenu 5 mm %
--	------------------------	------------------

Proportions selon analyse granulométrique (%)

Cailloux : 0,0	Sable : 96,4
Gravier : 0,0	Silt et argile : 3,6

Autres essais

Exigé

Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010

UN ASTÉRISQUE ACCOMPAGNE TOUT RESULTAT NON CONFORME

Préparé par : Gaston Vallières, chef laboratoire
Date : 2018-12-14

Approuvé par : Laurent Gosselin
Date : 2019-01-15

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo
Endroit : Pointes-aux-Outardes

Dossier : P-0017842-0-01-500
Réf. client : 2018-11-270
Rapport n° : 21 **Rév. 1**
Page 1 de 1

Échantillonnage

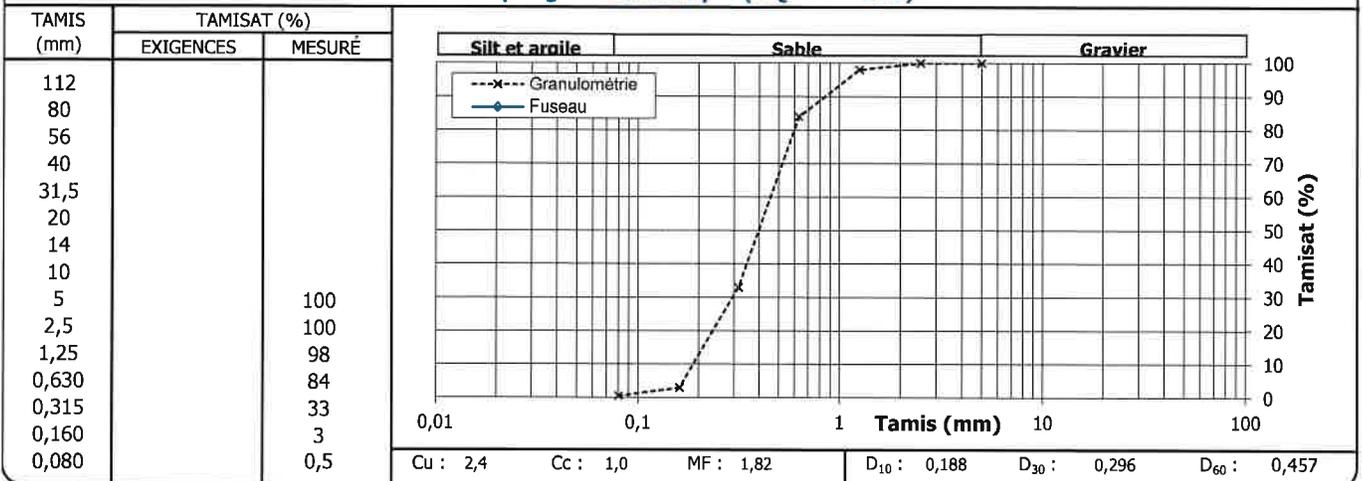
N° d'échantillon : 21
N° d'échantillon client :
Type de matériau : Sable naturel
Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes
Endroit échantillonné : Haut plage; T3;

Spécification n° 1

Référence :
Usage :
Calibre : Classe B
Classe :

Prélevé le : 2018-11-26
Par : Olivier Allard
Reçu le : 2018-11-26

Analyse granulométrique (NQ 2501-025)



Masse vol. sèche maximale kg/m ³	Humidité optimale %	Retenu 5 mm %
--	------------------------	------------------

Proportions selon analyse granulométrique (%)

Cailloux : 0,0	Sable : 99,5
Gravier : 0,0	Silt et argile : 0,5

Autres essais

Exigé

Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010
Sable noir 50 @ 150mm

UN ASTÉRISQUE ACCOMPAGNE TOUT RÉSULTAT NON CONFORME

Préparé par : Gaston Vallières, chef laboratoire
Date : 2018-12-14

Approuvé par : Laurent Gosselin
Date : 2019-01-15

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes	Dossier : P-0017842-0-01-500
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo	Réf. client : 2018-11-270
Endroit : Pointes-aux-Outardes	Rapport n° : 20 Rév. 1
	Page 1 de 1

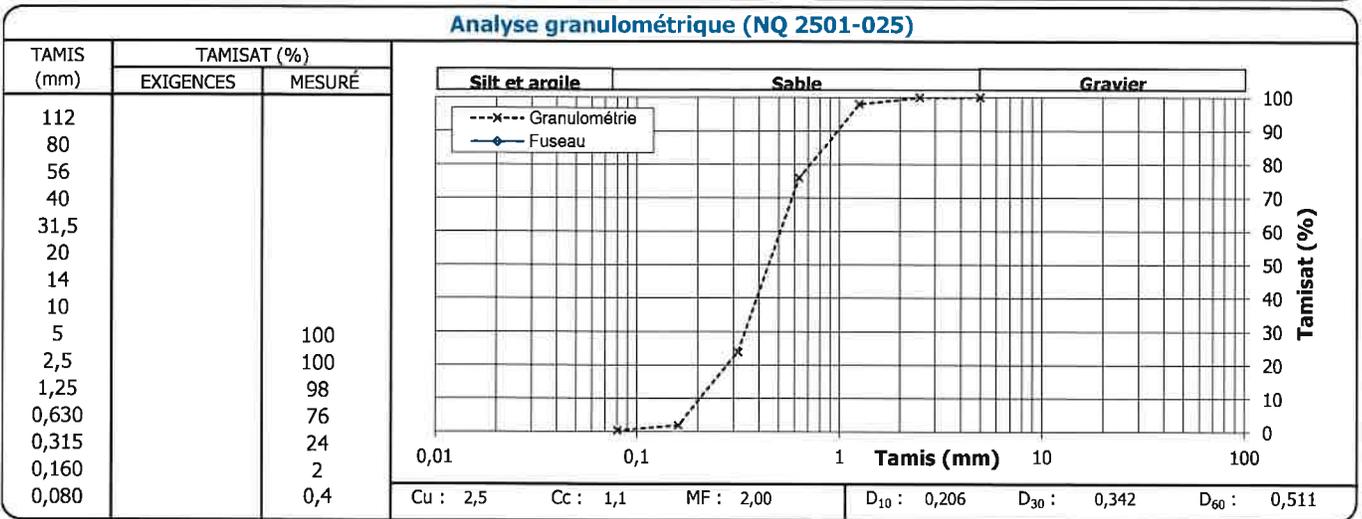
Échantillonnage

N° d'échantillon : 20
 N° d'échantillon client :
 Type de matériau : Sable naturel
 Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes
 Endroit échantillonné : Haut plage; T3;

Spécification n° 1

Référence :
 Usage :
 Calibre : Classe B
 Classe :

Prélevé le : 2018-11-26
 Par : Olivier Allard
 Reçu le : 2018-11-26



Masse vol. sèche maximale kg/m ³	Humidité optimale %	Retenu 5 mm %
--	------------------------	------------------

Proportions selon analyse granulométrique (%)

Cailloux : 0,0	Sable : 99,6
Gravier : 0,0	Silt et argile : 0,4

Autres essais	Exigé	Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010
 Sable noir de 150 @ 300mm

UN ASTERISQUE ACCOMPAGNE TOUT RESULTAT NON CONFORME

Préparé par : Gaston Vallières, chef laboratoire
Date : 2018-12-14

Approuvé par : Laurent Gosselin
Date : 2019-01-15

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo
Endroit : Pointes-aux-Outardes

Dossier : P-0017842-0-01-500
Réf. client : 2018-11-270

Rapport n° : 19 **Rév. 1**
Page 1 de 1

Échantillonnage

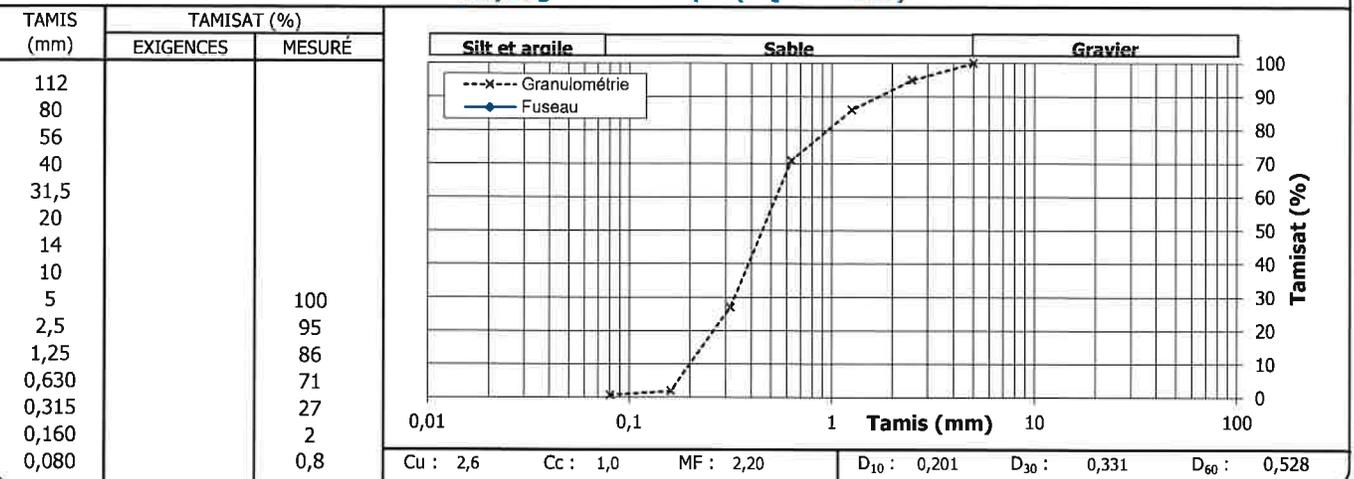
N° d'échantillon : 19
N° d'échantillon client :
Type de matériau : Sable naturel
Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes
Endroit échantillonné : Centre Niveau 0; T3;

Spécification n° 1

Référence :
Usage :
Calibre : Classe B
Classe :

Prélevé le : 2018-11-26
Par : Olivier Allard
Reçu le : 2018-11-26

Analyse granulométrique (NQ 2501-025)



Masse vol. sèche maximale kg/m ³	Humidité optimale %	Retenu 5 mm %
--	------------------------	------------------

Proportions selon analyse granulométrique (%)

Cailloux : 0,0	Sable : 99,2
Gravier : 0,0	Silt et argile : 0,8

Autres essais

Exigé

Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010

UN ASTERISQUE ACCOMPAGNE TOUT RESULTAT NON CONFORME

Préparé par : Gaston Vallières, chef laboratoire
Date : 2018-12-14

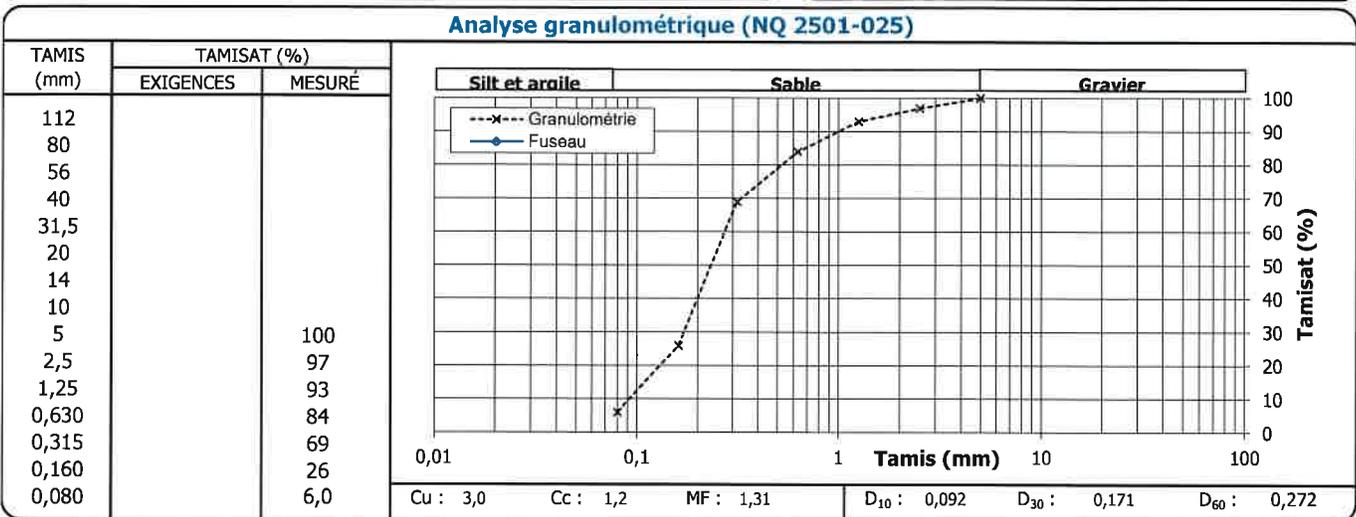
Approuvé par : Laurent Gosselin
Date : 2019-01-15

Client :	Municipalité de Pointe-aux-Outardes	Dossier :	P-0017842-0-01-500
Projet :	Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo	Réf. client :	2018-11-270
Endroit :	Pointes-aux-Outardes	Rapport n° :	33
		Rév.	1
		Page	1 de 1

Échantillonnage	
N° d'échantillon	: 33
N° d'échantillon client	:
Type de matériau	: Sable naturel
Source première; ville	: Plage Pointe aux Outardes
Endroit échantillonné	: Bas plage; T3;

Spécification n° 1	
Référence	:
Usage	:
Calibre	: Classe B
Classe	:

Prélevé le	: 2018-11-27
Par	: Olivier Allard
Reçu le	: 2018-11-27



Masse vol. sèche maximale kg/m ³	Humidité optimale %	Retenu 5 mm %
--	------------------------	------------------

Proportions selon analyse granulométrique (%)	
Cailloux :	0,0
Sable :	94,0
Gravier :	0,0
Silt et argile :	6,0

Autres essais	Exigé	Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010

UN ASTERISQUE ACCOMPAGNE TOUT RESULTAT NON CONFORME

Préparé par :	Date :
Gaston Vallières, chef laboratoire	2018-12-14

Approuvé par :	Date :
pour Laurent Gosselin	2019-01-15

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo
Endroit : Pointes-aux-Outardes

Dossier : P-0017842-0-01-500
Réf. client : 2018-11-270

Rapport n° : 25 **Rév. 1**
Page 1 de 1

Échantillonnage

N° d'échantillon : 25
N° d'échantillon client :
Type de matériau : Sable naturel
Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes

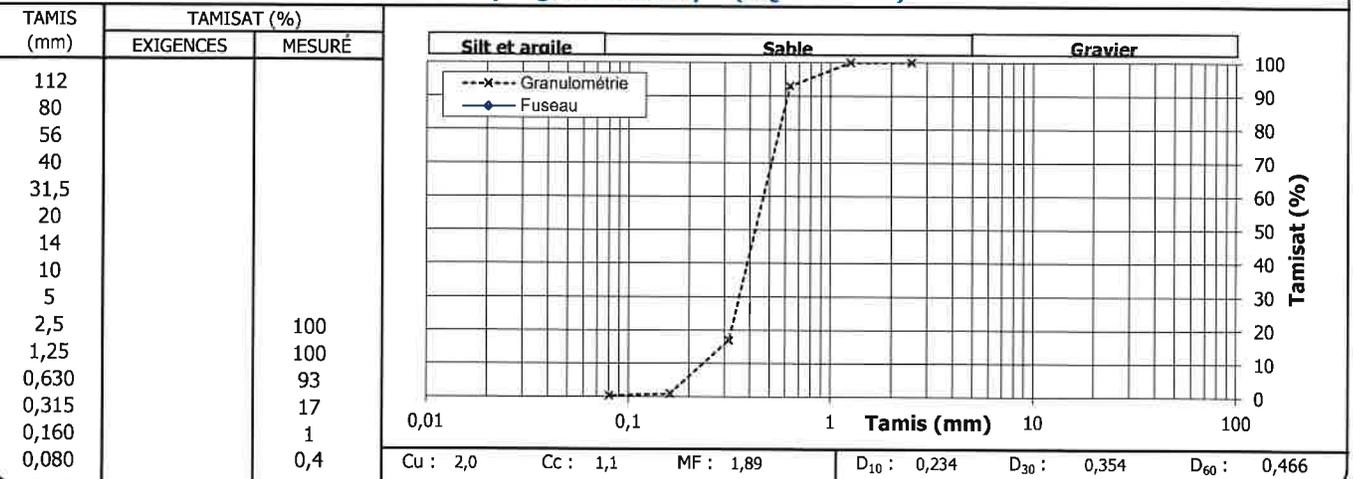
Endroit échantillonné : Haut plage; T4;

Spécification n° 1

Référence :
Usage :
Calibre : Classe B
Classe :

Prélevé le : 2018-11-26
Par : Olivier Allard
Reçu le : 2018-11-26

Analyse granulométrique (NQ 2501-025)



Masse vol. sèche maximale kg/m ³	Humidité optimale %	Retenu 5 mm %
--	------------------------	------------------

Proportions selon analyse granulométrique (%)

Cailloux : 0,0	Sable : 99,6
Gravier : 0,0	Silt et argile : 0,4

Autres essais

Exigé

Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010

UN ASTERISQUE ACCOMPAGNE TOUT RÉSULTAT NON CONFORME

Préparé par : Gaston Vallières, chef laboratoire
Date : 2018-12-14

Approuvé par : Laurent Gosselin
Date : 2019-01-15

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo
Endroit : Pointes-aux-Outardes

Dossier : P-0017842-0-01-500
Réf. client : 2018-11-270
Rapport n° : 24 **Rév.** 1
Page 1 de 1

Échantillonnage

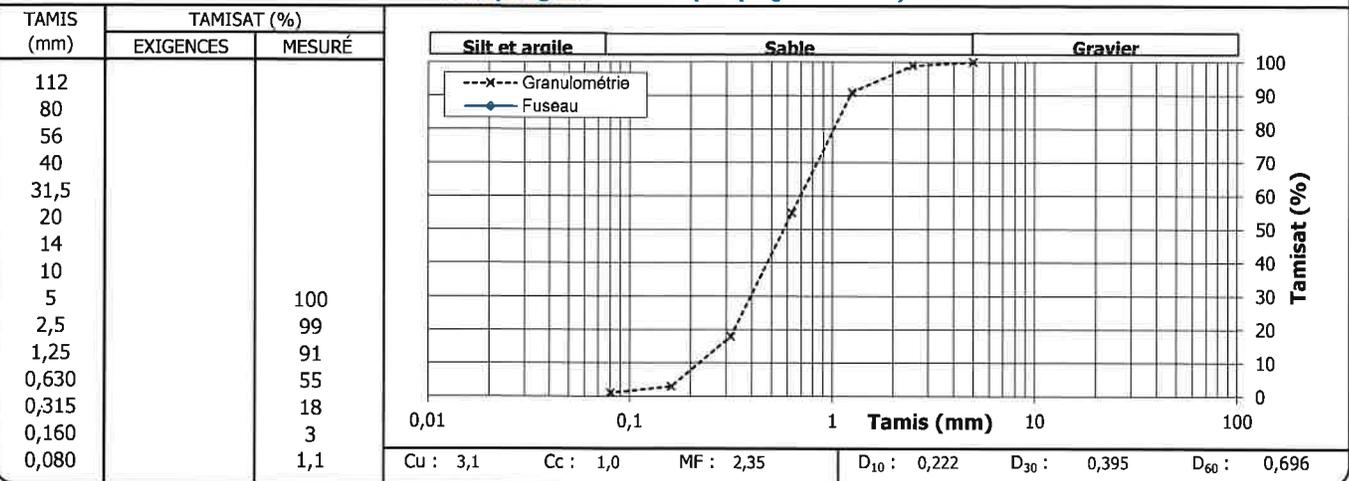
N° d'échantillon : 24
N° d'échantillon client :
Type de matériau : Sable naturel
Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes
Endroit échantillonné : Centre Niveau 0; T4;

Spécification n° 1

Référence :
Usage :
Calibre : Classe B
Classe :

Prélevé le : 2018-11-26
Par : Olivier Allard
Reçu le : 2018-11-26

Analyse granulométrique (NQ 2501-025)



Masse vol. sèche maximale kg/m ³	Humidité optimale %	Retenu 5 mm %
--	------------------------	------------------

Proportions selon analyse granulométrique (%)

Cailloux : 0,0 Sable : 98,9
Gravier : 0,0 Silt et argile : 1,1

Autres essais

Exigé

Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010

UN ASTERISQUE ACCOMPAGNE TOUT RESULTAT NON CONFORME

Préparé par : Gaston Vallières, chef laboratoire
Date : 2018-12-14

Approuvé par : 
pour **Laurent Gosselin**
Date : 2019-01-15

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes	Dossier : P-0017842-0-01-500
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo	Réf. client : 2018-11-270
Endroit : Pointes-aux-Outardes	Rapport n° : 31 Rév. 1
	Page 1 de 1

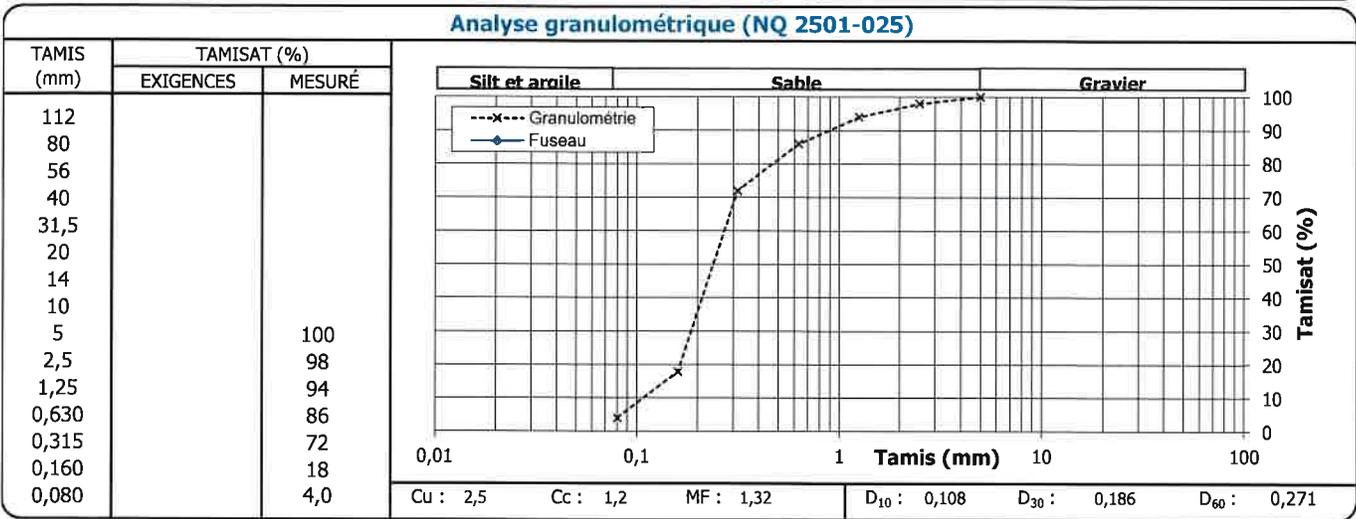
Échantillonnage

N° d'échantillon : 31
 N° d'échantillon client :
 Type de matériau : Sable naturel
 Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes
 Endroit échantillonné : Bas plage; T4;

Spécification n° 1

Référence :
 Usage :
 Calibre : Classe B
 Classe :

Prélevé le : 2018-11-27
 Par : Olivier Allard
 Reçu le : 2018-11-27



Masse vol. sèche maximale kg/m ³	Humidité optimale %	Retenu 5 mm %
--	------------------------	------------------

Proportions selon analyse granulométrique (%)

Cailloux : 0,0	Sable : 96,0
Gravier : 0,0	Silt et argile : 4,0

Autres essais	Exigé	Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010

UN ASTERISQUE ACCOMPAGNE TOUT RESULTAT NON CONFORME

Préparé par : Gaston Vallières, chef laboratoire **Date :** 2018-12-14

Approuvé par :  **Date :** 2019-01-15
 pour **Laurent Gosselin**

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo
Endroit : Pointes-aux-Outardes

Dossier : P-0017842-0-01-500
Réf. client : 2018-11-270
Rapport n° : 26 **Rév. 1**
Page 1 de 1

Échantillonnage

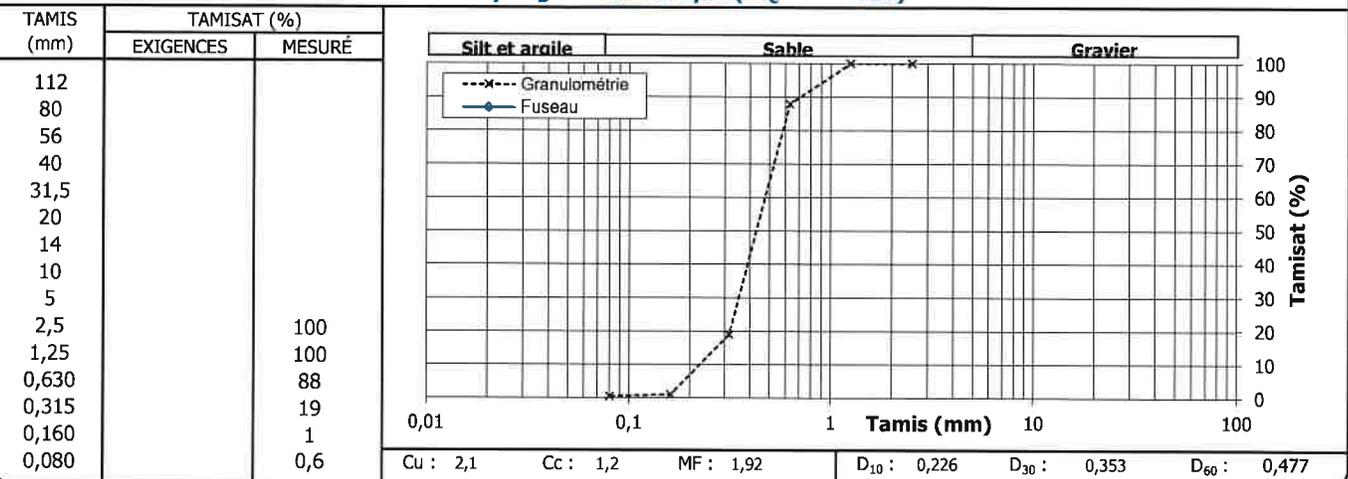
N° d'échantillon : 26
N° d'échantillon client :
Type de matériau : Sable naturel
Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes
Endroit échantillonné : Haut plage; T5;

Spécification n° 1

Référence :
Usage :
Calibre : Classe B
Classe :

Prélevé le : 2018-11-26
Par : Olivier Allard
Reçu le : 2018-11-26

Analyse granulométrique (NQ 2501-025)



Masse vol. sèche maximale kg/m ³	Humidité optimale %	Retenu 5 mm %
--	------------------------	------------------

Proportions selon analyse granulométrique (%)

Cailloux : 0,0	Sable : 99,4
Gravier : 0,0	Silt et argile : 0,6

Autres essais

Exigé

Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010

UN ASTERISQUE ACCOMPAGNE TOUT RÉSULTAT NON CONFORME

Préparé par : Gaston Vallières, chef laboratoire
Date : 2018-12-14

Approuvé par : Laurent Gosselin
Date : 2019-01-15

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo
Endroit : Pointes-aux-Outardes

Dossier : P-0017842-0-01-500
Réf. client : 2018-11-270
Rapport n° : 27 **Rév. 1**
Page 1 de 1

Échantillonnage

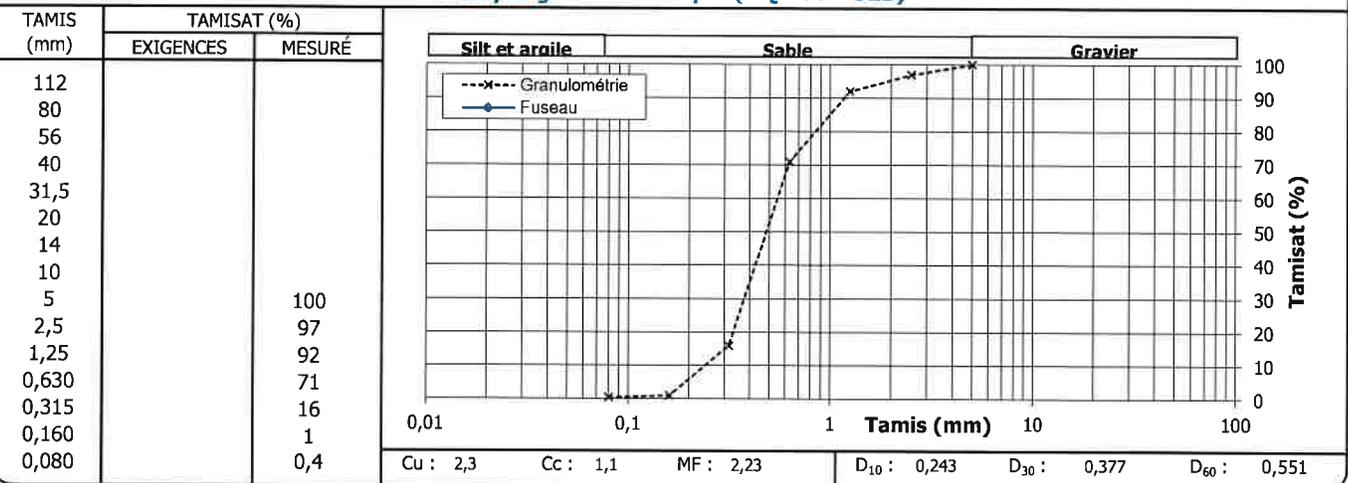
N° d'échantillon : 27
N° d'échantillon client :
Type de matériau : Sable naturel
Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes
Endroit échantillonné : Centre Niveau 0; T5;

Spécification n° 1

Référence :
Usage :
Calibre : Classe B
Classe :

Prélevé le : 2018-11-26
Par : Olivier Allard
Reçu le : 2018-11-26

Analyse granulométrique (NQ 2501-025)



Masse vol. sèche maximale : kg/m³
Humidité optimale : %
Retenu 5 mm : %

Proportions selon analyse granulométrique (%)

Cailloux : 0,0 Sable : 99,6
Gravier : 0,0 Silt et argile : 0,4

Autres essais

Exigé

Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010

UN ASTERISQUE ACCOMPAGNE TOUT RÉSULTAT NON CONFORME

Préparé par : Gaston Vallières, chef laboratoire
Date : 2018-12-14

Approuvé par : Laurent Gosselin
Date : 2019-01-15

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo
Endroit : Pointes-aux-Outardes

Dossier : P-0017842-0-01-500
Réf. client : 2018-11-270

Rapport n° : 35 **Rév.** 1
Page 1 de 1

Échantillonnage

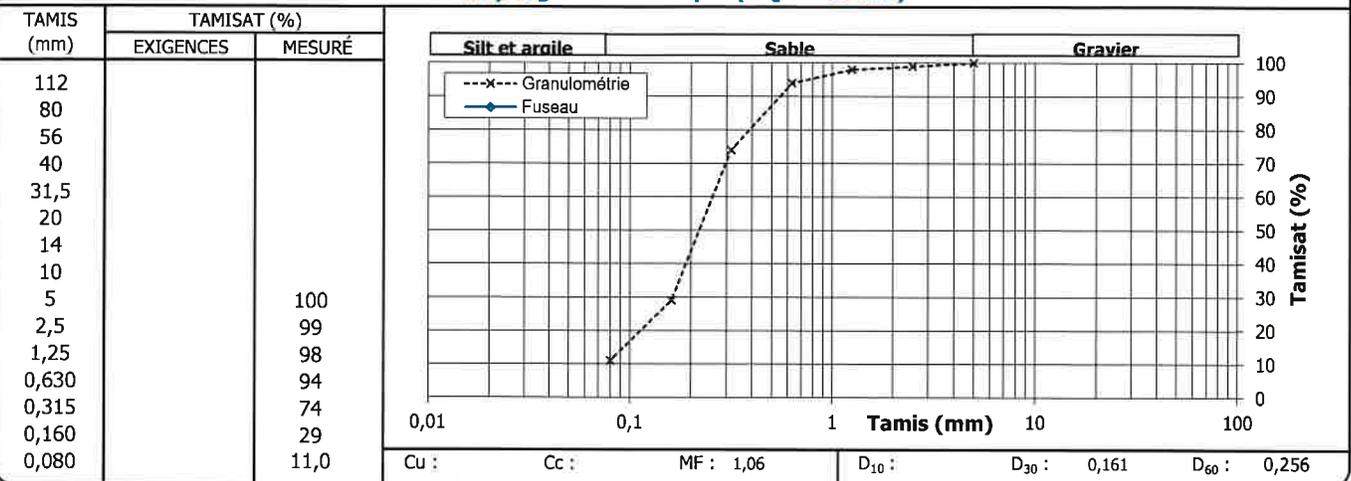
N° d'échantillon : 35
N° d'échantillon client :
Type de matériau : Sable naturel
Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes
Endroit échantillonné : Bas plage; T5;

Spécification n° 1

Référence :
Usage :
Calibre : Classe B
Classe :

Prélevé le : 2018-11-27
Par : Olivier Allard
Reçu le : 2018-11-27

Analyse granulométrique (NQ 2501-025)



Masse vol. sèche maximale : kg/m³
Humidité optimale : %
Retenu 5 mm : %

Proportions selon analyse granulométrique (%)

Cailloux : 0,0 Sable : 89,0
Gravier : 0,0 Silt et argile : 11,0

Autres essais

Exigé

Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010
Sable et gravier à 250mm

UN ASTÉRISQUE ACCOMPAGNE TOUT RÉSULTAT NON CONFORME

Préparé par : Gaston Vallières, chef laboratoire
Date : 2018-12-14

Approuvé par : 
pour Laurent Gosselin
Date : 2019-01-15

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes	Dossier : P-0017842-0-01-500
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo	Réf. client : 2018-11-270
Endroit : Pointes-aux-Outardes	Rapport n° : 2 Rév. 1
	Page 1 de 1

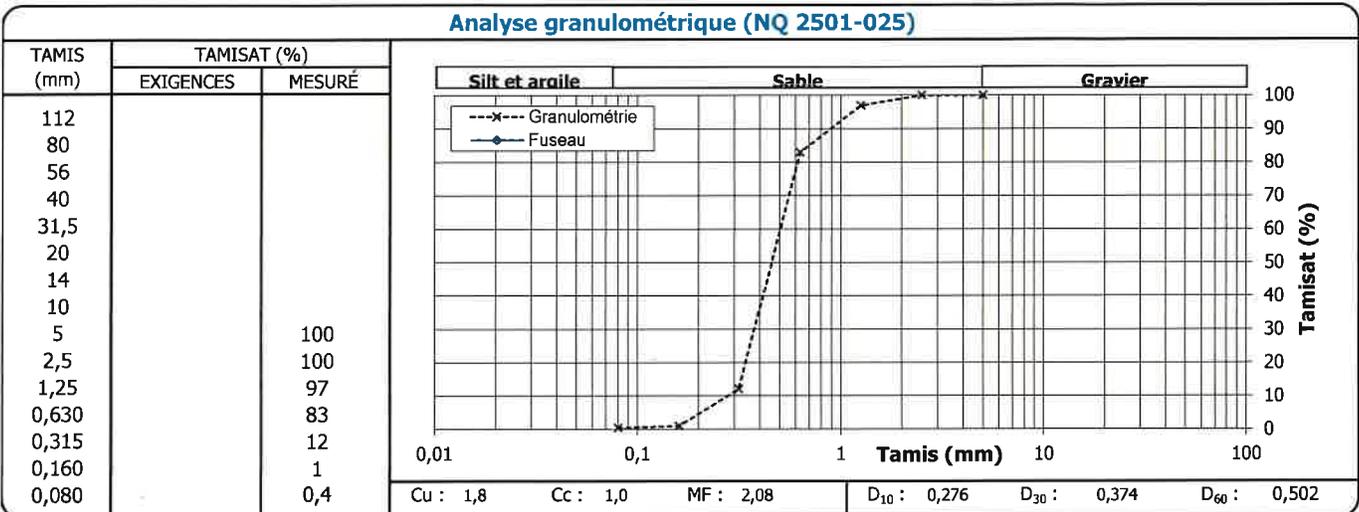
Échantillonnage

N° d'échantillon : 2
 N° d'échantillon client :
 Type de matériau : Sable naturel
 Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes
 Endroit échantillonné : Haut plage; T6;

Spécification n° 1

Référence :
 Usage :
 Calibre : Classe B
 Classe :

Prélevé le : 2018-11-26
 Par : Olivier Allard
 Reçu le : 2018-11-26



Masse vol. sèche maximale kg/m ³	Humidité optimale %	Retenu 5 mm %
--	------------------------	------------------

Proportions selon analyse granulométrique (%)

Cailloux :	0,0	Sable :	99,6
Gravier :	0,0	Silt et argile :	0,4

Autres essais	Exigé	Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010

UN ASTERISQUE ACCOMPAGNE TOUT RESULTAT NON CONFORME

Préparé par : Gaston Vallières, chef laboratoire	Date : 2018-12-14
--	-----------------------------

Approuvé par : pour Laurent Gosselin	Date : 2019-01-15
---	-----------------------------

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes	Dossier : P-0017842-0-01-500
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo	Réf. client : 2018-11-270
Endroit : Pointes-aux-Outardes	Rapport n° : 1 Rév. 1
	Page 1 de 1

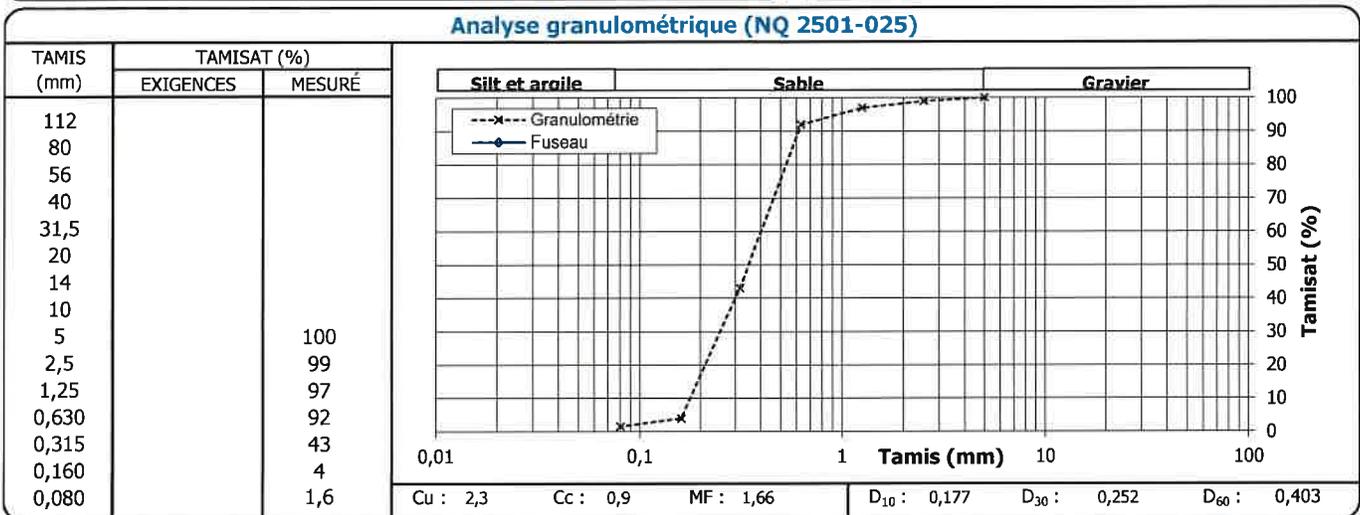
Échantillonnage

N° d'échantillon : 1
 N° d'échantillon client :
 Type de matériau : Sable naturel
 Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes
 Endroit échantillonné : Centre Niveau 0; T6;

Spécification n° 1

Référence :
 Usage :
 Calibre : Classe B
 Classe :

Prélevé le : 2018-11-26
 Par : Olivier Allard
 Reçu le : 2018-11-26



Masse vol. sèche maximale kg/m ³	Humidité optimale %	Retenu 5 mm %
--	------------------------	------------------

Proportions selon analyse granulométrique (%)

Cailloux : 0,0	Sable : 98,4
Gravier : 0,0	Silt et argile : 1,6

Autres essais	Exigé	Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010

UN ASTERISQUE ACCOMPAGNE TOUT RESULTAT NON CONFORME

Préparé par : Gaston Vallières, chef laboratoire
Date : 2018-12-14

Approuvé par : Laurent Gosselin
Date : 2019-01-15

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes	Dossier : P-0017842-0-01-500
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo	Réf. client : 2018-11-270
Endroit : Pointes-aux-Outardes	Rapport n° : 36 Rév. 1
	Page 1 de 1

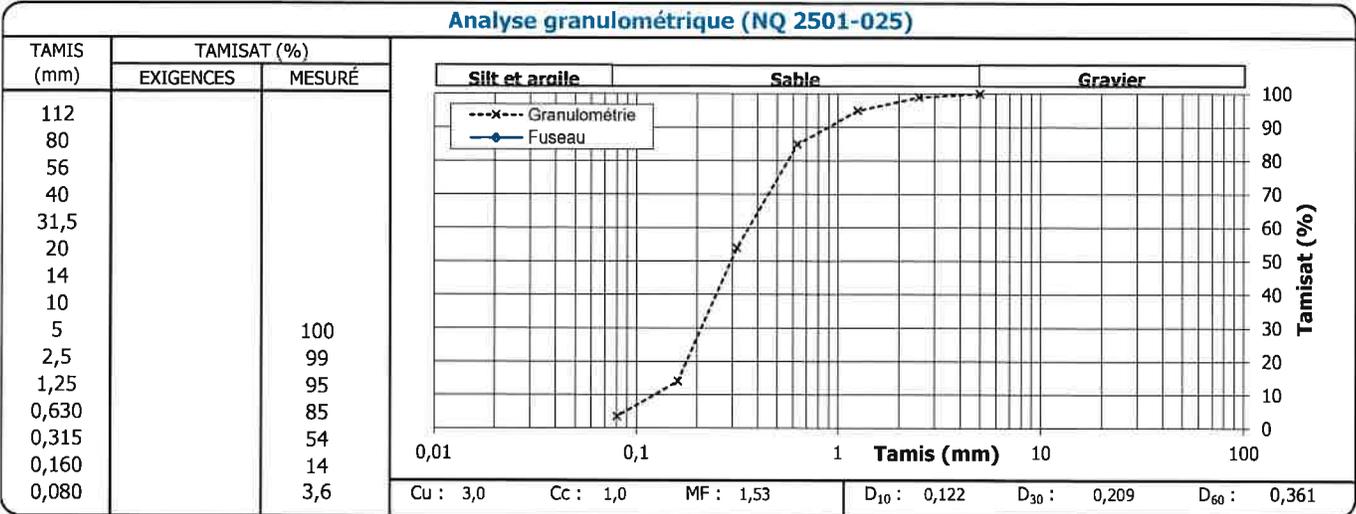
Échantillonnage

N° d'échantillon : 36
 N° d'échantillon client :
 Type de matériau : Sable naturel
 Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes
 Endroit échantillonné : Bas plage; T6;

Spécification n° 1

Référence :
 Usage :
 Calibre : Classe B
 Classe :

Prélevé le : 2018-11-27
 Par : Olivier Allard
 Reçu le : 2018-11-27



Masse vol. sèche maximale kg/m ³	Humidité optimale %	Retenu 5 mm %
--	------------------------	------------------

Proportions selon analyse granulométrique (%)

Cailloux : 0,0	Sable : 96,4
Gravier : 0,0	Silt et argile : 3,6

Autres essais	Exigé	Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010

UN ASTERISQUE ACCOMPAGNE TOUT RESULTAT NON CONFORME

Préparé par : Gaston Vallières, chef laboratoire **Date :** 2018-12-14

Approuvé par : Laurent Gosselin **Date :** 2019-01-15

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes	Dossier : P-0017842-0-01-500
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo	Réf. client : 2018-11-270
Endroit : Pointes-aux-Outardes	Rapport n° : 5 Rév. 1
	Page 1 de 1

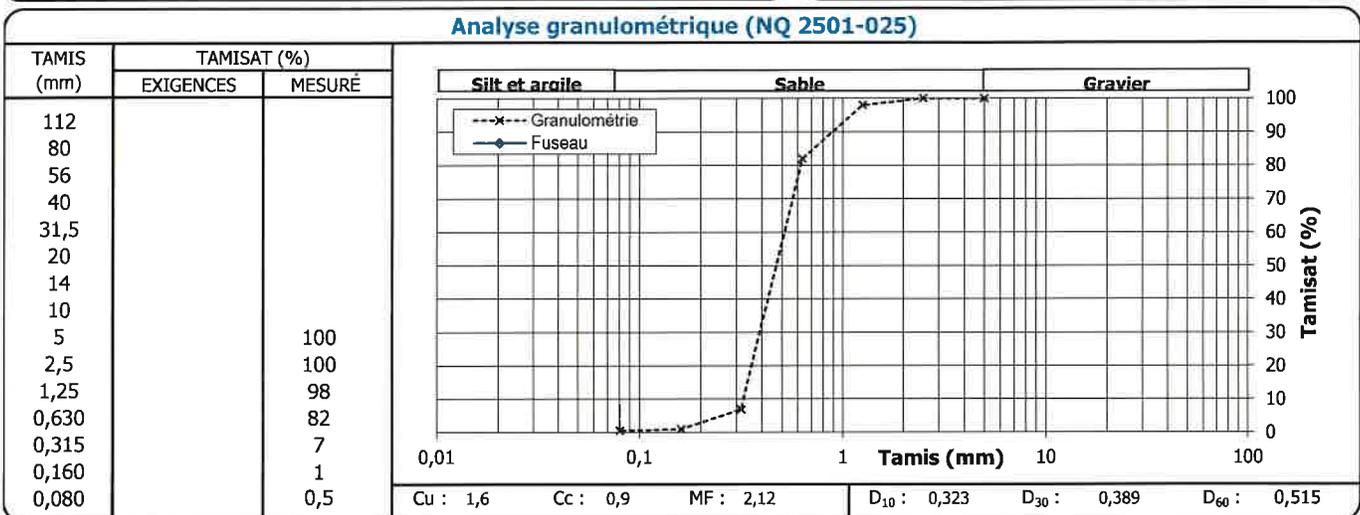
Échantillonnage

N° d'échantillon : 5
 N° d'échantillon client :
 Type de matériau : Sable naturel
 Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes
 Endroit échantillonné : Haut plage; T7;

Spécification n° 1

Référence :
 Usage :
 Calibre : Classe B
 Classe :

Prélevé le : 2018-11-26
 Par : Olivier Allard
 Reçu le : 2018-11-26



Masse vol. sèche maximale kg/m ³	Humidité optimale %	Retenu 5 mm %
--	------------------------	------------------

Proportions selon analyse granulométrique (%)

Cailloux :	0,0	Sable :	99,5
Gravier :	0,0	Silt et argile :	0,5

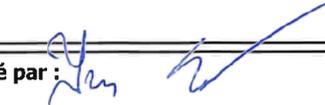
Autres essais	Exigé	Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010

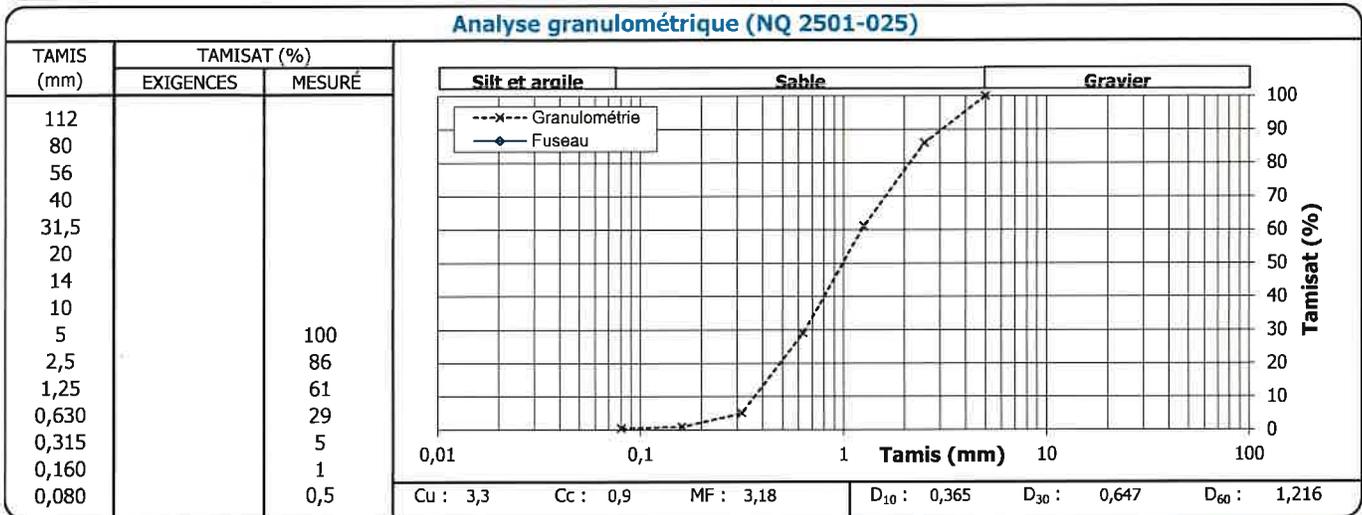
UN ASTERISQUE ACCOMPAGNE TOUT RESULTAT NON CONFORME

Préparé par : Gaston Vallières, chef laboratoire **Date :** 2018-12-14

Approuvé par :  **Date :** 2019-01-15
 POUR
 Laurent Gosselin

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes	Dossier : P-0017842-0-01-500
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo	Réf. client : 2018-11-270
Endroit : Pointes-aux-Outardes	Rapport n° : 3 Rév. 1
	Page 1 de 1

Échantillonnage	Spécification n° 1
N° d'échantillon : 3	Référence :
N° d'échantillon client :	Usage :
Type de matériau : Sable naturel	Calibre : Classe B
Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes	Classe :
Endroit échantillonné : Centre Niveau 0; T7;	Prélevé le : 2018-11-26
	Par : Olivier Allard
	Reçu le : 2018-11-26



Masse vol. sèche maximale kg/m ³	Humidité optimale %	Retenu 5 mm %

Proportions selon analyse granulométrique (%)			
Cailloux :	0,0	Sable :	99,5
Gravier :	0,0	Silt et argile :	0,5

Autres essais	Exigé	Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010

UN ASTERISQUE ACCOMPAGNE TOUT RESULTAT NON CONFORME

Préparé par : Gaston Vallières, chef laboratoire	Date : 2018-12-14	Approuvé par : pour Laurent Gosselin	Date : 2019-01-15
--	-----------------------------	---	-----------------------------

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo

Dossier : P-0017842-0-01-500
Réf. client : 2018-11-270

Endroit : Pointes-aux-Outardes

Rapport n° : 37 **Rév. 1**
Page 1 de 1

Échantillonnage

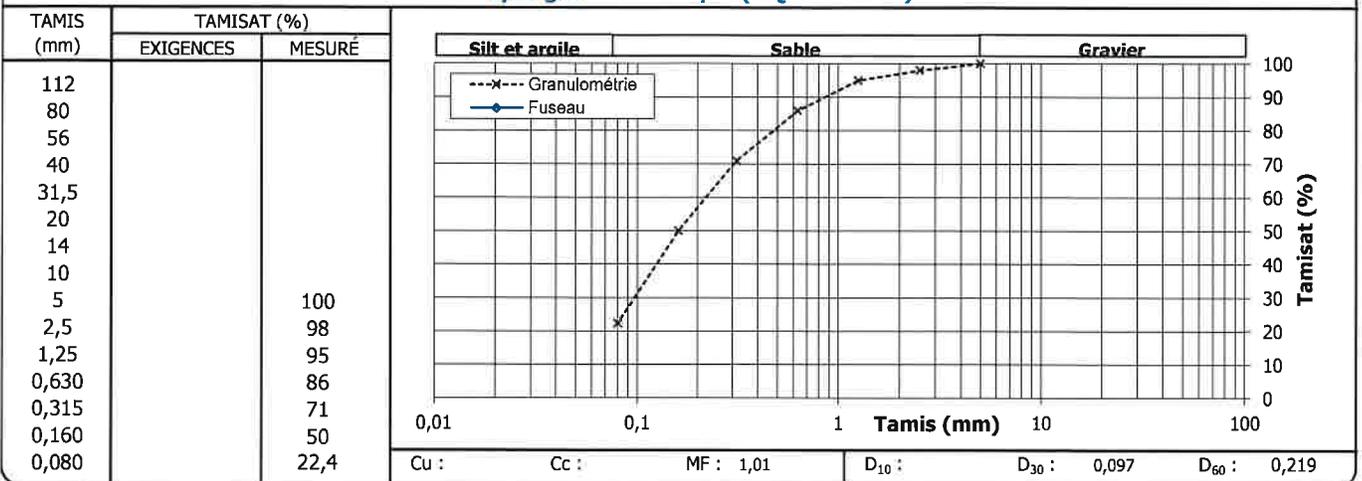
N° d'échantillon : 37
N° d'échantillon client :
Type de matériau : Sable naturel
Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes
Endroit échantillonné : Bas plage; T7;

Spécification n° 1

Référence :
Usage :
Calibre : Classe B
Classe :

Prélevé le : 2018-11-27
Par : Olivier Allard
Reçu le : 2018-11-27

Analyse granulométrique (NQ 2501-025)



Masse vol. sèche maximale :
kg/m³ Humidité optimale :
% Retenu 5 mm :
%

Proportions selon analyse granulométrique (%)

Cailloux : 0,0 Sable : 77,6
Gravier : 0,0 Silt et argile : 22,4

Autres essais

Exigé

Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010
Argile à 25mm

UN ASTERISQUE ACCOMPAGNE TOUT RESULTAT NON CONFORME

Préparé par : Gaston Vallières, chef laboratoire
Date : 2018-12-14

Approuvé par : Laurent Gosselin
Date : 2019-01-15

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes	Dossier : P-0017842-0-01-500
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo	Réf. client : 2018-11-270
Endroit : Pointes-aux-Outardes	Rapport n° : 6 Rév. 1
	Page 1 de 1

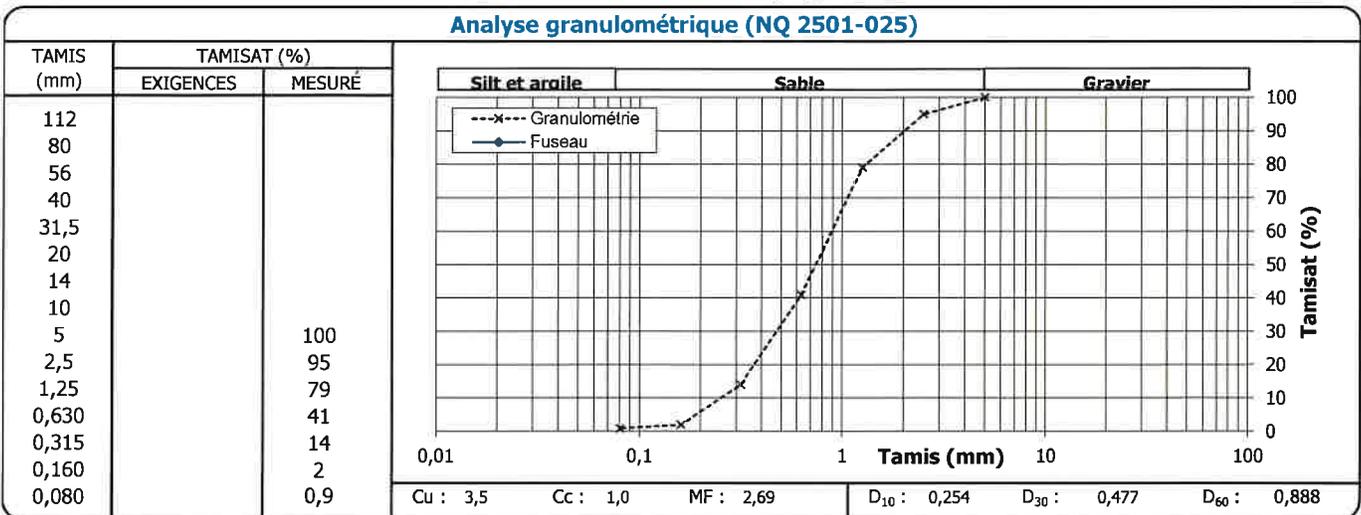
Échantillonnage

N° d'échantillon : 6
 N° d'échantillon client :
 Type de matériau : Sable naturel
 Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes
 Endroit échantillonné : Haut plage; T8;

Spécification n° 1

Référence :
 Usage :
 Calibre : Classe B
 Classe :

Prélevé le : 2018-11-26
 Par : Olivier Allard
 Reçu le : 2018-11-26



Masse vol. sèche maximale kg/m ³	Humidité optimale %	Retenu 5 mm %
--	------------------------	------------------

Proportions selon analyse granulométrique (%)

Cailloux :	0,0	Sable :	99,1
Gravier :	0,0	Silt et argile :	0,9

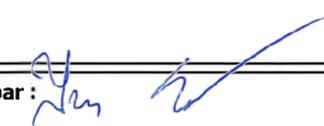
Autres essais	Exigé	Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010
 Argile @ 200mm

UN ASTERISQUE ACCOMPAGNE TOUT RESULTAT NON CONFORME

Préparé par : Gaston Vallières, chef laboratoire
Date : 2018-12-14

Approuvé par : 
 pour **Laurent Gosselin**
Date : 2019-01-15

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes	Dossier : P-0017842-0-01-500
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo	Réf. client : 2018-11-270
Endroit : Pointes-aux-Outardes	Rapport n° : 8 Rév. 1
	Page 1 de 1

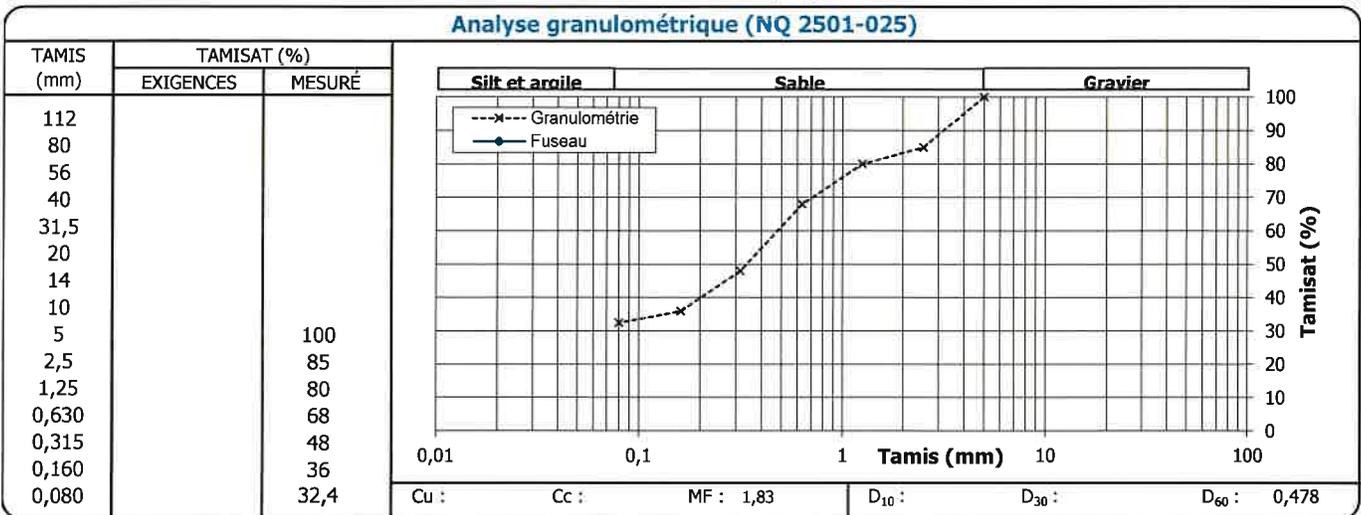
Échantillonnage

N° d'échantillon : 8
 N° d'échantillon client :
 Type de matériau : Sable naturel
 Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes
 Endroit échantillonné : Centre Niveau 0; T8;

Spécification n° 1

Référence :
 Usage :
 Calibre : Classe B
 Classe :

Prélevé le : 2018-11-26
 Par : Olivier Allard
 Reçu le : 2018-11-26



Masse vol. sèche maximale kg/m ³	Humidité optimale %	Retenu 5 mm %
--	------------------------	------------------

Proportions selon analyse granulométrique (%)

Cailloux :	0,0	Sable :	67,6
Gravier :	0,0	Silt et argile :	32,4

Autres essais	Exigé	Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010

UN ASTERISQUE ACCOMPAGNE TOUT RESULTAT NON CONFORME

Préparé par : Gaston Vallières, chef laboratoire
Date : 2018-12-14

Approuvé par : Laurent Gosselin
Date : 2019-01-15

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes	Dossier : P-0017842-0-01-500
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo	Réf. client : 2018-11-270
Endroit : Pointes-aux-Outardes	Rapport n° : 7 Rév. 1
	Page 1 de 1

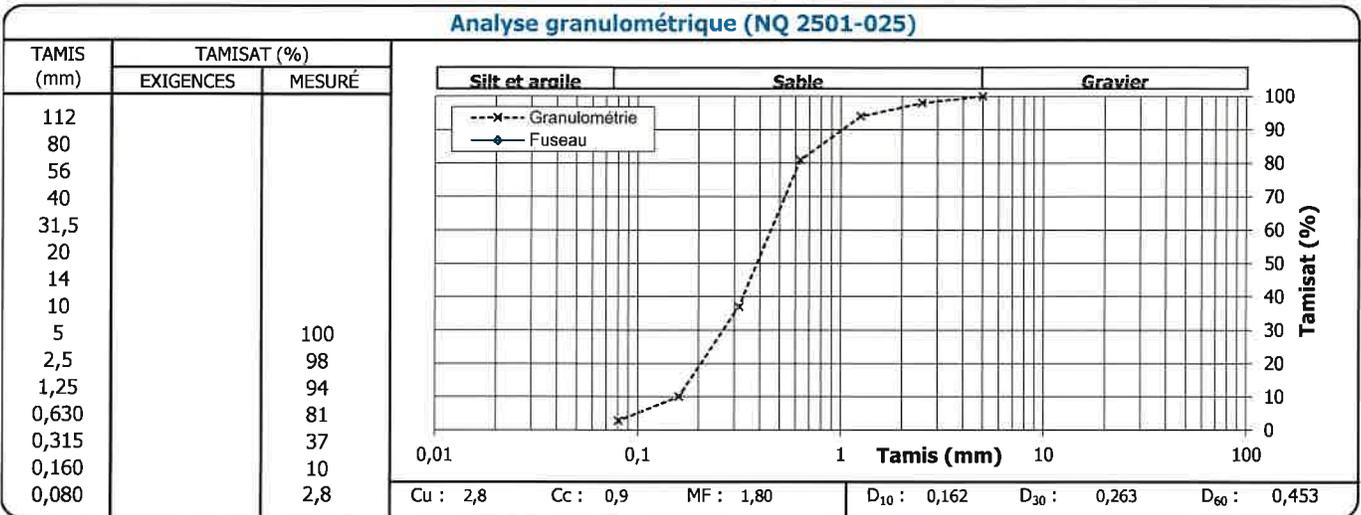
Échantillonnage

N° d'échantillon : 7
 N° d'échantillon client :
 Type de matériau : Sable naturel
 Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes
 Endroit échantillonné : Bas plage; T8;

Spécification n° 1

Référence :
 Usage :
 Calibre : Classe B
 Classe :

Prélevé le : 2018-11-26
 Par : Olivier Allard
 Reçu le : 2018-11-26



Masse vol. sèche maximale kg/m ³	Humidité optimale %	Retenu 5 mm %
--	------------------------	------------------

Proportions selon analyse granulométrique (%)

Cailloux :	0,0	Sable :	97,2
Gravier :	0,0	Silt et argile :	2,8

Autres essais	Exigé	Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010

UN ASTERISQUE ACCOMPAGNE TOUT RESULTAT NON CONFORME

Préparé par : Gaston Vallières, chef laboratoire
Date : 2018-12-14

Approuvé par : Laurent Gosselin
Date : 2019-01-15

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes	Dossier : P-0017842-0-01-500
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo	Réf. client : 2018-11-270
Endroit : Pointes-aux-Outardes	Rapport n° : 11 Rév. 1
	Page 1 de 1

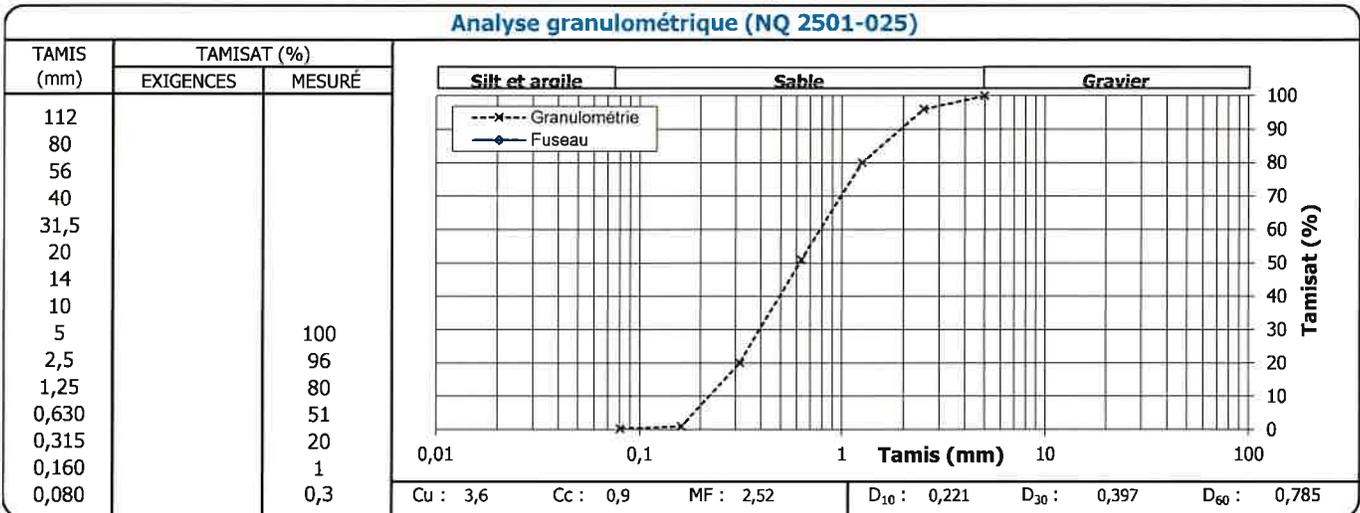
Échantillonnage

N° d'échantillon : 11
 N° d'échantillon client :
 Type de matériau : Sable naturel
 Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes
 Endroit échantillonné : Haut plage; T9;

Spécification n° 1

Référence :
 Usage :
 Calibre : Classe B
 Classe :

Prélevé le : 2018-11-26
 Par : Olivier Allard
 Reçu le : 2018-11-26



Masse vol. sèche maximale kg/m ³	Humidité optimale %	Retenu 5 mm %
--	------------------------	------------------

Proportions selon analyse granulométrique (%)

Cailloux :	0,0	Sable :	99,7
Gravier :	0,0	Silt et argile :	0,3

Autres essais	Exigé	Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010

UN ASTÉRISQUE ACCOMPAGNE TOUT RESULTAT NON CONFORME

Préparé par : Gaston Vallières, chef laboratoire
Date : 2018-12-14

Approuvé par : Laurent Gosselin
Date : 2019-01-15

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo
Endroit : Pointes-aux-Outardes

Dossier : P-0017842-0-01-500
Réf. client : 2018-11-270

Rapport n° : 10 **Rév. 1**
Page 1 de 1

Échantillonnage

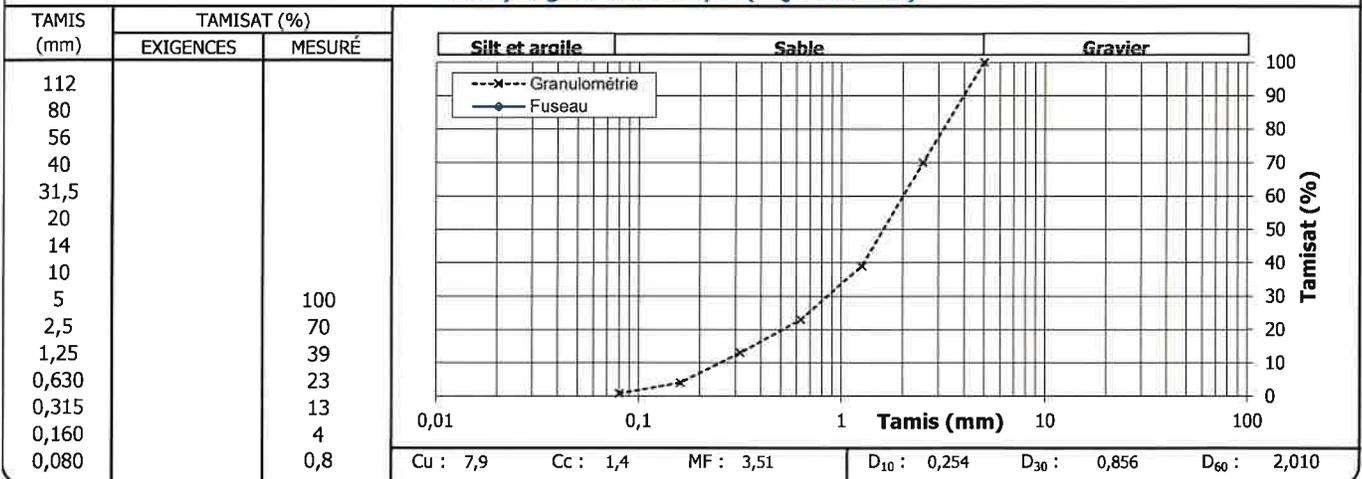
N° d'échantillon : 10
N° d'échantillon client :
Type de matériau : Sable naturel
Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes
Endroit échantillonné : Centre Niveau 0; T9;

Spécification n° 1

Référence :
Usage :
Calibre : Classe B
Classe :

Prélevé le : 2018-11-26
Par : Olivier Allard
Reçu le : 2018-11-26

Analyse granulométrique (NQ 2501-025)



Masse vol. sèche maximale :
kg/m³

Humidité optimale :
%

Retenu 5 mm :
%

Proportions selon analyse granulométrique (%)

Cailloux : 0,0 Sable : 99,2
Gravier : 0,0 Silt et argile : 0,8

Autres essais

Exigé

Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010
Sable et gravier @ 200mm

UN ASTERISQUE ACCOMPAGNE TOUT RESULTAT NON CONFORME

Préparé par : Gaston Vallières, chef laboratoire
Date : 2018-12-14

Approuvé par : Laurent Gosselin
Date : 2019-01-15

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo
Endroit : Pointes-aux-Outardes

Dossier : P-0017842-0-01-500
Réf. client : 2018-11-270

Rapport n° : 9 **Rév. 1**
Page 1 de 1

Échantillonnage

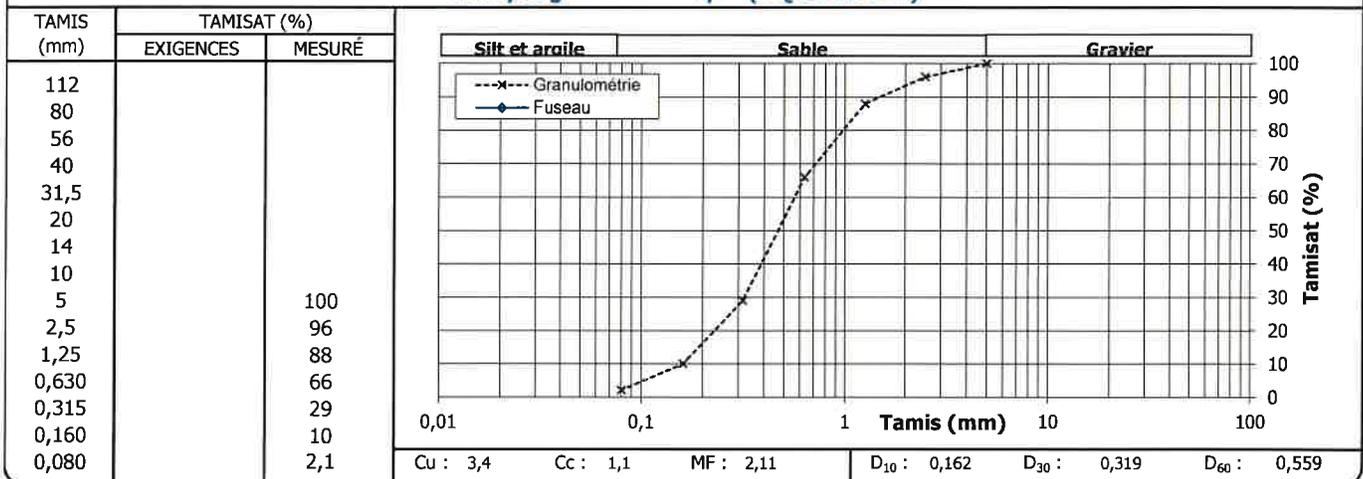
N° d'échantillon : 9
N° d'échantillon client :
Type de matériau : Sable naturel
Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes
Endroit échantillonné : Bas plage; T9;

Spécification n° 1

Référence :
Usage :
Calibre : Classe B
Classe :

Prélevé le : 2018-11-26
Par : Olivier Allard
Reçu le : 2018-11-26

Analyse granulométrique (NQ 2501-025)



Masse vol. sèche maximale
kg/m³

Humidité optimale
%

Retenu 5 mm
%

Proportions selon analyse granulométrique (%)

Cailloux : 0,0 Sable : 97,9
Gravier : 0,0 Silt et argile : 2,1

Autres essais

Exigé

Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010
Argile @ 50mm

UN ASTERISQUE ACCOMPAGNE TOUT RESULTAT NON CONFORME

Préparé par :

Date :

Gaston Vallières, chef laboratoire

2018-12-14

Approuvé par :

Date :

pour
Laurent Gosselin

2019-01-15

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo
Endroit : Pointes-aux-Outardes

Dossier : P-0017842-0-01-500
Réf. client : 2018-11-270
Rapport n° : 17 **Rév. 1**
Page 1 de 1

Échantillonnage

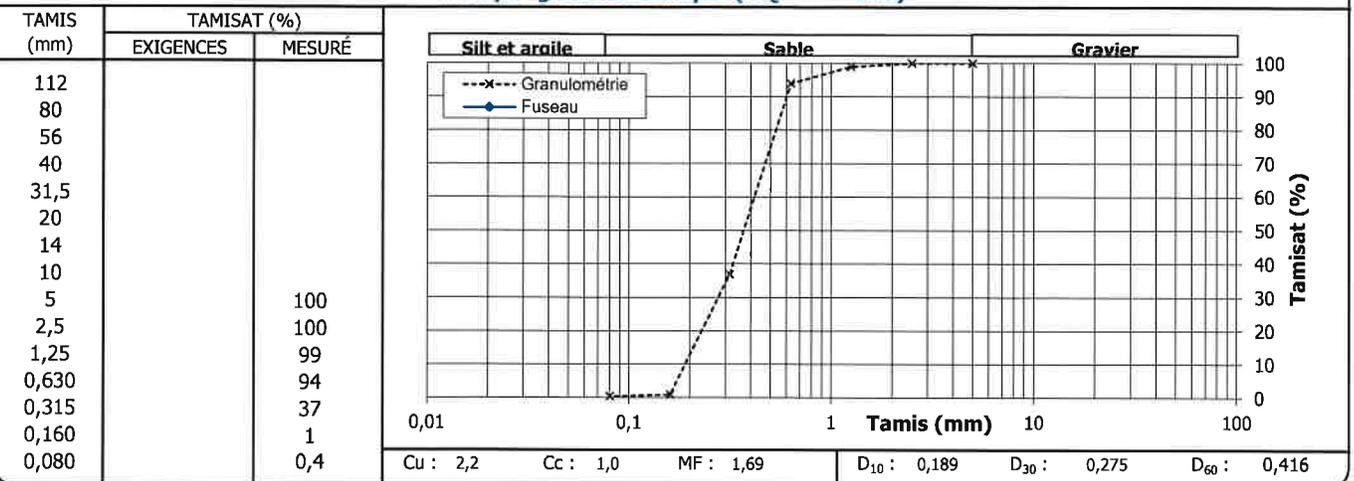
N° d'échantillon : 17
N° d'échantillon client :
Type de matériau : Sable naturel
Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes
Endroit échantillonné : Haut plage; T10;

Spécification n° 1

Référence :
Usage :
Calibre : Classe B
Classe :

Prélevé le : 2018-11-26
Par : Olivier Allard
Reçu le : 2018-11-26

Analyse granulométrique (NQ 2501-025)



Masse vol. sèche maximale kg/m ³	Humidité optimale %	Retenu 5 mm %
--	------------------------	------------------

Proportions selon analyse granulométrique (%)

Cailloux : 0,0 Sable : 99,6
Gravier : 0,0 Silt et argile : 0,4

Autres essais

Exigé

Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010
Bande de sable noir 0 @ 100mm

UN ASTÉRISQUE ACCOMPAGNE TOUT RÉSULTAT NON CONFORME

Préparé par : Gaston Vallières, chef laboratoire
Date : 2018-12-14

Approuvé par : Laurent Gosselin
Date : 2019-01-15

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo
Endroit : Pointes-aux-Outardes

Dossier : P-0017842-0-01-500
Réf. client : 2018-11-270
Rapport n° : 16 **Rév. 1**
Page 1 de 1

Échantillonnage

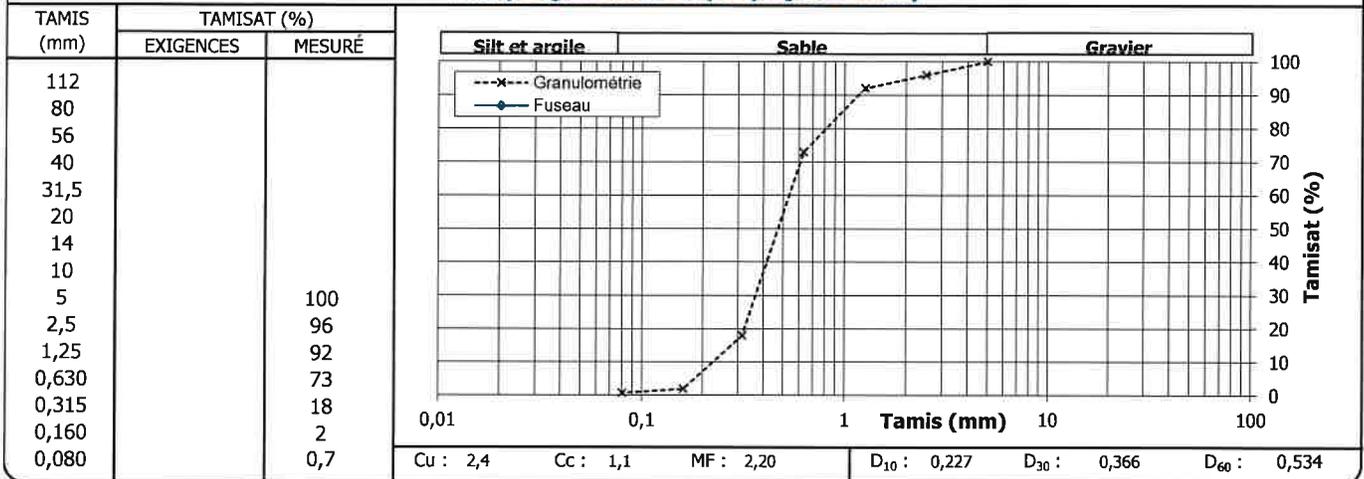
N° d'échantillon : 16
N° d'échantillon client :
Type de matériau : Sable naturel
Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes
Endroit échantillonné : Centre Niveau 0; T10;

Spécification n° 1

Référence :
Usage :
Calibre : Classe B
Classe :

Prélevé le : 2018-11-26
Par : Olivier Allard
Reçu le : 2018-11-26

Analyse granulométrique (NQ 2501-025)



Masse vol. sèche maximale
kg/m³

Humidité optimale
%

Retenu 5 mm
%

Proportions selon analyse granulométrique (%)

Cailloux : 0,0 Sable : 99,3
Gravier : 0,0 Silt et argile : 0,7

Autres essais

Exigé

Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010

UN ASTERISQUE ACCOMPAGNE TOUT RESULTAT NON CONFORME

Préparé par :

Date :

Gaston Vallières, chef laboratoire

2018-12-14

Approuvé par :
pour

Laurent Gosselin

Date :

2019-01-15

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo
Endroit : Pointes-aux-Outardes

Dossier : P-0017842-0-01-500
Réf. client : 2018-11-270

Rapport n° : 15 **Rév. 1**
Page 1 de 1

Échantillonnage

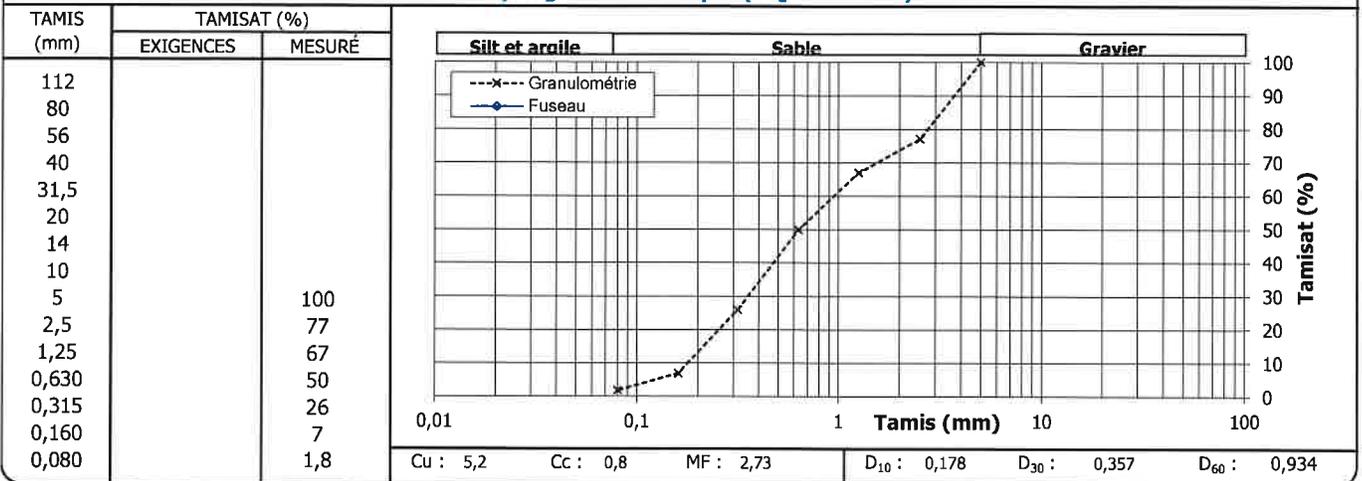
N° d'échantillon : 15
N° d'échantillon client :
Type de matériau : Sable naturel
Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes
Endroit échantillonné : Bas plage; T10;

Spécification n° 1

Référence :
Usage :
Calibre : Classe B
Classe :

Prélevé le : 2018-11-26
Par : Olivier Allard
Reçu le : 2018-11-26

Analyse granulométrique (NQ 2501-025)



Masse vol. sèche maximale kg/m ³	Humidité optimale %	Retenu 5 mm %
--	------------------------	------------------

Proportions selon analyse granulométrique (%)

Cailloux : 0,0 Sable : 98,2
Gravier : 0,0 Silt et argile : 1,8

Autres essais

Exigé

Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010

UN ASTERISQUE ACCOMPAGNE TOUT RÉSULTAT NON CONFORME

Préparé par : Gaston Vallières, chef laboratoire
Date : 2018-12-14

Approuvé par pour
Laurent Gosselin

Date : 2019-01-15

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo
Endroit : Pointes-aux-Outardes

Dossier : P-0017842-0-01-500
Réf. client : 2018-11-270
Rapport n° : 13 **Rév. 1**
Page 1 de 1

Échantillonnage

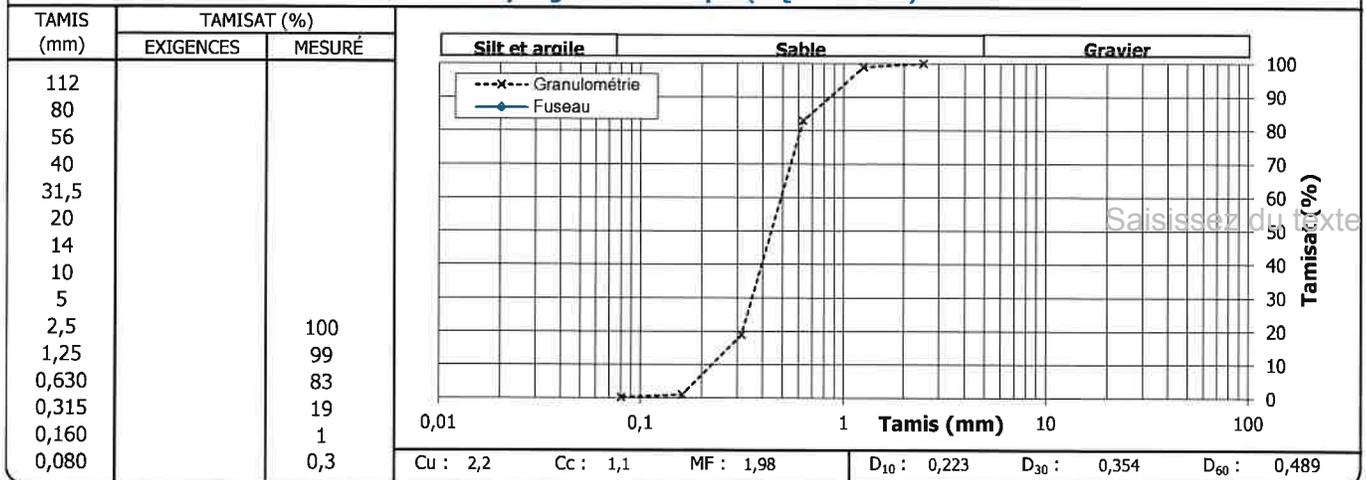
N° d'échantillon : 13
N° d'échantillon client :
Type de matériau : Sable naturel
Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes
Endroit échantillonné : Haut plage; T11;

Spécification n° 1

Référence :
Usage :
Calibre : Classe B
Classe :

Prélevé le : 2018-11-26
Par : Olivier Allard
Reçu le : 2018-11-26

Analyse granulométrique (NQ 2501-025)



Masse vol. sèche maximale kg/m ³	Humidité optimale %	Retenu 5 mm %
--	------------------------	------------------

Proportions selon analyse granulométrique (%)

Cailloux : 0,0 Sable : 99,7
Gravier : 0,0 Silt et argile : 0,3

Autres essais

Exigé

Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010

UN ASTERISQUE ACCOMPAGNE TOUT RESULTAT NON CONFORME

Préparé par : Gaston Vallières, chef laboratoire
Date : 2018-12-14

Approuvé par : 
pour **Laurent Gosselin**
Date : 2019-01-15

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo
Endroit : Pointes-aux-Outardes

Dossier : P-0017842-0-01-500
Réf. client : 2018-11-270

Rapport n° : 14 **Rév. 1**
Page 1 de 1

Échantillonnage

N° d'échantillon : 14
N° d'échantillon client :
Type de matériau : Sable naturel
Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes

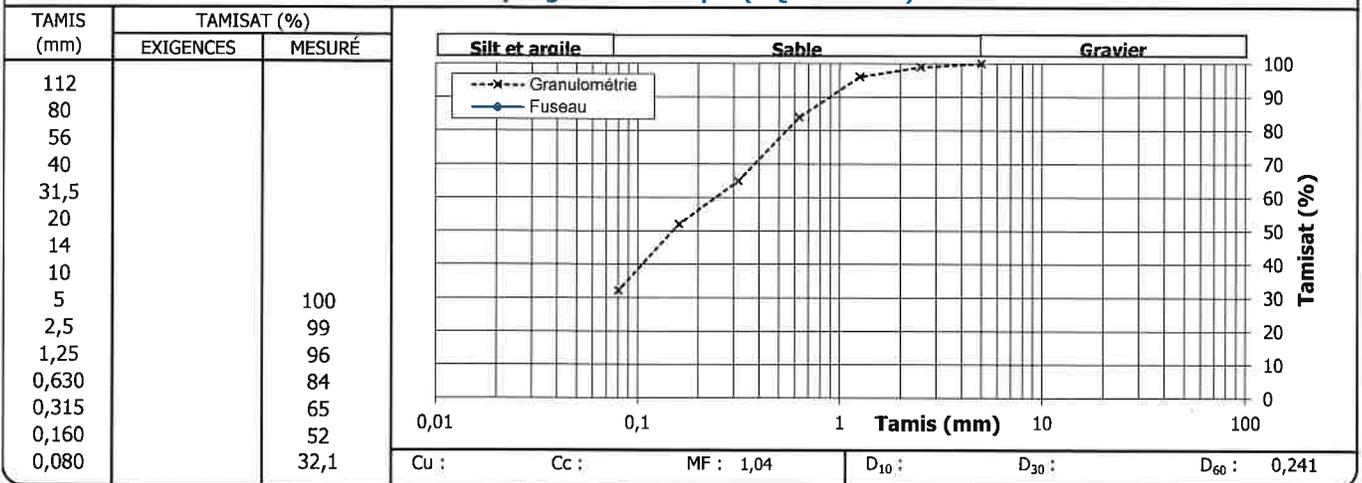
Endroit échantillonné : Centre Niveau 0; T11;

Spécification n° 1

Référence :
Usage :
Calibre : Classe B
Classe :

Prélevé le : 2018-11-26
Par : Olivier Allard
Reçu le : 2018-11-26

Analyse granulométrique (NQ 2501-025)



Masse vol. sèche maximale kg/m ³	Humidité optimale %	Retenu 5 mm %
--	------------------------	------------------

Proportions selon analyse granulométrique (%)

Cailloux : 0,0 Sable : 67,9
Gravier : 0,0 Silt et argile : 32,1

Autres essais

Exigé

Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010

UN ASTERISQUE ACCOMPAGNE TOUT RESULTAT NON CONFORME

Préparé par : Gaston Vallières, chef laboratoire
Date : 2018-12-14

Approuvé par : Laurent Gosselin
Date : 2019-01-15

Client : Municipalité de Pointe-aux-Outardes
Projet : Service de laboratoire; Échantillonnage et granulo
Endroit : Pointes-aux-Outardes

Dossier : P-0017842-0-01-500
Réf. client : 2018-11-270

Rapport n° : 12 **Rév. 1**
Page 1 de 1

Échantillonnage

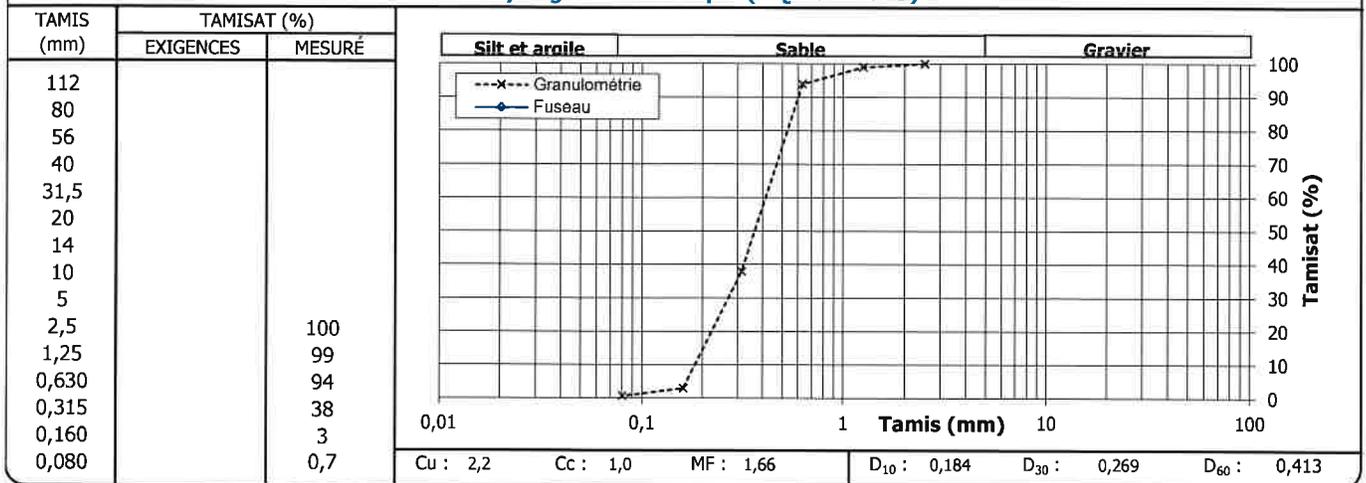
N° d'échantillon : 12
N° d'échantillon client :
Type de matériau : Sable naturel
Source première; ville : Plage Pointe aux Outardes
Endroit échantillonné : Bas plage; T11;

Spécification n° 1

Référence :
Usage :
Calibre : Classe B
Classe :

Prélevé le : 2018-11-26
Par : Olivier Allard
Reçu le : 2018-11-26

Analyse granulométrique (NQ 2501-025)



Masse vol. sèche maximale kg/m ³	Humidité optimale %	Retenu 5 mm %
--	------------------------	------------------

Proportions selon analyse granulométrique (%)

Cailloux : 0,0 Sable : 99,3
Gravier : 0,0 Silt et argile : 0,7

Autres essais

Exigé

Mesuré

Remarques

Méthode d'échantillonnage: LC 21-010

UN ASTERISQUE ACCOMPAGNE TOUT RESULTAT NON CONFORME

Préparé par : Gaston Vallières, chef laboratoire
Date : 2018-12-14

Approuvé par : Laurent Gosselin
Date : 2019-01-15

Échantillon	Coordonnées Y (m)	Coordonnées X (m)	Altitude (m)
T0 - Haut de plage	5435546,146	240444,767	1,893
T0 - Zéro géodésique	5435524,832	240469,346	-0,025
T0 - Bas de plage	5435506,846	240489,376	-0,903

 Échantillon prélevé

----- Transect prévu

 T0 - Haut de plage

 T0 - Zéro géodésique

 T0 - Bas de plage



Village de Pointe-aux-Outardes
Échantillonnage granulométrique de l'estran

Carte 1 - Transect T0
Carte de localisation des échantillons récoltés

Janvier 2019



Chargé de projet : L. Gosselin Date : 2019-01-08

Préparé : L. Gosselin Dessiné : L. Gosselin Vérifié : Y. Cossette

Serv. Maître	Projet	Otp	Disc.	Type	N° dessin	Rév.
0127	P-0017842	0 01 200	EN	D	0101	0A

Échantillon	Coordonnées Y (m)	Coordonnées X (m)	Altitude (m)
T01 - Haut de plage	5434699,549	239333,931	1,887
T01 - Zéro géodésique	5434680,785	239346,466	-0,005
T01 - Bas de plage	5434645,117	239368,752	-1,083

 Échantillon prélevé

----- Transect prévu

 T01 - Haut de plage

 T01 - Zéro géodésique

 T01 - Bas de plage



Village de Pointe-aux-Outardes
Échantillonnage granulométrique de l'estran

Carte 2 - Transect T1
Carte de localisation des échantillons récoltés

Janvier 2019



Chargé de projet : L. Gosselin						Date : 2019-01-08	
Préparé : L. Gosselin			Dessiné : L. Gosselin			Vérifié : Y. Cossette	
Serv. Maître	Projet	Otp	Disc.	Type	N° dessin	Rév.	
0127	P-0017842	0 01 200	EN	D	0101	0A	

Échantillon	Coordonnées Y (m)	Coordonnées X (m)	Altitude (m)
T02 - Haut de plage	5434538,225	239026,494	1,573
T02 - Zéro géodésique	5434524,265	239034,457	0,001
T02 - Bas de plage	5434471,114	239063,379	-1,076

 Échantillon prélevé

----- Transect prévu

 T02 - Bas de plage

 T02 - Zéro géodésique

 T02 - Bas de plage



Village de Pointe-aux-Outardes
Échantillonnage granulométrique de l'estran

Carte 3 - Transect T2
Carte de localisation des échantillons récoltés

Janvier 2019



Chargé de projet : L. Gosselin						Date : 2019-01-08	
Préparé : L. Gosselin			Dessiné : L. Gosselin			Vérifié : Y. Cossette	
Serv. Maître	Projet	Otp	Disc.	Type	N° dessin	Rév.	
0127	P-0017842	0 01 200	EN	D	0101	0A	

Échantillon	Coordonnées Y (m)	Coordonnées X (m)	Altitude (m)
T03 - Haut de plage	5434445,464	238734,291	1,472
T03 - Zéro géodésique	5434427,654	238739,377	0,003
T03 - Bas de plage	5434380,410	238771,276	-1,075

 Échantillon prélevé

----- Transect prévu

 T03 - Haut de plage

 T03 - Zéro géodésique

 T03 - Bas de plage



Village de Pointe-aux-Outardes
Échantillonnage granulométrique de l'estran

Carte 4 - Transect T3
Carte de localisation des échantillons récoltés

Janvier 2019



Chargé de projet : L. Gosselin Date : 2019-01-08

Préparé : L. Gosselin Dessiné : L. Gosselin Vérifié : Y. Cossette

Serv. Maître	Projet	Otp	Disc.	Type	N° dessin	Rév.
0127	P-0017842	0 01 200	EN	D	0101	0A

Échantillon	Coordonnées Y (m)	Coordonnées X (m)	Altitude (m)
T04 - Haut de plage	5434301,679	238295,917	1,622
T04 - Zéro géodésique	5434285,447	238298,919	-0,058
T04 - Bas de plage	5434176,669	238325,592	-1,086

 Échantillon prélevé

----- Transect prévu

 T04 - Haut de plage

 T04 - Zéro géodésique

 T04 - Bas de plage



Village de Pointe-aux-Outardes
Échantillonnage granulométrique de l'estran

Carte 5 - Transect T4
Carte de localisation des échantillons récoltés

Janvier 2019



Chargé de projet : L. Gosselin Date : 2019-01-08

Préparé : L. Gosselin Dessiné : L. Gosselin Vérifié : Y. Cossette

Serv. Maître	Projet	Otp	Disc.	Type	N° dessin	Rév.
0127	P-0017842	0 01 200	EN	D	0101	0A

Échantillon	Coordonnées Y (m)	Coordonnées X (m)	Altitude (m)
T05 - Haut de plage	5434201,781	237753,512	1,627
T05 - Zéro géodésique	5434188,016	237755,301	0,011
T05 - Bas de plage	5434081,201	237776,576	-1,052

 Échantillon prélevé

----- Transect prévu

 T05 - Haut de plage

 T05 - Zéro géodésique

 T05 - Bas de plage



Village de Pointe-aux-Outardes
Échantillonnage granulométrique de l'estran

Carte 6 - Transect T5
Carte de localisation des échantillons récoltés

Janvier 2019



Chargé de projet : L. Gosselin Date : 2019-01-08

Préparé : L. Gosselin Dessiné : L. Gosselin Vérifié : Y. Cossette

Serv. Maître	Projet	Otp	Disc.	Type	N° dessin	Rév.
0127	P-0017842	0 01 200	EN	D	0101	0A

Échantillon	Coordonnées Y (m)	Coordonnées X (m)	Altitude (m)
T06 - Haut de plage	5434139,484	237347,087	1,576
T06 - Zéro géodésique	5434115,526	237333,979	0
T06 - Bas de plage	5433993,738	237284,200	-0,931

 Échantillon prélevé

----- Transect prévu

 T06 - Haut de plage

 T06 - Zéro géodésique

 T06 - Bas de plage



Village de Pointe-aux-Outardes
Échantillonnage granulométrique de l'estran

Carte 7 - Transect T6
Carte de localisation des échantillons récoltés

Janvier 2019



Chargé de projet : L. Gosselin						Date : 2019-01-08
Préparé : L. Gosselin		Dessiné : L. Gosselin		Vérifié : Y. Cossette		
Serv. Maître	Projet	Otp	Disc.	Type	N° dessin	Rév.
0127	P-0017842	0 01	200	EN	D	0101 0A

Échantillon	Coordonnées Y (m)	Coordonnées X (m)	Altitude (m)
T07 - Haut de plage	5434156,230	236744,130	0,923
T07 - Zéro géodésique	5434148,793	236733,245	-0,054
T07 - Bas de plage	5434113,907	236733,408	-0,994

 Échantillon prélevé

----- Transect prévu

 T07 - Haut de plage
 T07 - Zéro géodésique
 T07 - Bas de plage



Village de Pointe-aux-Outardes
Échantillonnage granulométrique de l'estran

Carte 8 - Transect T7
Carte de localisation des échantillons récoltés

Janvier 2019



Chargé de projet : L. Gosselin						Date : 2019-01-08
Préparé : L. Gosselin		Dessiné : L. Gosselin		Vérifié : Y. Cossette		
Serv. Maître	Projet	Otp	Disc.	Type	N° dessin	Rév.
0127	P-0017842	0 01	200	EN	D	0101 0A

Échantillon	Coordonnées Y (m)	Coordonnées X (m)	Altitude (m)
T08 - Haut de plage	5434142,772	235436,205	0,316
T08 - Zéro géodésique	5434139,840	235436,274	-0,074
T08 - Bas de plage	5434094,837	235452,049	-1,269

 Échantillon prélevé

----- Transect prévu

 T08 - Haut de plage
 T08 - Zéro géodésique

 T08 - Bas de plage



Village de Pointe-aux-Outardes
Échantillonnage granulométrique de l'estran

Carte 9 - Transect T8
Carte de localisation des échantillons récoltés

Janvier 2019



Chargé de projet : L. Gosselin						Date : 2019-01-08
Préparé : L. Gosselin		Dessiné : L. Gosselin		Vérifié : Y. Cossette		
Serv. Maître	Projet	Otp	Disc.	Type	N° dessin	Rév.
0127	P-0017842	0 01 200	EN	D	0101	0A

Échantillon	Coordonnées Y (m)	Coordonnées X (m)	Altitude (m)
T09 - Haut de plage	5434192,633	235202,045	2,309
T09 - Zéro géodésique	5434173,834	235200,002	-0,056
T09 - Bas de plage	5434102,272	235187,717	-1,229

 Échantillon prélevé

----- Transect prévu

 T09 - Haut de plage

 T09 - Zéro géodésique

 T09 - Bas de plage



Village de Pointe-aux-Outardes
Échantillonnage granulométrique de l'estran

Carte 10 - Transect T9
Carte de localisation des échantillons récoltés

Janvier 2019



Chargé de projet : L. Gosselin Date : 2019-01-08

Préparé : L. Gosselin Dessiné : L. Gosselin Vérifié : Y. Cossette

Serv. Maître	Projet	Otp	Disc.	Type	N° dessin	Rév.
0127	P-0017842	0 01 200	EN	D	0101	0A

Échantillon	Coordonnées Y (m)	Coordonnées X (m)	Altitude (m)
T10 - Haut de plage	5434807,613	234058,451	-0,802
T10 - Zéro géodésique	5434792,743	234037,872	0,023
T10 - Bas de plage	5434788,010	234028,134	-5,628

 Échantillon prélevé

----- Transect prévu

 T10 - Haut de plage

 T10 - Zéro géodésique

 T10 - Bas de plage



Village de Pointe-aux-Outardes
Échantillonnage granulométrique de l'estran

Carte 11 - Transect T10
Carte de localisation des échantillons récoltés

Janvier 2019



Chargé de projet : L. Gosselin Date : 2019-01-08

Préparé : L. Gosselin Dessiné : L. Gosselin Vérifié : Y. Cossette

Serv. Maître	Projet	Otp	Disc.	Type	N° dessin	Rév.
0127	P-0017842	0 01 200	EN	D	0101	0A

Échantillon	Coordonnées Y (m)	Coordonnées X (m)	Altitude (m)
T11 - Haut de plage	5435118,547	234232,785	2,147
T11 - Zéro géodésique	5435147,852	234203,186	-0,015
T11 - Bas de plage	5435398,589	233892,245	-0,575

 Échantillon prélevé

 Transect prévu

 T11 - Bas de plage

 T11 - Zéro géodésique

 T11 - Haut de plage



Village de Pointe-aux-Outardes
Échantillonnage granulométrique de l'estran

Carte 12 - Transect T11
Carte de localisation des échantillons récoltés

Janvier 2019



Chargé de projet : L. Gosselin Date : 2019-01-08

Préparé : L. Gosselin Dessiné : L. Gosselin Vérifié : Y. Cossette

Serv. Maître	Projet	Otp	Disc.	Type	N° dessin	Rév.
0127	P-0017842	0 01 200	EN	D	0101	0A



FQM

INGÉNIERIE ET
INFRASTRUCTURES



ANNEXE 13

**AVIS PUBLIC - SÉANCE D'INFORMATION PUBLIQUE
PRÉSENTATION DU PROJET DES TRAVAUX DE
PROTECTION DES BERGES CONTRE L'ÉROSION
CÔTIÈRE DANS LE SECTEUR DE LA RUE LABRIE**



Canada
Province de Québec
Municipalité de Pointe-aux-Outardes

AVIS PUBLIC

AUX CONTRIBUABLES DE LA MUSDITE MUNICIPALITÉ

SÉANCE D'INFORMATION PUBLIQUE

**PRÉSENTATION DU PROJET DE TRAVAUX DE PROTECTION DES
BERGES CONTRE L'ÉROSION CÔTIÈRE DANS LE SECTEUR DE LA
RUE LABRIE**

AVIS PUBLIC est, par la présente donné, qu'une séance d'information s'adressant aux contribuables de Pointe-aux-Outardes se déroulera le 19 février 2020, à 19 h 00 au Centre des loisirs de Pointe-aux-Outardes situé au 493, chemin Principal, concernant le projet de protection des berges.

Lors de cette séance d'information, la municipalité, soutenue par sa chargée de projet et des représentants du ministère de la Sécurité Publique, accompagné de Monsieur Yann Ropars, consultant, présenteront le projet de protection des berges contre l'érosion côtière dans le secteur de la rue Labrie.

Donné à Pointe-aux-Outardes, ce 12^e jour du mois de février 2020.

Dania Hovington
Directrice générale/secrétaire-trésorière