



## ÉTUDE CONCEPTUELLE en vue de la préparation des plans et devis

- Protection des plages contre l'érosion des ruisseaux de plage –
- Projet expérimental pour atténuer les impacts érosifs des ruisseaux de plage -
- Route 138 et habitat de fraie du capelan, Plage de Pointe-aux-Anglais, Port-Cartier, Québec –



Rapport remis au Comité ZIP Côte-Nord-du-Golfe

15 avril 2021

# Contribution au projet

## Comité ZIP de la Côte-Nord du golfe

Cynthia Thibault biologiste, chargé de projet, responsable du volet biologique

Sarah Émilie Hébert-Marcoux Directrice générale

## Équipe Terraformex

Nicolas Roy Géologue-Géomorphologue, M.Sc.A., Terrain, analyse de l'érosion des berges, rédaction et dessin technique

Thomas Thibault ing, M. Sc., Hydraulicien, Associé chez Aqua Ingenium Terrain, analyse des solutions, rédaction

Hugo Carrier CPI, dessin technique, prise d'images drone, arpentage, employé chez Aqua Ingenium

## Comité de révision technique

Mme Josée Gagnon, ministère des Transports du Québec

M Alain Thibault, maire, Municipalité de Port-Cartier

Mme Andrée Bouffard, directrice générale, Municipalité de Port-Cartier

Signatures :



Nicolas Roy, géo., M.Sc.A  
Directeur de projet  
Terraformex



Thomas Thibault, ing., M.Sc.  
Collaborateur principal  
Aqua Ingenium



Cynthia Thibault, biol., M.Sc.  
Chargé de projet au comité ZIP

**Limitation de responsabilité :** Ce rapport d'étude est dédié strictement au client afin de lui permettre de prendre des décisions éclairées quant aux options qui lui sont présentées. La responsabilité de l'auteur s'arrête à déterminer les meilleurs endroits pour entreprendre des mesures servant à atténuer l'érosion des ruisseaux de plage et de la mer. En aucun temps, l'auteur ne s'engage à prévoir tous les enjeux et dommages subséquents aux propriétés riveraines liés aux problématiques d'érosion. Le rôle de M. Roy, géo., était de caractériser le terrain, planifier les concepts et de rédiger le rapport. Le rôle de M. Thomas Thibault, ing. hydraulicien était de caractériser le terrain, d'établir les paramètres hydrauliques des concepts, d'évaluer l'efficacité des différentes solutions proposées et de collaborer à la rédaction. Le rôle de Mme Cynthia Thibault était de caractériser le terrain et de faire l'évaluation écologique du site et l'évaluation environnementale. Le rôle de M. Nicolas Guertin, concepteur, était de valider les concepts de génie végétal des ouvrages proposés.

Pour citation : Terraformex. 2020. Protection des plages contre l'érosion des ruisseaux de plage - Projet expérimental pour atténuer les impacts érosifs des ruisseaux de plage - Route 138 et habitat de fraye du capelan, Plage de Pointe-aux-Anglais, Port-Cartier, Québec. 42 pages. Rapport remis au Comité ZIP Côte-Nord du Golfe.

Crédits photo terrain : © Terraformex  
Crédits photo Drone : © Aquaingenium

## TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES .....	III
LISTE DES CARTES.....	IV
LISTE DES TABLEAUX .....	IV
LISTE DES FIGURES .....	V
LISTE DES PHOTOS .....	V
<b>1 INTRODUCTION, CONTEXTE ET OBJECTIFS .....</b>	<b>1</b>
<b>2 ZONE D'ÉTUDE .....</b>	<b>1</b>
<b>3 ANALYSE HYDRAULIQUE MARITIME .....</b>	<b>4</b>
<b>3.1 Analyse du niveau des marées.....</b>	<b>4</b>
<b>3.2 Évaluation de la hauteur de vague.....</b>	<b>6</b>
<b>3.1 Évaluation d'une surcote pour le rehaussement du niveau des océans.....</b>	<b>7</b>
<b>3.2 Élévation du niveau maximal de submersion .....</b>	<b>8</b>
<b>4 COMPOSANTE BIOLOGIQUE DU SITE D'ÉTUDE .....</b>	<b>10</b>
<b>4.1 Faune aquatique .....</b>	<b>10</b>
<b>4.2 Faune aviaire.....</b>	<b>11</b>
<b>4.3 Mammifères marins .....</b>	<b>14</b>
<b>4.4 Flore .....</b>	<b>14</b>
<b>4.5 Espèces à statut.....</b>	<b>15</b>
<b>5 GÉOMORPHOLOGIE CÔTIÈRE .....</b>	<b>15</b>
<b>5.1 La plage de Pointe-aux-Anglais.....</b>	<b>15</b>
<b>5.2 Les ruisseaux de plage.....</b>	<b>16</b>
<b>5.3 Impact des ruisseaux de plage sur l'érosion côtière.....</b>	<b>19</b>
<b>6 CARACTÉRISATION DES RUISSEAUX DE PLAGE .....</b>	<b>20</b>
<b>6.1 Ruisseau R1 .....</b>	<b>20</b>
<b>6.2 Ruisseau R2.....</b>	<b>21</b>
<b>6.3 Ruisseau R3-4.....</b>	<b>22</b>
<b>6.4 Autre ruisseau à proximité de la zone d'étude .....</b>	<b>23</b>

<b>7</b>	<b>RÉVISION DES TECHNIQUES EXISTANTES DE STABILISATION .....</b>	<b>23</b>
<b>8</b>	<b>PRÉCONCEPTION.....</b>	<b>26</b>
	<b>8.1 Mise en perspective .....</b>	<b>26</b>
	<b>8.2 Responsabilité et objectifs spécifiques.....</b>	<b>26</b>
	<b>8.3 Techniques ciblées .....</b>	<b>27</b>
	8.3.1 Muret enfoui de pieux de bois.....	28
	8.3.2 Enrochement linéaire enfoui .....	29
	8.3.3 Caisson de bois.....	29
	8.3.4 Encailloutement et enlèvement de départ .....	30
	8.3.5 Capteurs de sable éolien .....	31
	8.3.6 Épis perméables en bois combiné à la plantation d'élymes .....	31
	8.3.7 Épis en enrochement .....	32
	8.3.8 Enrochement linéaire (hors projet expérimental) .....	33
	<b>8.4 Positionnement et synthèse des aménagements proposés .....</b>	<b>33</b>
<b>9</b>	<b>RÉFÉRENCES .....</b>	<b>41</b>

## LISTE DES CARTES

Carte 1. Localisation de la zone d'étude du projet expérimental pour le contrôle d'érosion des ruisseaux de plage. ....	3
Carte 2. Localisation des profils étudiés dans le cadre de l'analyse hydraulique maritime. ....	5
Carte 3. Enveloppe de déplacement probable des 3 ruisseaux de plages documentés (plus un autre à 1,3 km à l'est). ....	18
Carte 4. Localisation des aménagements à R-1.....	35
Carte 5. Localisation des aménagements à R-2.....	36
Carte 6. Localisation des aménagements à R-3-4. ....	37
Carte 7. Conditions existantes à un ruisseau situé à 1,3 km à l'est de R3-4. ....	38

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Table des marées à Pointe-aux-Anglais. ....	4
--	---

---

Tableau 2. Liste des espèces d’oiseaux dans le secteur de la plage de Pointe-aux-Anglais et de l’embouchure de la rivière Pentecôte. ....	13
Tableau 3. Étude comparative des ruisseaux de plage .....	17
Tableau 4. Techniques de stabilisation généralement reconnues en matière de stabilisation des berges. ....	24
Tableau 5. Techniques sélectionnées dans le cadre du projet. ....	27
Tableau 6. Analyse interactive avec les partenaires - Sélection de solutions de stabilisation par ruisseau de plage. ....	39

## **LISTE DES FIGURES**

Figure 1. Fetch à la plage de Pointe-aux-Anglais établi dans le cadre de l’analyse hydraulique maritime. ....	6
Figure 2. Profils 1 à 3 de la berge de la Pointe-aux-Anglais en lien avec l’analyse hydraulique maritime. ....	9
Figure 3. Relation entre la largeur de la plage et la distance de la rivière Pentecôte. ....	16
Figure 4. Épis de bois de redirection. ....	29
Figure 5. Ancailloutement du substrat du ruisseau et muret de confinement en bois. ....	31

## **LISTE DES PHOTOS**

Photo 1. Ruisseau R3-4 vers le centre de la plage. Notez au moins 3 entailles. ....	20
Photo 2. Ruisseau R1 vers le centre de la plage. Encore 3 entailles visibles. ....	20
Photo 3. Ruisseau R2 vers l’amont. Notez le ruisseau qui se perd dans le sable (28 août 2020). ....	20
Photo 4. Substrat graveleux d’un des ruisseaux de plage. ....	20
Photo 5. Ruisseau de plage avec empierrement d’urgence (1,3 km à l’est de R3). ....	20

---

Photo 6. Delta du ruisseau situé à 1,3 km à l'est de R3. ....	20
Photo 7. Embouchure du ruisseau continental R1 (3 sept. 2020). ....	21
Photo 8. Ruisseau de plage R1 (3 sept. 2020). ....	21
Photo 9. Embouchure du ruisseau continental R2 (3 sept. 2020). ....	22
Photo 10. Ruisseau de plage R2 (3 sept. 2020). ....	22
Photo 11. Embouchure du ruisseau continental R3 (3 sept. 2020). ....	23
Photo 12. Ruisseau de plage R3-4 (3 sept. 2020). ....	23
Photo 13. Berge à l'ouest de l'embouchure du ruisseau continental R3 (3 sept. 2020). ....	23
Photo 14. Berge à l'est de l'embouchure du ruisseau continental R3 et longeant le ruisseau continental R4 (3 sept. 2020). ....	23
Photo 15. Ruisseau de plage situé à l'ouest du ruisseau R3-4 (28 août 2020). ....	23
Photo 16. Érosion au pied de l'enrochement d'urgence probablement en lien avec le ruisseau de plage (28 août 2020). ....	23
Photo 17 et Photo 18. Exemple, avant et après la naturalisation, de caisson de bois le long d'un ruisseau. Réalisation d'Aubier environnement (avec autorisation). ....	30
Photo 19. Épis SEMS réalisé pour contrer l'effet de bout d'enrochement à Pointe-aux-Outardes, 2000 (Comité ZIP de la rive nord de l'estuaire). ....	32
Photo 20. Exemple d'épi en enrochement semi-perméable (Source UQAR, 2016). ....	33

## 1 Introduction, contexte et objectifs

En août 2020, le Comité ZIP de la Côte-Nord du Golfe mandatait la firme Terraformex pour réaliser cette étude préliminaire. Elle présente des solutions pour des aménagements environnementaux visant à réduire les effets néfastes de l'érosion côtière, aggravée par l'action des ruisseaux de plages, sur l'emprise de la route 138 d'un secteur de Rivière-Pentecôte (Port-Cartier).

En plus de l'érosion, une préoccupation principale était la conservation et la régénération des frayères à capelan formée par les plages côtières sablonneuses de ce secteur. Le projet, à caractère expérimental, vise l'élaboration de solutions novatrices en matière de stabilisation et qui tiennent compte des deux enjeux, soit l'érosion par les ruisseaux de plage et l'habitat du capelan. L'objectif étant d'agir en protection préventive, plutôt que d'attendre l'état critique où le MTQ serait contraint d'aménager des enrochements d'urgence. Leur installation serait problématique pour la frayère à capelan, connaissant les impacts qu'on ce type structure sur l'effacement des plages. Présentées en phase de préconception dans cette étude, les solutions proposées vont être ensuite reprises dans la phase de préparation des plans et devis en vue d'une construction des aménagements à l'été ou l'automne 2021.

Différentes techniques sont abordées dans cet avis technique comme les systèmes d'épis, les enrochements et murets de bois enfouis, le génie végétal, la récupération du sable éolien, etc.

Ce rapport présente donc dans un premier temps une caractérisation biophysique de la plage et des ruisseaux de plage et une étude hydraulique. Les techniques connues de stabilisation sont ensuite présentées sommairement ainsi que les principaux détails techniques identifiés et d'intérêt pour la stabilisation. Enfin, une description détaillée des méthodes présélectionnées et une évaluation coût-bénéfice permettent au final de discriminer ce qui est d'intérêt pour le projet et la préparation des plans et devis.

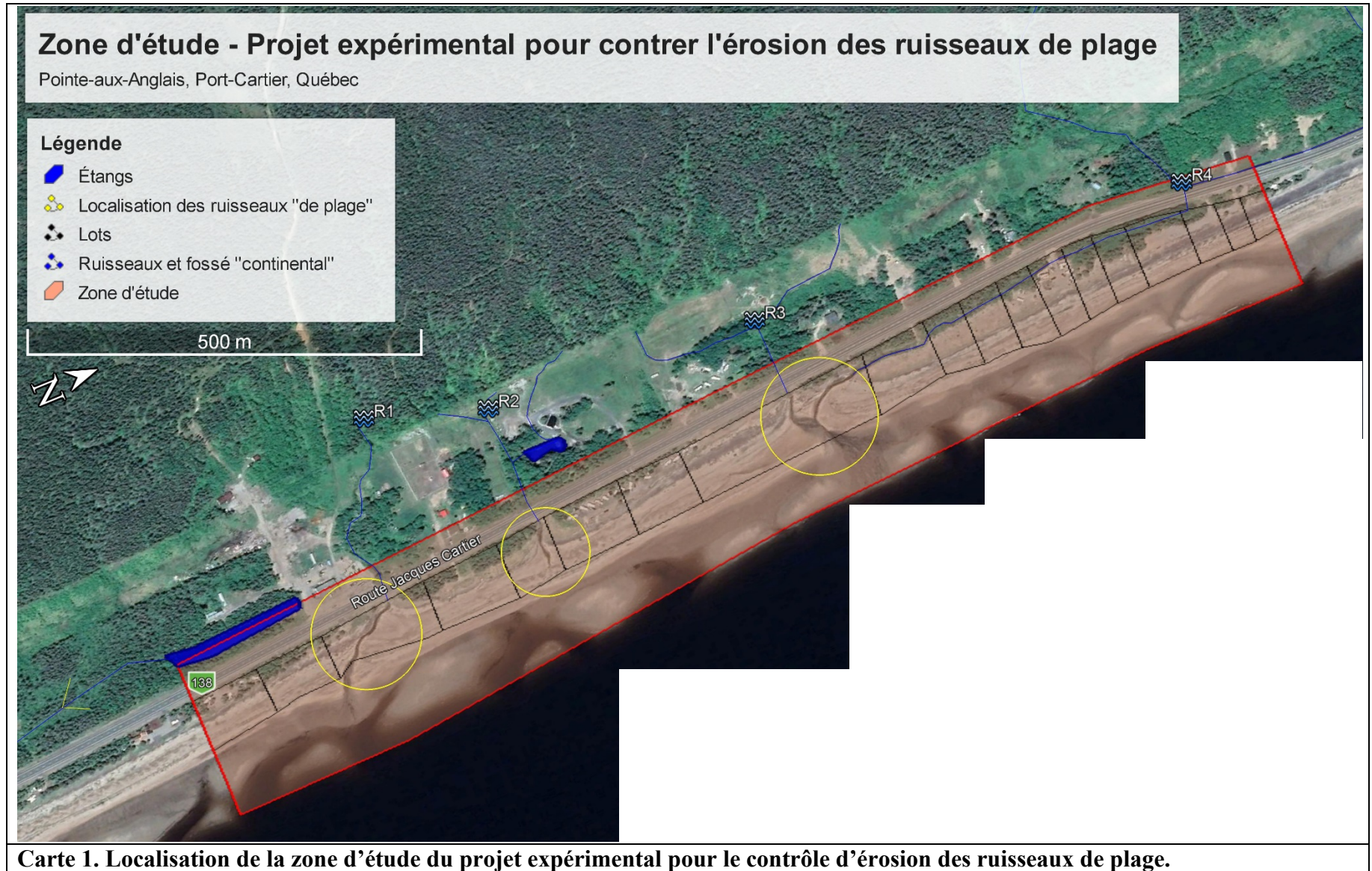
## 2 Zone d'étude

La Carte 1 présente la zone d'étude indiquée par le trait rouge. La zone d'étude, située à 6,5 km à l'ouest de l'embouchure de la rivière Pentecôte, couvre une longueur de plage de 1,5 km. La largeur de la zone d'étude, du bord de la route 138 jusqu'à la limite de la marée basse, varie entre de 50 à 150 m en général.

Un total de 4 ruisseaux se dirige vers la côte du golfe du Saint-Laurent dans la zone d'étude. Deux d'entre eux sont regroupés en un seul ruisseau de plage, car le plus à l'est longent la route 138 avant d'atteindre le suivant pour ensuite rejoindre la plage. Ainsi, 3 ruisseaux de plage, entourés par un cercle jaune sur la Carte 1, sont donc à l'étude.



Un total de 19 propriétés a été identifié à l'intérieur de la zone d'étude. Ces dernières sont à caractère privé et couvrent la totalité de la partie supérieure de la plage jusqu'au bord de la route 138. Elles varient environ entre 0,2 et 2 ha. Les 3 ruisseaux de plage documentés dans la zone d'étude circulent sur 8 des 19 propriétés identifiées, soit toutes celles situées les plus à l'ouest.



### 3 Analyse hydraulique maritime

L’analyse hydraulique permet d’évaluer les différents paramètres principaux pour caractériser l’érosion maritime et les risques de submersion. Les paramètres hydrauliques permettent d’établir la vulnérabilité du site à l’étude par rapport à l’action des vagues et des marées locales. Trois (3) profils de la berge de Pointe-aux-Anglais qui est à l’étude ont été tracés et mis en perspective par rapport aux différents paramètres de submersion. La localisation des profils est présentée à la Carte 2.

#### 3.1 ANALYSE DU NIVEAU DES MARÉES

Afin de déterminer les hauteurs de marées à Pointe-aux-Anglais, des données obtenues auprès de Pêches et Océans Canada ont été utilisées. Plus précisément, des données provenant du port de référence de Sept-Îles (2780) ainsi que des ports secondaires de Baie-Trinité (2815) et de Port-Cartier (2790) ont été employées.

Des interpolations ont été réalisées à partir des niveaux de marée du port de référence de Sept-Îles ainsi que de ceux des ports secondaires en élévation zéro des cartes (ZC). Par la suite, les élévations obtenues au point d’intérêt en ZC ont été transformées en niveau moyen des mers (NMM), encore une fois en faisant des interpolations. Au point d’intérêt, la différence entre les élévations ZC et NMM est de -1,582 m.

Les données disponibles dans les Tables des marées et des courants du Canada, volume 3 ont permis de calculer les différentes élévations de marées à Pointe-aux-Anglais. Le Tableau 1 présente la table des marées à Pointe-aux-Anglais.

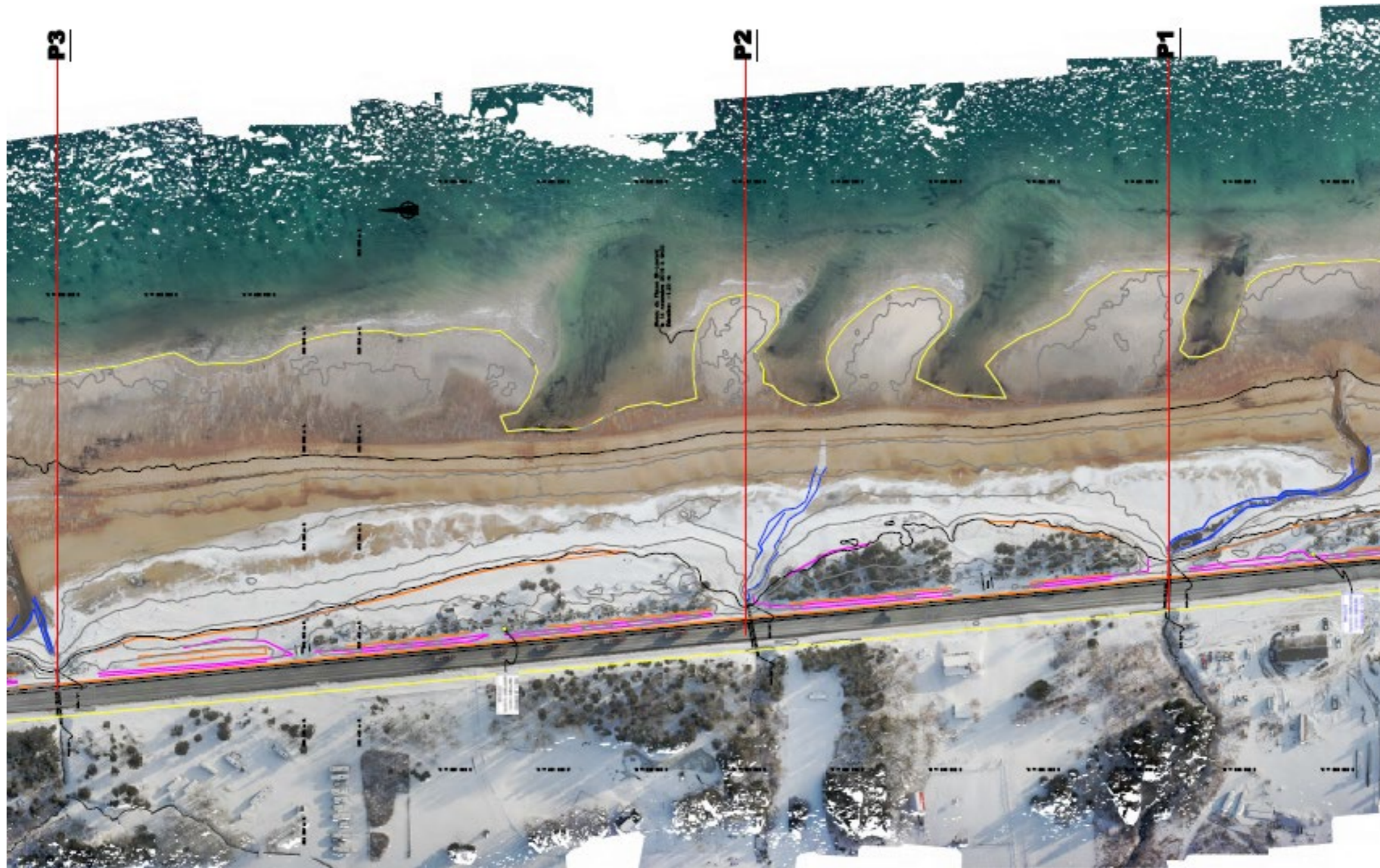
**Tableau 1. Table des marées à Pointe-aux-Anglais.**

Marée	Niveau d’eau (ZC) * (m)	Niveau d’eau (NMM) ** (m)
Extrême de pleine mer (Ex.H.)	4,41	2,83
Pleine mer supérieure à la grande marée (H.G.)	3,61	2,03
Pleine mer supérieure à la marée moyenne (H.M.)	2,91	1,33
Niveau moyen de l’eau (N.M.E.)	1,61	0,03
Basse mer inférieure à la marée moyenne (B.M.)	0,50	-1,08
Basse mer inférieure à la grande marée (B.G.)	-0,10	-1,68
Extrême de basse mer (Ex.B.)	-0,90	-2,48

\* ZC : Zéro des cartes      \*\* NMM : Niveau moyen des mers

Le niveau de la marée extrême à considérer pour la conception est donc à l’élévation  $\pm 2,83$  m.





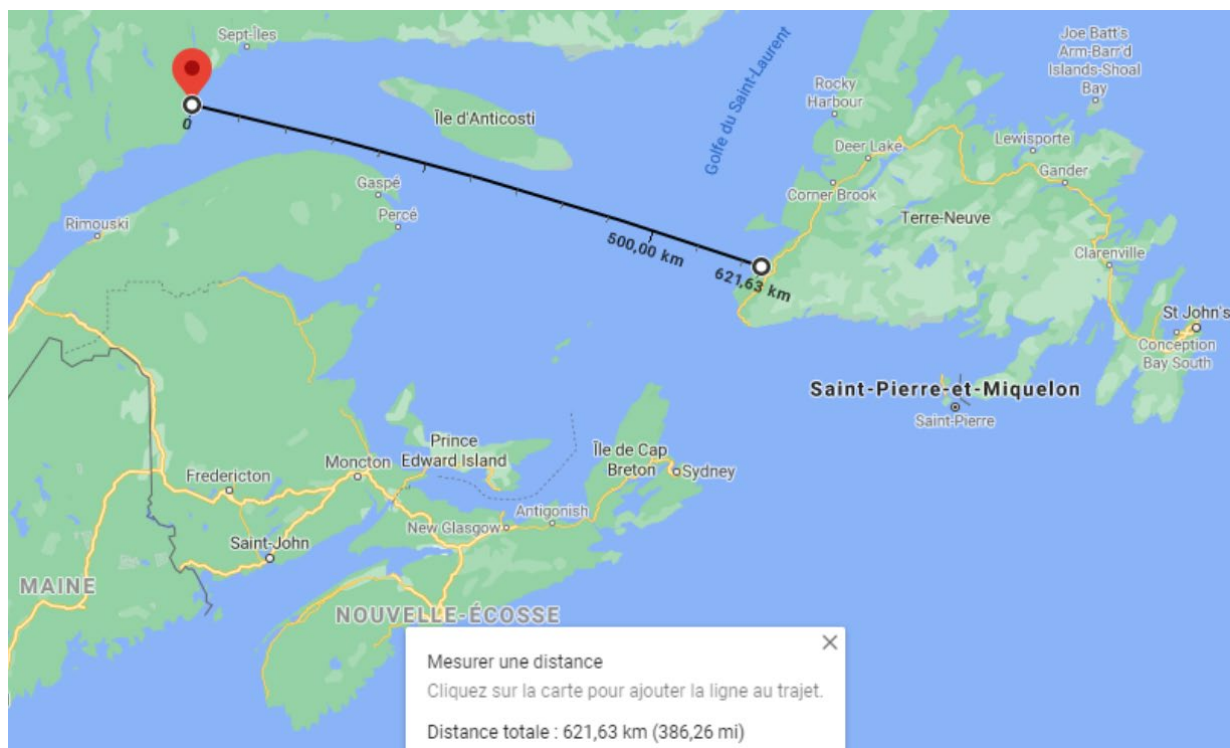
Carte 2. Localisation des profils étudiés dans le cadre de l'analyse hydraulique maritime.



### 3.2 ÉVALUATION DE LA HAUTEUR DE VAGUE

La hauteur de vague permet de déterminer le niveau de submersion de la plage de Pointe-aux-Anglais. Dans le cadre de la présente étude, aucun relevé bathymétrique du fleuve n'a été réalisé. Par conséquent, le calcul de hauteur de vague déferlante sur la berge est limité. Toutefois un relevé topographique réalisé par le Groupe Cadoret en 2019, par drone et GPS, a permis de tracer un profil hydraulique de la berge. La hauteur de vague sera donc déterminée sur la base des données récoltées lors du relevé réalisé en 2019.

À la berge à l'étude, le Fetch effectif le plus long provient du sud-est du golfe du Saint-Laurent et mesure  $\pm 622$  km. La Figure 1 présente les distances considérées.



**Figure 1. Fetch à la plage de Pointe-aux-Anglais établi dans le cadre de l'analyse hydraulique maritime.**

Par la suite, il convient de retenir une vitesse de vent moyen susceptible de souffler dans la même direction et à la même vitesse pour toute la durée de développement de la vague. Bien qu'une analyse approfondie des vents locaux n'ait pas été réalisée, de précédentes études réalisées sur le littoral du fleuve Saint-Laurent et la littérature suggèrent que 70 km/h est une vitesse de vent conservatrice et appropriée.

L'évaluation de la hauteur de vague est basée sur la formule empirique de Molitor (1998) :

$$\text{Avec } F < 30 \text{ km} \quad H = 0.76 + 0.032 \cdot (v \cdot F)^{1/2} - 0.26 \cdot F^{1/4}$$

$$\text{Avec } F > 30 \text{ km} \quad H = 0.032 \cdot (v \cdot F)^{1/2}$$

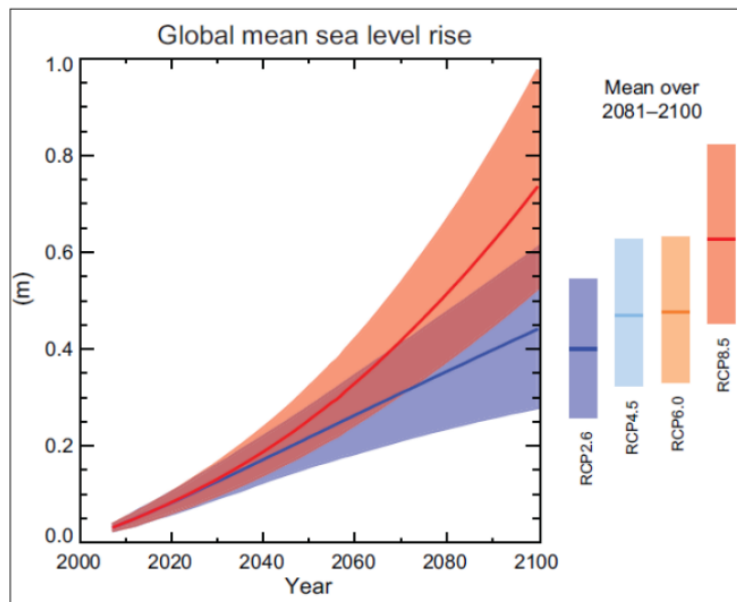
Où :  
 $H$  : Hauteur de vague (m)  
 $v$  : Vitesse du vent (km/h)  
 $F$  : fetch (km)

Il est à noter que la hauteur de vague déferlante sur la berge est limitée par la profondeur maximale de la lame d'eau avant d'atteindre le rivage. Considérant ce qui précède, la hauteur de vague maximale potentielle calculée pour les profils 1 à 3 de la berge est respectivement de 0,23 m, 0,33 m et 0,54 m.

### 3.1 ÉVALUATION D'UNE SURCOTE POUR LE REHAUSSEMENT DU NIVEAU DES OCÉANS

Il est reconnu que le réchauffement climatique aura pour conséquence le rehaussement du niveau des océans. Les principaux mécanismes à la base de ce rehaussement sont la fonte des glaciers ainsi que l'expansion thermique des océans. Il est donc essentiel de tenir compte de cette future réalité dans la conception de la protection contre l'érosion.

Afin de quantifier la surcote requise pour tenir compte du rehaussement du niveau des mers, une revue de littérature a été effectuée. La référence la plus locale et pertinente a été produite par une équipe d'Ouranos en 2016 et est intitulée ÉVALUATION DES NIVEAUX D'EAU EXTRÊMES CAUSANT DES DOMMAGES DE SUBMERSION EN ZONE CÔTIÈRE AU QUÉBEC. Selon cette référence qui s'appuie sur le cinquième rapport du GIEC (2013), le scénario climatique le plus plausible prévoit une moyenne de rehaussement des océans est de 0,53 à 0,98 m d'ici 2100. La figure 3 présente les projections de l'augmentation du niveau des océans d'ici 2100.



Source: GIEC (2013b) WG1-Summary for policy makers

**Figure 3. Scénarios d'augmentation du niveau marin relatif global en comparaison avec le niveau de 1985-2005 (tiré d'Ouranos, 2016)**

À la lumière de ces informations, Aqua Ingenium juge judicieux de considérer une surcote de 0,75 m pour tenir compte de l'effet du rehaussement du niveau des océans.

### 3.2 ÉLÉVATION DU NIVEAU MAXIMAL DE SUBMERSION

Considérant les informations qui précèdent, les paramètres hydrauliques utilisés pour définir les niveaux maximaux de submersion sont :

- Niveau de marée extrême observé (2,83 m) ;
- Vagues de conception (0,23, 0,33 et 0,54 m) ;
- Surcote pour le rehaussement du niveau des océans (0,75 m) ;

L'élévation du niveau maximal de submersion se situe entre 3,81 et 4,12 m pour les trois (3) profils de la berge qui ont été étudiés. Les profils mis en perspective par rapport aux différents paramètres de submersion sont présentés à la Figure 2.

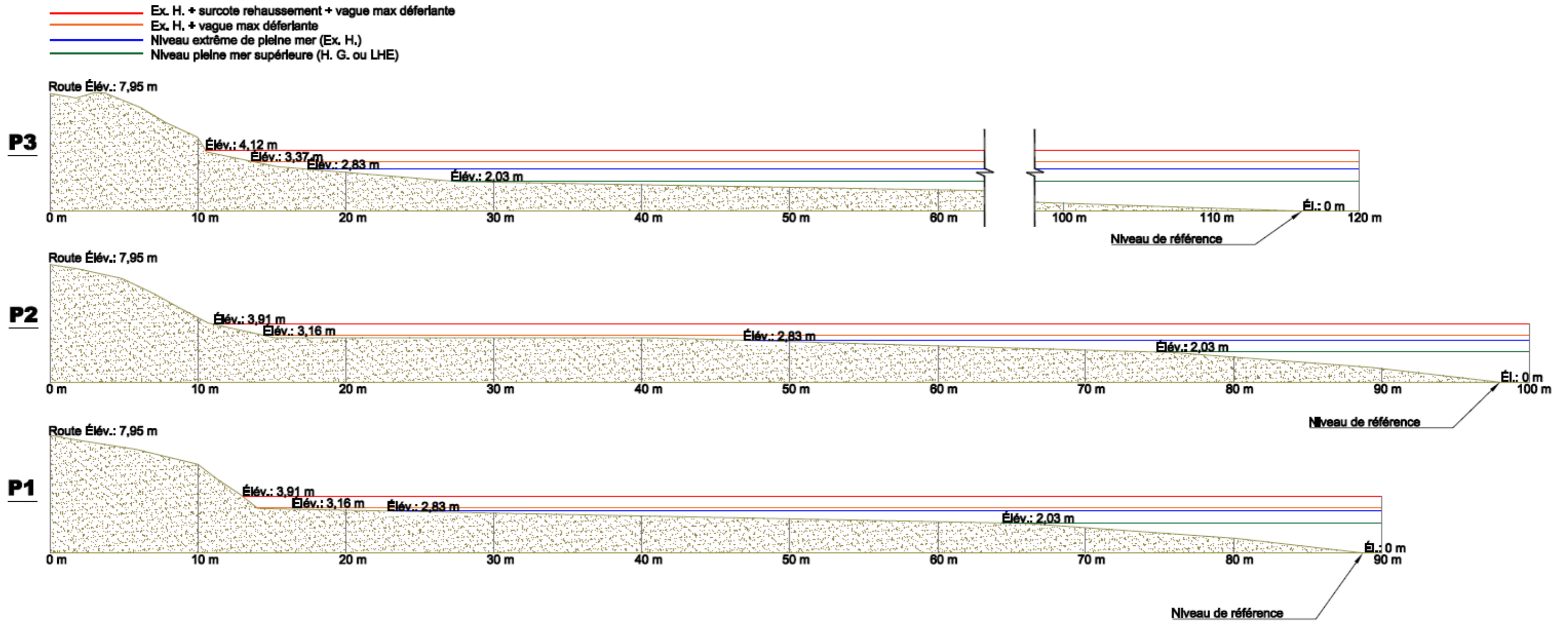


Figure 2. Profils 1 à 3 de la berge de la Pointe-aux-Anglais en lien avec l'analyse hydraulique maritime.



## 4 Composante biologique du site d’étude

### 4.1 FAUNE AQUATIQUE

La plage de Pointe-aux-Anglais est une frayère à capelan avéré depuis plusieurs années (Comité ZIP CNG, 2008). Cette plage est un endroit de prédilection pour les activités de fraie de cette espèce par son substrat sableux, sa pente modérée et sa proximité avec l’embouchure d’une rivière. Le capelan est une espèce fourragère primordiale pour le maintien de l’équilibre écologique de l’écosystème du Saint-Laurent, puisqu’il est le maillon à la base de la chaîne alimentaire (Comité ZIP CNG, 2008). Plusieurs espèces dépendent du capelan pour leur survie, notamment la morue franche, le saumon atlantique, des mammifères marins tels que le rorqual commun et le rorqual à bosse, ainsi que des oiseaux marins tels que le pygargue à tête blanche et la sterne pierregarin (Comité ZIP CNG, 2008). Encore aujourd’hui, la frayère de la plage de Pointe-aux-Anglais est bien fréquentée par l’espèce, qui présente un bon succès de reproduction (Thibault et Vázquez Perales, 2020).

Outre le capelan, une faune ichtyenne variée fréquente l’embouchure de la rivière Pentecôte, située à plus ou moins 7 km à l’est de la zone d’étude, notamment des salmonidés comme le saumon atlantique (MRNF, 2008a). Plusieurs autres espèces de poissons fréquentent la zone estuarienne de cette rivière. Il y a d’abord l’éperlan arc-en-ciel, un petit poisson qui hiverne dans les embouchures de rivières, fraie au printemps en eau douce, puis retourne en eau salée pour le reste de l’année (Scott et Scott, 1998). Cette espèce est reconnue comme étant vulnérable au niveau provincial (MFFP, 2020). Ensuite, il y a le hareng atlantique, qui se concentrerait le long de la côte de la flèche littorale pour des fins d’alimentation et de reproduction (Bourque et Malouin, 2009). Le secteur de Pointe-aux-Anglais est également reconnu comme site de fraie pour cette espèce (Calderón, 1996).

Parmi les autres espèces de poissons recensées dans l’embouchure et le long de la flèche littorale, il y a le Maquereau bleu (Bourque et Malouin, 2009) et l’Anguille d’Amérique (Pilote, 1989 ; Bourque et Malouin, 2009). Le statut de cette dernière est jugé menacé selon le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC, 2012) et susceptible d’être désigné menacée ou vulnérable au niveau provincial (MFFP, 2020).

Pour ce qui est des mollusques benthiques, on trouve dans la zone infralittorale la Mye commune, le Buccin commun (bourgot), le Pétoncle d’Islande et la Mactre de Stimpson (Bourque et Malouin, 2009). Toutefois, la forte sédimentation observée dans le secteur fait en sorte que la faune benthique est peu variée. Parmi les autres invertébrés observés dans la région, le Crabe commun longerait la côte jusqu’à une profondeur de 20 m, à partir de laquelle le Crabe des neiges serait présent (Bourque et Malouin, 2009).

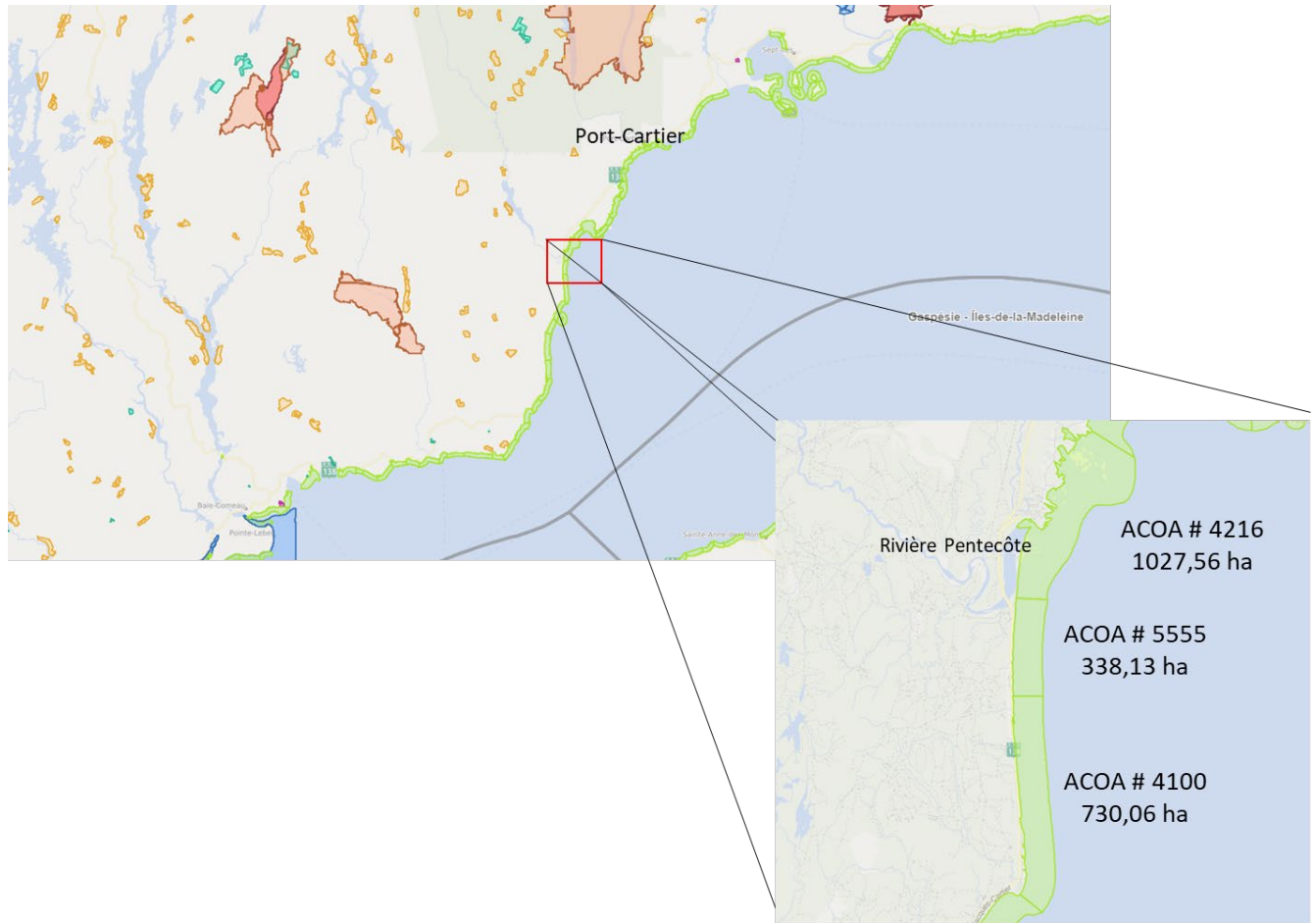
## 4.2 FAUNE AVIAIRE

La plage de Pointe-aux-Anglais héberge une forte concentration d’anatidés au printemps, lors des haltes migratoires. La présence de 300 à 500 individus par kilomètre a déjà été inventoriée par voie aérienne par le ministère de la Faune et des Parcs du Québec (FAPAQ), en 1999 (Normand, 2003). Les espèces qui avaient été observées à ce moment étaient des canards plongeurs, tels la Macreuse noire, la Harelde de kakawi, l’Eider à duvet, la Macreuse à front blanc, le Harle huppé, le Cormoran à aigrette et le Fou de Bassan. Les plus fortes abondances d’individus ont été observées dans les aires de concentration d’oiseaux aquatiques (ACOA) du secteur (MRNF, 2008b ; carte 2).

La flèche littorale et l’embouchure de la rivière Pentecôte sont des sites d’importance pour le repos et l’alimentation de la sauvagine et constitue une ACOA importante pour les canards plongeurs (Bourque et Malouin, 2009). On y retrouve en forte abondance les Macreuses noires et à front blanc, la Harelde de kakawi, l’Eider à duvet et le Harle huppé (MRNF, 2008b). En moins grande abondance ont aussi été observé des canards barboteurs, au printemps : le Canard noir, le Canard pilet, le Canard colvert et la Sarcelle d’hiver. L’inventaire de 1999 a aussi décelé la présence d’un Guillemot miroir et d’un Hibou des marais. Le Hibou des marais est rarement observé dans la plaine du Saint-Laurent, la classant comme espèce susceptible d’être désignée menacée ou vulnérable au Québec (CDPNQ, 2020) et préoccupante au Canada (COSEPAC, 2008). Cette espèce n’a autrement jamais été mentionnée dans ce secteur.

Le Club d’ornithologie de la Côte-Nord (COCN) a aussi observé une plus forte abondance d’oiseaux aquatiques au printemps dans ce secteur (ÉPOQ-COCN, 1983-2007). Le COCN a d’ailleurs fait mention de la présence d’une espèce à statut précaire sur le site de Rivière-Pentecôte, soit l’Engoulevent d’Amérique, qui est désignée préoccupante au fédéral (COSEPAC, 2019).

En considérant les oiseaux aquatiques et forestiers, le tableau 2 liste de façon non exhaustive les espèces susceptibles d’être rencontrées dans le secteur de la plage de Pointe-aux-Anglais et de l’embouchure de la rivière Pentecôte (ÉPOQ-COCN, 1983-2007 ; Atlas des oiseaux nicheurs du Québec, 2019). Les données tirées de l’Atlas des oiseaux nicheurs du Québec sont pour les parcelles 19FR30 et 19FR31, qui correspondent au secteur de Pointe-aux-Anglais et de l’embouchure de la rivière Pentecôte, respectivement.



**Carte 2. Localisation des aires de conservation des oiseaux marins (ACOA) à proximité de la zone d’étude (tirée de la carte interactive des aires protégées du Québec (MELCC, 2020))**

**Tableau 2. Liste des espèces d'oiseaux dans le secteur de la plage de Pointe-aux-Anglais et de l'embouchure de la rivière Pentecôte.**

Espèce	Pointe-aux-Anglais	Rivière Pentecôte	Espèce	Pointe-aux-Anglais	Rivière Pentecôte
	X	X	Hirondelle bicolore	X	X
Balbusard pêcheur	X	X	Hirondelle de rivage	X	X
Bécasse d'Amérique		X	Hirondelle rustique	X	X
Bec-croisé bifascié		X	Jaseur d'Amérique	X	X
Bécasseau à croupion blanc	X		Junco ardoisé		X
Bécasseau variable	X		Macreuse à front blanc	X	X
Bernache de Canada		X	Macreuse brune	X	X
Bihoreau gris	X		Macreuse noire	X	X
Bruant à gorge blanche	X	X	Martin-pêcheur d'Amérique	X	X
Bruant chanteur		X	Merle d'Amérique	X	X
Bruant de Lincoln		X	Mésange à tête brune	X	
Bruant des marais		X	Mésange à tête noire	X	X
Bruant des neige	X	X	Mésangeai du Canada		X
Bruant des prés	X	X	Moineau domestique	X	
Bruant familier	X	X	Moucherolle à ventre jaune		X
Bruant fauve		X	Moucherolle des aulnes	X	X
Bruant hudsonien		X	Mouette tridactyle	X	
Busard Saint-Martin		X	Moqueur polyglotte		X
Buse à queue rousse		X	Paruline à calotte noire		X
Buse pattue	X	X	Paruline à croupion jaune	X	X
Canard colvert		X	Paruline à gorge noire		X
Canard noire	X	X	Paruline à joue grise		X
Carouge à épaulette		X	Paruline à poitrine baie		X
Chardonneret jaune	X	X	Paruline à tête cendrée	X	X
Chevalier grivelé		X	Paruline bleu		X
Chouette épervière		X	Paruline couronnée		X
Colibri à gorge rubis		X	Paruline flamboyante		X
Cormoran à aigrette	X	X	Paruline jaune	X	X
Corneille d'Amérique	X	X	Paruline masquée		X
Crécerelle d'Amérique		X	Paruline des ruisseaux		
Durbec des sapins	X	X	Paruline obscure		X
Eider à duvet	X	X	Paruline tigrée		X
Engoulevement d'Amérique		X	Pic à dos rayé		X
Étourneau sansonnet	X	X	Pic chevelu		X
Faucon émerillon	X	X	Pic flamboyant		X
Fou de bassant	X	X	Pic mineur		X
Garrot à œil d'or	X	X	Pipit d'Amérique	X	
Garrot d'Islande	X		Plongeon catmarin	X	
Geai bleu	X		Plongeon huard	X	X
Gélinotte huppé	X		Pluvier bronzé	X	

Goéland à bec cerclé		<b>X</b>	<b>Pluvier kildir</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
Goéland arctique		X	Pygargue à tête blanche		X
Goéland argenté	X	X	Quiscale bronzé	X	X
Goéland bourgmestre	X	X	Roitelet à couronne dorée	X	
Goéland marin	X	X	Roitelet à couronne rubis	X	
Grand corbeau	X	X	Roselin pourpré	X	X
Grand harle	X	X	Sitelle à poitrine rousse		X
Grand héron	X	X	Sizerin flammé		X
Grand Pic	X		Sterne pierregarin	X	X
Grimpereau brun		X	Tarin des pins	X	X
Grive à dos olive	X	X	Tourterelle triste		X
Grive solitaire	X		Troglodyte mignon	X	
Gros-bec errant	X		Viréo à tête bleue		X
Guillemot miroir		X	Viréo aux yeux rouges	X	X
Harelde de kakawi	X		Viréo philadelphie		X
Harle huppé	X	X			

### 4.3 MAMMIFÈRES MARINS

Plusieurs mammifères marins fréquentent le secteur de la plage de Pointe-aux-Anglais, qui est un vrai garde-manger pour eux au printemps. Avec le capelan qui vient frayer sur la plage et la forte abondance de harengs qui fraient le long de la flèche littorale, il n’est pas étonnant d’observer de nombreux mammifères marins, tels que le Petit rorqual, le Marsouin commun et le Phoque commun, le long de la côte. La présence du Rorqual bleu et Rorqual commun a également été mentionné plus au large, face à l’embouchure (Bourque et Malouin, 2009).

### 4.4 FLORE

Le secteur de Pointe-aux-Anglais est composé d’une forêt mature du domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau blanc (Bourque et Malouin, 2009). Les peuplements localisés le long de la plage sont principalement composés d’un couvert résineux, avec une dominance de sapin baumier et d’épinette noire. Des peuplements mélangés sont également présents sur le littoral, où on y retrouve des bouleaux blancs et des peupliers faux-trembles. Toutes ces espèces végétales sont également présentes où l’embouchure de la rivière Pentecôte (Bourque et Malouin, 2009).

Au pied des arbres matures se trouvent les dunes recouvertes à majorité d’Élymes des sables, jusqu’au niveau de la haute plage. Les autres espèces composant les regroupements végétaux herbacés sont principalement l’ammophile à ligule courte et la gesse maritime, accompagnée de quelques autres plantes forestières telles que le cornouiller quatre-temps, la salsepareille et la linnée boréale (Thibault et Vázquez Perales, 2020).

## 4.5 ESPÈCES À STATUT

Une espèce végétale susceptible d’être désignée menacée au Québec, soit la Hudsonie tomenteuse, a été observée en bordure de la route 138 à Rivière-Pentecôte. Plus précisément, l’espèce a été repérée dans le sable, à 75 m à l’ouest du pont de la rivière Pentecôte face au cimetière (CDPNQ, 2019). Cette colonie est donc à plus de 4 km du site à l’étude. Aucune espèce faunique à statut n’a été mentionné par le CDPNQ dans ce secteur (CDPNQ, 2019).

Basée sur la carte des espèces en péril du MPO (2020), dans un rayon de 1 km autour de la zone d’étude, il est possible de rencontrer les espèces à statut suivantes : Rorqual commun (préoccupante), Rorqual bleu (en voie de disparition), béluga (en voie de disparition), loup tacheté (menacé), loup à tête large (menacé), baleine noire de l’Atlantique Nord (en voie de disparition) et le grand requin blanc (en voie de disparition). Toutefois, aucun habitat essentiel pour ces espèces n’est présent.

Les seules aires protégées répertoriées dans le secteur selon la carte interactive du Registre des aires protégées du MELCC (2020), sont les ACOA de la batture de Pointe-aux-Anglais (aire protégée # 4100), de la batture à Tamias (aire protégée #5555) et de la rivière Pentecôte (aire protégée # 4216) (carte 2). Aucun habitat d’espèce floristique ou faunique vulnérable n’a été désigné par règlement à proximité de la zone d’étude.

## 5 Géomorphologie côtière

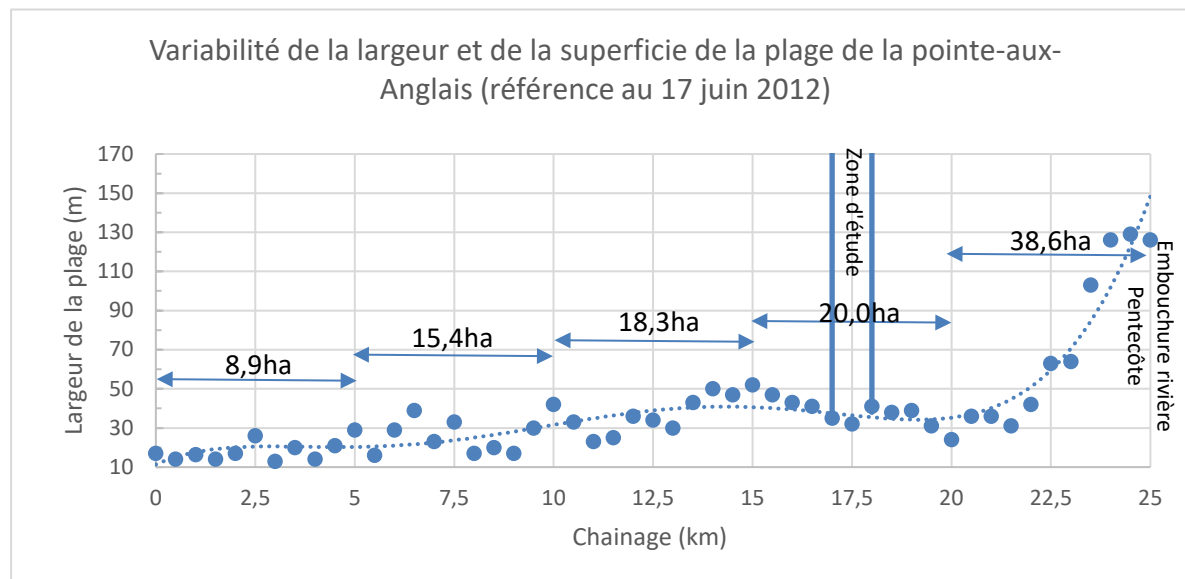
### 5.1 LA PLAGE DE POINTE-AUX-ANGLAIS

La plage de Pointe-aux-Anglais est alimentée par un flot continu d’apports de sable en provenance généralement de la rivière Pentecôte. Cette dernière présente en effet de grandes falaises de sable en érosion sur son dernier parcours de 15 km depuis les chutes Pentecôte et dont le débit solide semble très important. Quoiqu’aucune étude de débit solide ne porte sur cette rivière (UQAR, 2016), les mouvements de sable observés par photo aérienne à son émissaire le confirment. Une fois arrivée sur la côte du golfe le sable d’origine fluviale transporté par la rivière est déchargé sur la plage et la batture et repris par les processus de transport littoral et côtier. La très grande majorité du sable déchargé se dirige vers l’ouest puisque des falaises de roc sont présentes à l’est de la rivière.

Comme les formes géomorphologiques de la plage le montrent, la direction dominante du transport littoral est sans aucun doute d’est en ouest, ce que confirme aussi UQAR (2016). Ainsi, le sable de la rivière est pris en charge par les vagues et les courants littoraux et se dirige globalement vers la zone d’étude. Cet apport abondant de sable explique les largeurs et épaisseurs probables importantes de la plage de la Pointe-aux-Anglais. Comme la montre la Figure 3, en général, plus la distance par rapport à la rivière est grande plus la plage est étroite et plus sa

superficie est petite. La zone d’étude se trouve entre les chaînages 17 et 18 km (trait bleu). Ainsi, comme cette figure le montre, la zone d’étude est dans une portion du littoral qui est relativement proche de l’embouchure et donc, elle jouit d’une bonne alimentation en sable avec des largeurs variant entre 30 et 50 m et une superficie de 20 ha par tranche de 5 km (ou 4 ha par km). Suivant la zone d’étude plus à l’ouest, la décroissance de la plage est observée surtout à partir du chaînage 12,5 km.

**Figure 3. Relation entre la largeur de la plage et la distance de la rivière Pentecôte.**



## 5.2 LES RUISSEAUX DE PLAGE

La dispersion des ruisseaux de plage a été observée grâce à l’interprétation des 10 photos aériennes prises entre le 24 septembre 1996 et le 3 mars 2020. Chaque lit de cours d’eau de plage a été cartographié et superposé dans le logiciel Google Earth Pro. Une enveloppe de déplacement a ensuite été cartographiée. Cette dernière présente un échantillon de la variabilité de la position du cours d’eau. La Carte 3 présente cette variabilité dite minimale, car elle correspond à un très faible échantillon des possibilités de déplacements. Cependant, elle est considérée comme représentative du mouvement des ruisseaux de plage lors de la majorité des situations et la plupart du temps.

La zone d’étude présente 4 ruisseaux continentaux (Carte 1). De ces 4 ruisseaux (R1 à R4) se pointant aux abords de la plage, un total de 3 seulement s’écoule sur la plage en raison d’une fusion des ruisseaux R3 et R4 à leur exutoire terrestre. Pour des fins de comparaison supplémentaires, un autre ruisseau, hors zone d’étude, a été documenté à 1,3 km à l’est de l’embouchure du ruisseau R3. La superficie de l’enveloppe de déplacement et la proportion de

déplacement en direction est et ouest, depuis l’embouchure du ruisseau continental, ont été évaluées. Les résultats de l’analyse sont présentés au Tableau 3.

**Tableau 3. Étude comparative des ruisseaux de plage**

No de ruisseau	Débit relatif	Déplacement vers (m) :		Déplacement total (m)	Superficie minimale (ha)	ratio de déplacement
		Ouest	Est			
R1	Moyen	152	52	204	1,1	2,9
R2	Faible	17	7	24	0,1	2,3
R3-4	Élevé	318	57	375	2,1	5,6
Autre à l'est	Moyen	143	55	198	0,9	2,6
					Moyenne :	3,3

Le ruisseau de plage R3-4 présente le débit relatif le plus élevé par rapport aux trois autres ruisseaux de plage documentés. Il laisse, comme le montre la Carte 3, une marque importante sur la plage. Son déplacement maximal observé par rapport à l’embouchure R-3 est de 318 m dans le sens de la dérive littorale et de 57 m dans le sens contraire à la dérive. La proportion de dérivation est donc 5,6 fois plus importante dans la direction ouest pour une superficie affectée de plage de 2,1 ha.

Le ruisseau de plage R2 présente le débit relatif le plus faible par rapport aux autres ruisseaux documentés. En effet, comme observé, à débit normal, l’eau s’infiltré complètement dans le sable de la plage et rejoint donc la nappe phréatique (Photo 3). En crue, il est néanmoins possible que le ruisseau R2 atteigne le golfe à marée basse. Son faible déplacement latéral observé sur les photos aériennes indique une probable faible incision de la plage et une faible capacité de transport du sable vers le bas de plage. Ces indices ont été corroborés lors de la visite terrain d’août 2020. Son déplacement maximal observé est de 16,8 m dans le sens de la dérive littorale et de 7,3 m dans le sens contraire à la dérive. La proportion de dérivation est donc 2,3 fois plus importante dans la direction ouest pour une superficie affectée de 0,1 ha.

Enfin, le ruisseau R1 présente une variabilité élevée de déplacement, et ce due probablement à un débit relativement important. Son déplacement global observé est de 151 m dans le sens de la dérive littorale et de 48 m dans le sens contraire à la dérive. La proportion de dérivation est donc 2,9 fois plus importante dans la direction ouest pour une superficie affectée de 1,1 ha.

À titre comparatif, l’analyse de déplacement a aussi été reproduite sur un cours d’eau situé à 1,3 km à l’est de l’embouchure terrestre de R3. Le résultat donnait aussi une direction dominante de la dérive littorale allant de l’est vers ouest pour 2,6 fois plus importante dans la direction ouest et pour une superficie affectée de 0,86 ha (Carte 3, coin inférieur droit).





**Carte 3. Enveloppe de déplacement probable des 3 ruisseaux de plages documentés (plus un autre à 1,3 km à l'est).**

### 5.3 IMPACT DES RUISSEAUX DE PLAGE SUR L'ÉROSION CÔTIÈRE

Les ruisseaux de plage engendrent deux processus d'érosion principaux dans la plage. Il s'agit d'une part de l'érosion verticale et d'autre part de l'érosion latérale.






Comme observé sur les photos aériennes, des ruisseaux de plage scindent verticalement la plage à plusieurs endroits dont à 3 endroits spécifiquement dans la zone d'étude. Ces cicatrices profondes (Photo 1 et Photo 2) font en sorte de déplacer du sable présent en haut de la plage vers la batture en raison de l'érosion fluviale qu'ils génèrent. Plus le débit et les vitesses sont grands, plus l'érosion fluviale est élevée. L'abaissement du haut de plage autour des ruisseaux rend à la longue les talus principaux bordant la route 138 de plus en plus vulnérables à l'attaque directe des vagues maritimes.

Entre chaque marée basse permettant l'érosion verticale par les ruisseaux de plage, le cycle de marée haute, couplée à un régime de vagues et de la dérive littorale, va dans le contre sens en remplissant de sable les chenaux créés par les ruisseaux (Photo 1 et Photo 2). À la longue, il semble néanmoins que les ruisseaux emportent vers le bas plus de sable que la marée n'arrive à en remonter et pour preuve qu'en bas de la plage, des deltas sont parfois identifiables (Photo 6). Ce bilan sédimentaire potentiellement négatif engendre des trouées visibles dans la plage rapprochant à la longue et, dans certains cas, les talus principaux de la route 138. Dans certains cas, des enrochements deviennent nécessaires pour protéger la route contre l'érosion maritime.

Les ruisseaux de plage comme ceux continentaux ont tendance à se déplacer latéralement naturellement en générant des méandres. Pour les ruisseaux de plage, ils sont aussi influencés par la dérive littorale qui la pousse en plus dans le sens de sa direction dominante. Ces deux processus jumelés augmentent sans aucun doute la longueur vulnérable de talus vers la direction aval du transit sédimentaire. Comme observé sur les photos aériennes, ceux-ci circulent parfois à proximité du talus principal en haut de plage. Ces deux processus affaiblissent la protection naturelle qu'offre la plage contre l'érosion maritime pour un large pan de littoral bordant la route 138. Quoique l'érosion directe des ruisseaux ne soit pas menaçante pour le talus principal bordant la route, elle permet néanmoins aux vagues maritimes de l'atteindre plus facilement et avec plus de force. Le ruisseau à 1,3 km à l'est a d'ailleurs subi ce type d'érosion, ce qui a mené à l'enrochement d'une centaine de mètres de berge en mode travaux d'urgence (Photo 5).

En contrepartie, le déplacement latéral a tendance à diminuer les vitesses d'écoulement et l'érosion verticale profonde. En effet, plus le ruisseau est long, plus sa pente est douce et plus les vitesses sont lentes. L'érosion y est donc moins efficace verticalement. D'autre part, il a été observé à certains endroits que le substrat de ruisseau de plage pouvait être plus grossier, ce qui aurait tendance à affaiblir la célérité de l'érosion verticale (Photo 4).



	
<p><b>Photo 1. Ruisseau R3-4 vers le centre de la plage. Notez au moins 3 entailles.</b></p>	<p><b>Photo 2. Ruisseau R1 vers le centre de la plage. Encore 3 entailles visibles.</b></p>
	
<p><b>Photo 3. Ruisseau R2 vers l'amont. Notez le ruisseau qui se perd dans le sable (28 août 2020).</b></p>	<p><b>Photo 4. Substrat graveleux d'un des ruisseaux de plage.</b></p>
	
<p><b>Photo 5. Ruisseau de plage avec empierrement d'urgence (1,3 km à l'est de R3).</b></p>	<p><b>Photo 6. Delta du ruisseau situé à 1,3 km à l'est de R3.</b></p>

## 6 Caractérisation des ruisseaux de plage

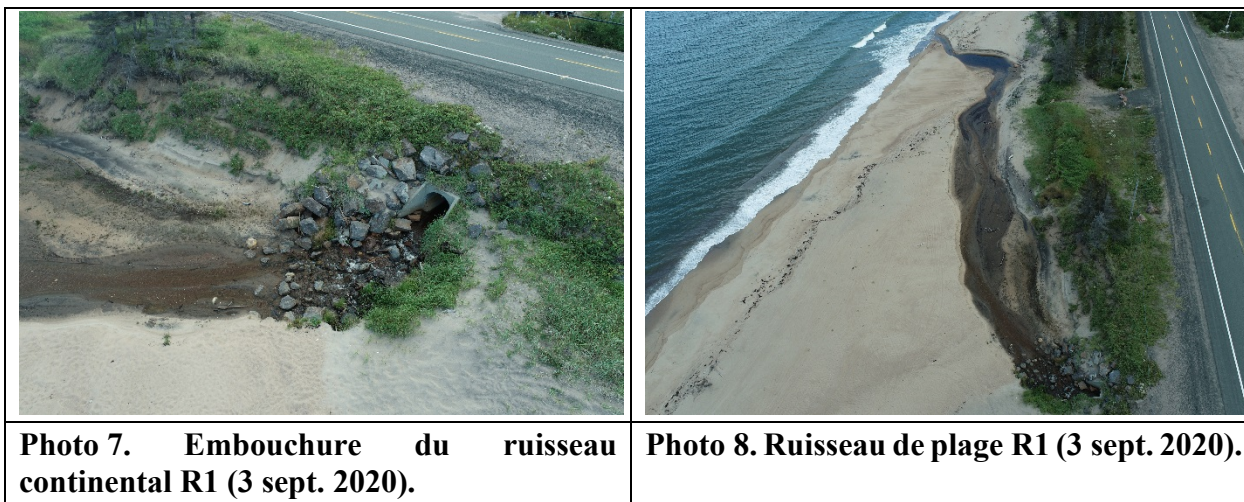
Une description détaillée des trois ruisseaux documentés est présentée dans UQAR (2016) aux pages 53-55 de son rapport. Cette description est aussi présentée à l'Annexe 1 du présent rapport.

Pour fin de mise à jour, une brève description des ruisseaux est aussi présentée ici-bas avec des images récentes. Des photos par drone ont été prises le 3 septembre 2020. Elles servent à décrire la zone de travaux projetés pour chacun des trois ruisseaux de plage documentés.

### 6.1 RUISSEAU R1

Le ruisseau continental R1 présente une embouchure composée d'un ponceau (TBA) de béton de 1500 mm, d'une extrémité biseautée en béton dont le radier aval est à l'élévation 2,60 m et d'un enrochement de gabarit de pierre d'environ 500 à 1000 mm de diamètre. La partie est de

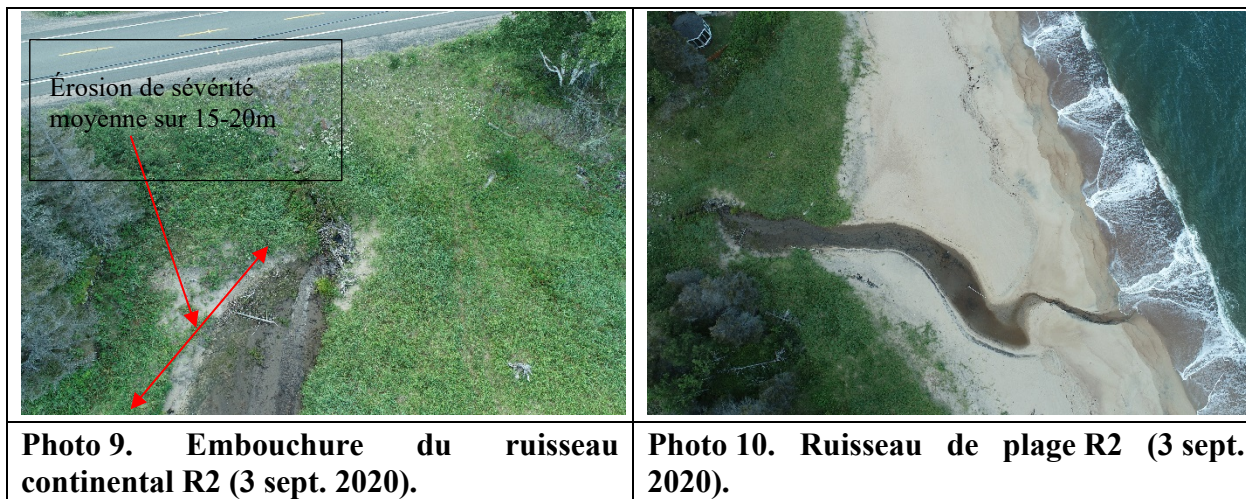
l’enrochement serait ensablée. Au droit de l’embouchure, le ruisseau présente un substrat grossier et forme une cascade d’environ 60 cm de haut sur une dizaine de mètres de long pour atteindre l’élévation 2,0 m (Photo 7). Ensuite, le ruisseau débouche dans le sable de la plage et chemine selon des patrons influencés par le milieu maritime jusqu’au bas estran (Photo 8). Le ruisseau a tendance à suivre le talus principal en direction ouest, ce qui peut parfois engendrer une problématique d’érosion maritime et une menace accrue pour l’infrastructure de la route 138.



## 6.2 RUISSEAU R2

Le ruisseau continental R2 présente une embouchure composée d’un ponceau (TBA) de béton de 900 mm de diamètre dont le radier aval est à l’élévation 2,65 m et d’un enrochement grossier naturellement végétalisé (Photo 9). L’embouchure est encastrée et est fortement encombrée par des souches et des branches. Un indice d’érosion de 15 à 20 m de long et de dangerosité moyenne pour la route 138 est observé sur la berge droite (ouest). Ensuite, le ruisseau débouche dans le sable de la plage et chemine selon des patrons influencés par le milieu maritime jusqu’au bas Estran (Photo 10). Le ruisseau a en général légèrement tendance à suivre le talus principal en direction ouest. Le ruisseau s’engouffre parfois dans le sable avant d’atteindre la mer à marée basse, lorsque son débit est plutôt faible.







### 6.3 RUISSEAU R3-4

Le ruisseau continental R3 présente une embouchure composée d’un ponceau (TBA) de béton de 900 mm (R3), d’une extrémité biseautée en béton dont le radier aval est à l’élévation 3,20 m et d’un enrochement de pierres de gabarit d’environ 700-1200 mm de diamètre. Au droit de cette embouchure, le ruisseau forme une cascade d’environ 1,8 m de dénivelé à travers l’enrochement (Photo 11). Ensuite, le ruisseau débouche dans le sable de la plage et chemine selon des patrons influencés par le milieu maritime jusqu’au bas estran (Photo 12).

Ce ruisseau de plage a tendance à suivre la dérive littorale en direction ouest en rejoignant parfois le talus principal, ce qui peut alors engendrer une problématique d’érosion maritime sur ce dernier et générer alors une menace pour l’infrastructure de la route 138. Lors de la visite terrain (fin août 2020), ce talus est partiellement végétalisé (Photo 13) et le ruisseau ne l’affecte pas.



Du côté est du ruisseau R3-4, une langue de sable forme la continuité d’une terrasse de plage végétalisée par les plantes maritimes comme l’élyme des sables et la gesse maritime (Photo 14). La terrasse de plage à l’est de l’embouchure R3-4 subit une érosion côtière, car elle présente un microtalus de plus ou moins 1 m de haut. Elle constitue actuellement une barrière naturelle protégeant le talus principal des aléas maritimes. Il a aussi été noté des accumulations de sable éolien le long du microtalus. Celles-ci sont par contre de faibles ampleurs.



<b>Photo 11. Embouchure du ruisseau continental R3 (3 sept. 2020).</b>	<b>Photo 12. Ruisseau de plage R3-4 (3 sept. 2020).</b>
	
<b>Photo 13. Berge à l’ouest de l’embouchure du ruisseau continental R3 (3 sept. 2020).</b>	<b>Photo 14. Berge à l’est de l’embouchure du ruisseau continental R3 et longeant le ruisseau continental R4 (3 sept. 2020).</b>

#### 6.4 AUTRE RUISSEAU À PROXIMITÉ DE LA ZONE D’ÉTUDE

À titre informatif, à 1,3 km à l’ouest du ruisseau R3-4, un autre ruisseau de plage, dont les berges ont déjà été enrochées en travaux d’urgence, pourrait aussi recevoir des travaux expérimentaux pour contrer l’érosion des ruisseaux de plage. La Photo 15 et montrent l’état du ruisseau en août 2020. Comme le montre la Photo 16, l’enrochement ne semble pas avoir de clé, ce qui pourrait à la longue le fragiliser. Une intervention pour réduire l’effet néfaste du ruisseau de plage et de l’affouillement de l’enrochement pourrait être souhaitable.

	
<b>Photo 15. Ruisseau de plage situé à l’ouest du ruisseau R3-4 (28 août 2020).</b>	<b>Photo 16. Érosion au pied de l’enrochement d’urgence probablement en lien avec le ruisseau de plage (28 août 2020).</b>

### 7 Révision des techniques existantes de stabilisation

Les techniques les plus connues sont présentées au Tableau 4. Comme ce tableau l’indique, la technique est décrite sommairement, ainsi que les avantages et inconvénients de celle-ci. Enfin, la durabilité relative est présentée.



**Tableau 4. Techniques de stabilisation généralement reconnues en matière de stabilisation des berges.**

Méthodes connues		Descriptif	Avantages	Inconvénients	Durabilité
Enrochement linéaire		Enrochement de pierre aux diamètres adaptés aux forces érosives. Elle inclut la création d'une clé d'enrochement.	Fiabilité connue Assure une protection immédiate Technique maîtrisée	Impact sur la disparition des plages, effet de bout	Longue
Épis	Roches	Enrochement plus ou moins perpendiculaire à la berge	Fiabilité variable Assure une protection presque immédiate Technique relativement maîtrisée	Le dimensionnement est important, car cela dépend directement de celui-ci pour réduire l'érosion	Longue
	Pieux de bois	Muret de pieux de bois perpendiculaire à la berge (plus ou moins)	Fiabilité variable Assure une protection presque immédiate Technique relativement maîtrisée	Le dimensionnement est important, car cela dépend directement de celui-ci pour réduire l'érosion	Moyenne
Épis	Perméables (style SEMS)	Implantation de pieux de bois en forme de cages contenant du branchage s'activant sous le déferlement des vagues.	Facile à mettre en place Peu coûteux	Demande de l'entretien régulier en raison de l'impact des glaces Réduction de l'érosion variable	Faible si pas entretenu et réparer régulièrement
Épis	Ensevelit (Holmberg)	Installation sur l'Estran ou sous la plage.	Non déterminé	Peu ou pas appliqué au Québec Problématique avec les glaces.	Non déterminé
Rechargement de sable de plage		Il permet de recharger les plages dégarnies et leur assurer une certaine stabilité. Protège ou	Technique simple à mettre en place	Méthode exclusive aux endroits où des plages existent	Faible – demande normalement du rechargement régulier

Méthodes connues	Descriptif	Avantages	Inconvénients	Durabilité
	améliore la stabilité des talus ou de champs de dunes situés en arrière-plages.			
Phytotechnologies (génie végétal)	Ensemble de techniques utilisant des végétaux ayant des prédispositions à contrôler l'érosion. Elles peuvent inclure du bois mort pour construire des caissons, etc.	Très avantageux pour réduire les impacts sur l'environnement.	La fiabilité est variable Ne s'applique généralement pas en milieu côtier.	La réussite de ces projets est variable selon la compétence des concepteurs et des entrepreneurs.
Végétalisation	Ensemble de techniques utilisant des végétaux ayant des prédispositions à contrôler l'érosion pluviale des talus. Elle est souvent utilisée conjointement avec les enrochements et le génie végétal.	Très avantageux pour réduire les impacts sur l'environnement.	S'applique en milieu côtier pour les champs d'élyme et le contrôle de l'érosion des dunes	Durable si non soumis ou faiblement aux aléas de l'érosion maritime.
Mur de gabions, de béton, mûr caisson de bois traité, etc.	Empilement de cages rectangulaires en acier galvanisé remplies de roche. Ou en béton armé.	Arrêt de l'érosion immédiat	À tendance à s'affaiblir avec le temps. Peu rouiller et se déchirer. Peut basculer. Crée de l'effacement des plages.	Moyenne à longue selon la méthode spécifique et la qualité de la mise en place
Encailloutement	Mise en place d'un granulat émoussé naturel et étalé (fin à grossier) sur la plage	Technique simple à mettre en place	Un certain risque d'érosion est présent. Ne s'applique pas sur les pentes raides	Variable en milieu côtier Longue en milieu lacustre et fluviale



## 8 Préconception

### 8.1 MISE EN PERSPECTIVE

Le travail de préconception est basé sur la connaissance des outils existants présentés sommairement à la section précédente et l'imagination pour des solutions novatrices. L'étude de L'UQAR (2016) indiquait comme recommandation ceci :

*«Globalement, il apparaît que les taux de recul de la berge fluviale ou du trait de côte derrière les ruisseaux sont supérieurs à ceux mesurés pour le milieu, pour les secteurs non exposés à l'érosion fluviale. En d'autres termes, dans une optique de gestion du trait de côte, les ruisseaux de plage doivent être une considération de premier ordre. De manière plus spécifique, cependant, ce rapport met en lumière les facteurs de contrôle de la morphodynamique des ruisseaux de plage. Les résultats soulignent entre autres le rôle des débits liquides des ruisseaux et l'engraissement de la haute plage suite à des périodes de déferlement intense sur la mobilité des ruisseaux. Puisque la mobilité est préoccupante pour les infrastructures routières à proximité des ruisseaux côtiers, ces deux moteurs de mobilité des ruisseaux doivent être considérés dans toute intervention visant à diminuer la migration des ruisseaux vers les talus côtiers.*

*Trois pistes de solutions ont été proposées. La première considère la protection du talus côtier par le biais d'enrochements ou de génie végétal pour protéger le talus de la migration latérale. La deuxième consiste à considérer le déploiement d'épis sur le haut de plage pour minimiser l'apport de sables dans le ruisseau contribuant à le déplacer vers le talus côtier. La troisième piste consiste à faciliter la progression du ruisseau vers l'estran par la présence d'un remblai moins mobile, mais aussi d'un chenal initial d'écoulement. Ces trois pistes devraient être considérées en simultanés et adaptées à la configuration du ruisseau».*

### 8.2 RESPONSABILITÉ ET OBJECTIFS SPÉCIFIQUES

Dans ce mandat, il est convenu avec le Comité ZIP et le MTQ que les solutions apportées dépassent le simple objectif de protection du talus principal. Le mandat a pour objectif premier de trouver une ou des solutions novatrices à l'érosion causée sur la plage par les ruisseaux. Les solutions cherchent à combiner la protection de l'emprise de la route 138 et la préservation de la frayère de capelan située à proximité.

L'érosion engendrée par ces ruisseaux sur la plage permet à l'érosion côtière, notamment les vagues maritimes, de percer la plage plus facilement pour atteindre le talus principal qui borde la route 138. En effet, la menace d'érosion du talus principal est donc accrue par la présence des ruisseaux de plages, mais ceux-ci n'en sont pas la cause directe. Ainsi, les méthodes développées ici-bas misent spécifiquement sur l'arrêt ou le ralentissement de l'érosion de plage et non sur la

stabilité du talus. Le tout, dans l’optique d’agir en prévention et éviter une intervention telle qu’un enrochement d’urgence qui pourrait nuire à la préservation de la frayère de capelan, en plus de créer une cicatrice dans le paysage.

En ce qui concerne la stabilité du talus principal bordant la route 138, des recommandations sont faites au MTQ en vue de protéger la route dans des secteurs où la dangerosité est jugée élevée. Cependant, elles ne sont pas spécifiquement prévues dans ce présent projet. Pour les secteurs où la dangerosité de l’érosion sur l’infrastructure routière ou autre est nulle, faible ou moyenne, les techniques préconisées seront celles permettant de protéger les plages contre les ruisseaux de plage. En aucun temps, si les techniques expérimentales ne fonctionnent pas adéquatement, les concepteurs ne pourront être tenus responsables des conséquences sur la route 138 ou toutes autres infrastructures riveraines.

### 8.3 TECHNIQUES CIBLÉES

Étant donné les objectifs ciblés, il a été sélectionné en priorité des techniques dites douces. Ainsi, les enrochements n’ont pas été priorisés, quoiqu’ils puissent avoir leur place avec usage en parcimonie.

Voici, en résumé au Tableau 5, les techniques choisies, leurs objectifs et leur lieu d’installation priorisée.

**Tableau 5. Techniques sélectionnées dans le cadre du projet.**

Techniques choisies	Objectifs	Lieu d’installation
1 - Muret enfoui de pieux de bois	Créer un effet de redirection des ruisseaux de plage vers le bas de plage	Placé à l’ouest des ruisseaux R1 et R3-4 En haut de plage, en zigzag et obliquement à la plage.
2 - Enrochement linéaire enfoui	Créer un effet de redirection des ruisseaux de plage vers le bas de plage	Placé à l’ouest des ruisseaux R1 et R3-4 En haut de plage, en zigzag et obliquement à la plage.
3 - Caisson de bois	Stabiliser le talus principal via une méthode douce et verte	Placé à R2 sur la berge droite (ouest) du ruisseau de plage sur 15-20m de long sur le talus principal.
4 - Encailloutement et canalisation d’un chenal initial	Réduire l’érosion verticale des ruisseaux et orienter le ruisseau au départ vers le bas de plage.	Placé aux droits des ruisseaux R1 et R3-4 sur une courte distance (environ 10 m) suivant le ponceau et l’enrochement de talus

Techniques choisies	Objectifs	Lieu d'installation
5 - Capteurs de sable éolien	Augmenter l'ensablement éolien et réduire la vulnérabilité du microtalus en érosion	À l'est de R1, de R2 et de R3-4 le long de la terrasse végétalisée
6 - Épis d'ensablement de la plage et plantation de champs d'élymes (petit et gros formats)	Augmenter l'ensablement en provenance du transit littoral.	À l'est de R3-4 sur la langue de sable non végétalisée.
7 - Épis en enrochement perpendiculaire à la plage sur 15-20m de long	Influencer faiblement la dynamique de dérive littorale pour réduire sa puissance sur le repoussement des ruisseaux de plage dans le sens de la dérive.  Dans un cas en aval de la dérive, dans l'autre en amont (UQAR)	R1 à proximité du ponceau du côté ouest  R3-4 à proximité du ponceau du côté est
8 - Enrochement linéaire en zone de dangerosité élevée (hors projet expérimental)	Arrête toute érosion possible le long de la route 138	R1 et R3-4 à l'ouest des ponceaux sur une distance à déterminer.

### 8.3.1 Muret enfoui de pieux de bois

Les murets de pieux de bois ont pour objectif de diriger le cours d'eau vers le bas de la plage. Étant donné que les ruisseaux passent sous le niveau de la plage, parfois de 1 à 1,5 m de profondeur, il est suggéré de creuser une tranchée de plus de 1 m de profondeur et d'installer les murets sous le niveau de la plage et enfin de les recouvrir de sable. Ainsi, ils seraient généralement protégés des glaces et contre le pourrissement. Les murets n'apparaîtraient à l'air libre qu'au besoin, soit lorsque les ruisseaux de plage dévieraient vers le talus principal. Puis, avec tout nouveau changement de redirection du ruisseau, ils s'enfouiraient à nouveau. Les épis de déviation pourraient être modulés en forme d'arêtes de poisson (Figure 4) pour en augmenter leur efficacité et leur résistance latérale.

Les pieux de bois d'au moins 300 mm de diamètre doivent être enfoncés au deux tiers sans le sable et faire au moins 3 m de long. Le bois devrait idéalement être de type imputrescible (cèdre, pruche ou bois traité). Des travers peuvent être posés pour renforcer la structure et aider à repousser le ruisseau. Étant donné qu'il est difficile de placer parfaitement les pieux côte à côte, du géotextile de type V (CCDG) peut être utilisé pour augmenter son imperméabilisation vis-à-vis du sable et son potentiel de déviation du ruisseau.

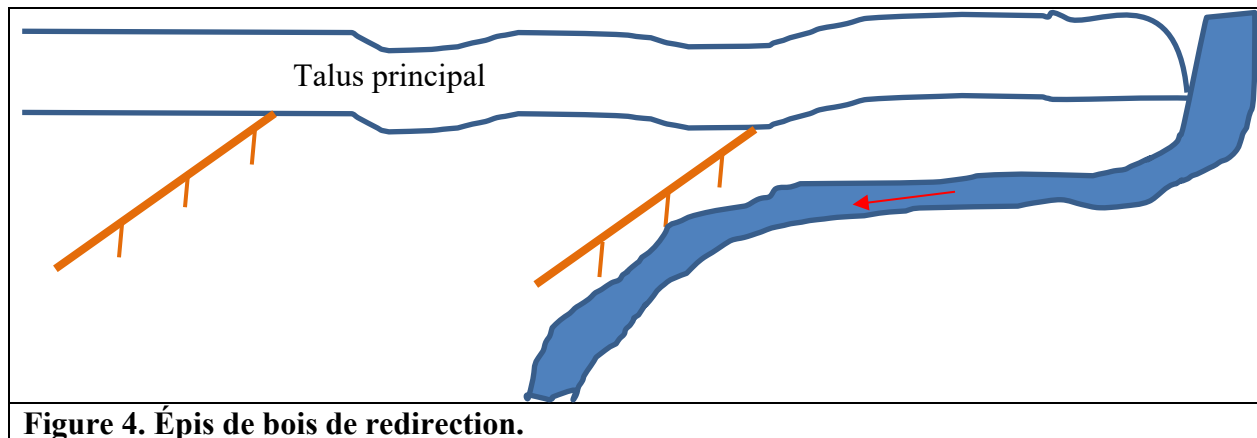


Figure 4. Épis de bois de redirection.

### 8.3.2 Enrochement linéaire enfoui

Cette méthode est une variante du muret de bois présenté à la section 8.3.1. Comme pour les murets de bois, il est proposé d’installer des enrochements enfouis le long du talus. Les enrochements auraient pour comme objectifs de dévier le cours d’eau et d’aider à la stabilité du talus principal. Cependant, il ne stabiliserait pas le haut de talus soumis à l’impact des vagues en provenance du milieu maritime, car leur niveau supérieur d’enrochement serait sous le seuil des marées. Un géotextile Type V serait nécessaire pour éviter tout affouillement de l’enrochement. L’avantage sur les pieux de bois serait leur durabilité accrue. Le désavantage serait l’impact d’installation accrue et un ouvrage laissant une cicatrice plus importante sur la plage si les enrochements devenaient visibles de façon durable.

### 8.3.3 Caisson de bois

Des caissons de bois végétalisés pourraient être installés sur la berge en érosion du ruisseau R-2 en remplacement de tout enrochement. Normalement, ce genre d’ouvrage n’est pas recommandé en milieu marin. Des expériences ont été faites à ce sujet au parc Nature de Pointe-aux-Outardes (Pointe-Aux-Outardes, Québec). Les résultats indiquaient une dégradation relativement rapide, par vidage des caissons, et une disparition des ouvrages en bois en environ 5 à 8 ans. De plus les feuilles de saule avaient tendance à brûler sous l’effet combiné de dépôt de sel sur celles-ci et des rayons du soleil. Étant donné que la stabilisation requise concerne l’embouchure du ruisseau R-2, que l’érosion du talus n’est pas à un stade critique et que la configuration de la berge évite que les vagues du milieu maritime impactent massivement la berge, il peut être recommandé d’appliquer ce mode de stabilisation qui permet une naturalisation intéressante et évite l’utilisation de roches. Un exemple est présenté à la Photo 17.



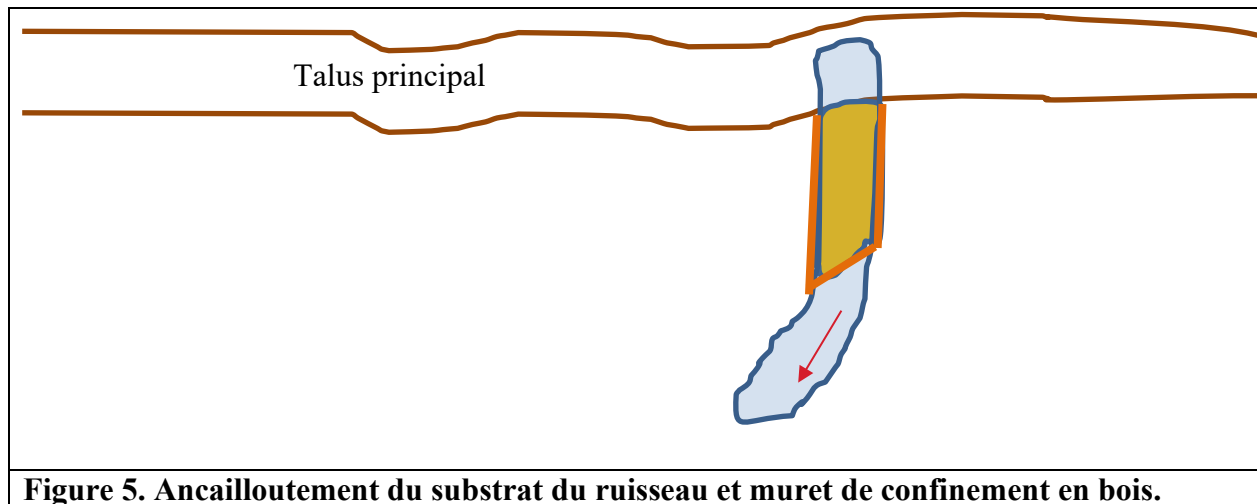
**Photo 17 et Photo 18. Exemple, avant et après la naturalisation, de caisson de bois le long d’un ruisseau. Réalisation d’Aubier environnement (avec autorisation).**

#### **8.3.4 Encailloutement et enlignement de départ**

La méthode d’encailloutement n’est généralement pas applicable dans un contexte de plage sablonneuse. Cependant, dans le cadre des ruisseaux de plage, elle pourrait avoir une certaine efficacité pour réduire l’érosion verticale des ruisseaux de plage, et ce si elle est utilisée de façon très spécifique et localisée.

Dans le cadre de ce projet, l’encailloutement pourrait se faire au droit de l’exutoire du ponceau de la route 138 sur une courte distance et sur la stricte largeur du cours d’eau (Figure 5). De plus, il devrait être confiné pour éviter la dispersion des galets. Au final, le substrat proposé ne doit pas être trop exposé aux vagues, car il va avoir tendance à s’éparpiller et l’efficacité de la méthode sera réduite ou annulée. Le dimensionnement du substrat doit être assez grossier pour résister au courant du ruisseau et aux vagues résiduelles tout en gardant une apparence naturelle. Donc, il est proposé de prendre un substrat de granulométrie de 5 à 200 mm provenant de gravières naturelles et offrant donc un matériel émoussé avec peu de particules fines.

La longueur du chenal proposé pourrait être de tout au plus 10 à 15 m depuis l’exutoire du ponceau de façon plus ou moins perpendiculaire. Il est proposé de l’encaisser à l’intérieur de murets de bois pour enligner le départ du ruisseau de plage. Un muret perpendiculaire ou horizontal, dont le radier serait à la hauteur de la surface du substrat serait aussi installé à la sortie pour contenir son déplacement vers l’aval. Le muret de pieux aval à la dérive devrait être légèrement plus long que celui en amont. L’épaisseur de la couche de substrat devrait être d’au moins 300 mm déposés directement sur le fond existant surcreusé sur 300 mm. Tout géotextile en sous-fondation serait à éviter, car il pourrait faciliter le glissement des galets vers l’aval. Un tapis de pierre 100-200 mm de 150 mm d’épaisseur est plutôt proposé pour faciliter son enclage et atténuer l’enfoncement des particules du substrat proposé dans le sable.



**Figure 5. Ancailloutement du substrat du ruisseau et muret de confinement en bois.**

### 8.3.5 Capteurs de sable éolien

Il serait pertinent d’installer des capteurs de sables éoliens le long du microtalus de la haute terrasse. Ces ouvrages permettraient une accumulation de sable au pied et le long du talus, ce qui inciterait la mise en place d’une réserve contre l’érosion durant les marées d’automne. Un accroissement de la terrasse d’élymes vers la mer serait une possibilité de résultat intéressante, quoique potentiellement peu probable. En effet, pour réussir un accroissement significatif, il faudrait réaliser d’année en année l’installation de ces systèmes de captation, car leur durée de vie est généralement courte. Cette stratégie pourrait du moins être faite lors de ce projet, sur au moins deux ans, et lors de son suivi le cas échéant.

Les capteurs de sable éolien pourraient être simplement des têtes d’épingle plantées dans le microtalus horizontalement, des fagots de branches vivantes ou mortes, voire des clôtures à neige. Il serait par exemple placé à 10 m d’intervalle le long du talus dans la zone d’ensablement proposée. Les capteurs pourraient aussi être constitués de cage en pieux de bois remplis de têtes d’épingle.

### 8.3.6 Épis perméables en bois combiné à la plantation d’élymes

Les épis perméables sont généralement en bois. Ils fonctionnent par l’atténuation des vagues et la sédimentation du sable (ISMER, 2002). Ils peuvent être utilisés pour atténuer les effets de bout d’enrochement. Dans le cadre de ce projet, il pourrait servir à accroître la terrasse d’élymes de sable en direction de l’ouest. La Photo 19 présente un exemple de cas réalisé selon la méthode développée par MM Maltais et Savard de Pointe-aux-Outardes en 2000 (Comité ZIP RNE, 2003). Dans la mesure où l’ensablement est significatif, des plantations d’élymes peuvent compléter les ouvrages à l’année 2.





**Photo 19. Épis SEMS réalisés pour contrer l’effet de bout d’enrochement à Pointe-aux-Outardes, 2000 (Comité ZIP de la rive nord de l’estuaire).**

### 8.3.7 Épis en enrochement

Pour les ruisseaux R1 et R3-4, un épi de pierre est proposé en amont et en aval du cours d’eau. Il aurait pour but de ralentir la dérive littorale et ainsi limiter le déplacement des cours d’eau. Ces épis pourraient être fabriqués de façon semi-perméable ou imperméable (avec un noyau imperméable) au transit sédimentaire. Étant donné qu’il aurait comme but de ralentir le transit, il est proposé de les concevoir de façon semi-perméable. Il serait ainsi fait que d’une bande de roches grossières avec un sommet d’épis relativement bas par rapport à la plage.

Pour le ruisseau de plage R1, il est proposé d’en positionner à l’amont du transit sédimentaire. Pour le ruisseau R3-4, il est plutôt proposé d’en positionner un en aval du transit sédimentaire. La première option appliquée au ruisseau R-1 rejoint la recommandation de l’UQAR (2016). Le positionnement à l’aval comme à l’amont porte une série d’avantages et inconvénients. Il semble difficile de déterminer le meilleur choix. L’option de tester les deux méthodes permettrait de valider cette relation coût/bénéfice. Le pourrait être possible de prévoir un enlèvement total ou partiel de ces structures en cours de suivi si ces dernières causent plus de dommage qu’elles procurent de protection pour le talus côtier.



**Photo 20. Exemple d’épi en enrochement semi-perméable (Source UQAR, 2016).**

### 8.3.8 Enrochement linéaire (hors projet expérimental)

Le long des talus principaux où la dangerosité de l’érosion est évaluée de moyenne à élevée, il est proposé d’installer des enrochements linéaires jusqu’à la cote d’extrême de marée. Comme il ne s’agit pas d’une technique expérimentale, il est à la discrétion des partenaires du projet d’en évaluer l’intégration au projet ou pas. Les berges où la dangerosité est significative pour la route 138 sont situées en aval du transit sédimentaire (vers l’ouest) des ruisseaux R1 et R3-4 et sur quelques dizaines de mètres.

## 8.4 POSITIONNEMENT ET SYNTHÈSE DES AMÉNAGEMENTS PROPOSÉS

La Carte 4, la Carte 5 et la Carte 6 présentent la localisation des aménagements proposés pour les ruisseaux R1, R2 et R3-4. La Carte 7 présente les conditions existantes à un ruisseau situé à 1,3 km à l’est du ruisseau R3-4, soit hors zone d’étude.

Dans un premier temps, tous les aménagements ont été placés de façon optimale en tenant compte au mieux de leur interaction possible. Avant la terminaison des plans et devis, une analyse plus approfondie doit être faite pour en évaluer la compatibilité et la possibilité de suivre des ouvrages de façon à déterminer leur efficacité. Ainsi, dans cette première version du rapport, il s’agira, avec les partenaires, de déterminer les options d’aménagements qui seront retenus pour l’étape de préparation des plans et devis.

Pour les deux ruisseaux de plage R1 et R3-4, un enjeu reste à définir. En effet, l’interaction entre chacune des méthodes risque de rendre difficile la détermination des méthodes qui fonctionnent le mieux ou si le résultat est une combinaison des effets de chacune de celle-ci. Il pourrait être ainsi

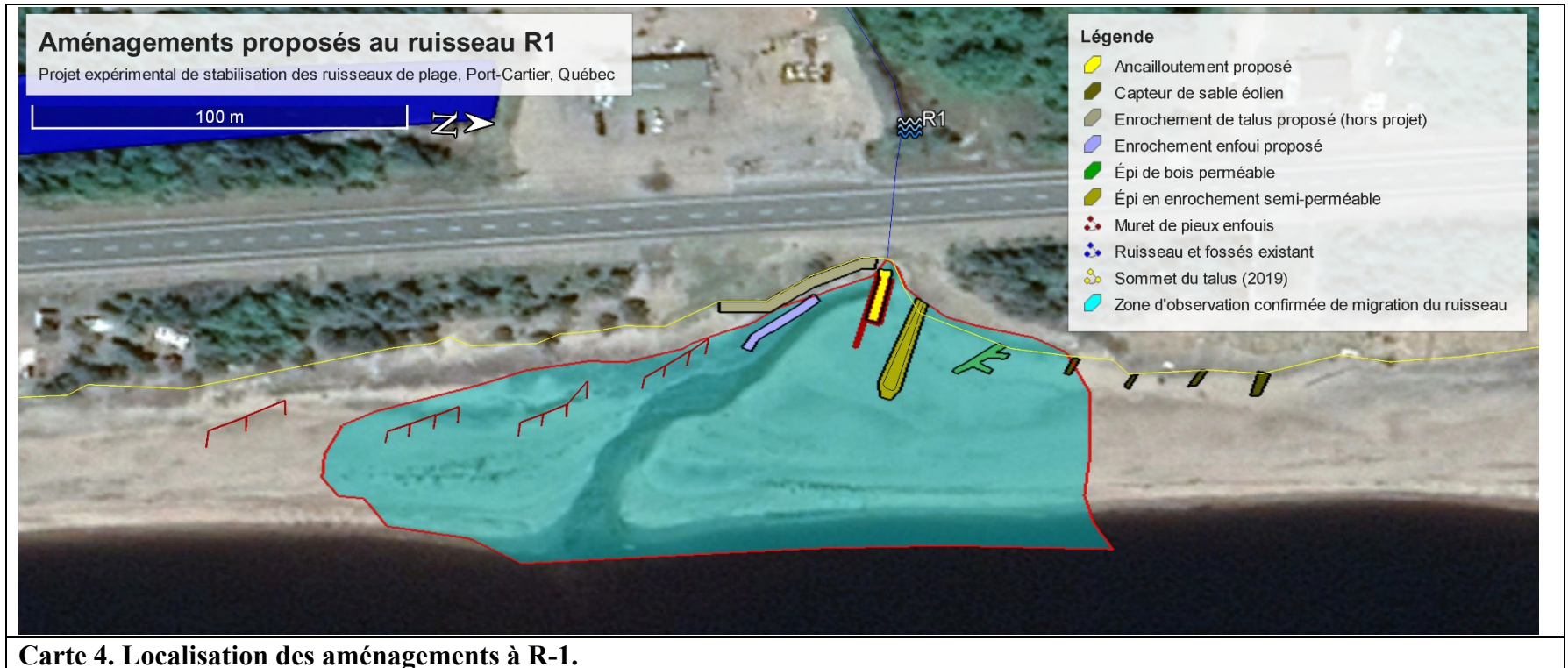


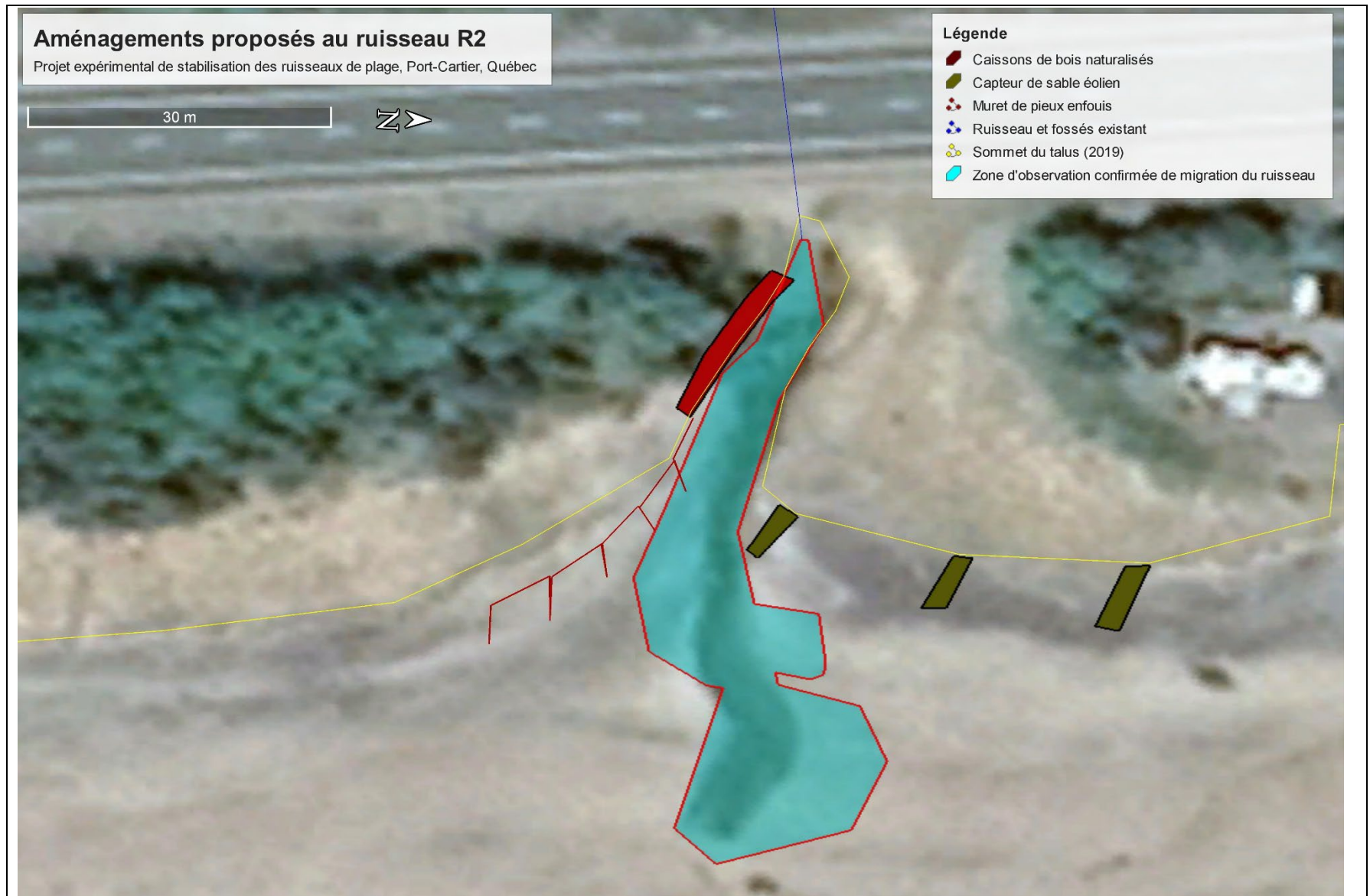
souhaitable de réaliser certains essais expérimentaux sur d'autres ruisseaux de plage en limitant le nombre d'installations à chaque ruisseau de plage.

Selon la position des aménagements, le suivi d'efficacité qui en découle devra tenir compte des meilleurs moyens pour contrôler l'impact de chaque méthode sur la réduction de l'érosion par les ruisseaux de plage. À ce titre, le ruisseau à l'est de la zone d'étude, s'il est retenu en plus, pourrait ajouter un site d'essai permettant moins de méthode à l'essai par ruisseau de plage.

**Enfin, le Tableau 6 présente globalement l'approche retenue à une première phase de discussion avec les partenaires.** Les ruisseaux de plage R1 et R3-4 présentent une grande possibilité d'installation d'ouvrages de stabilisation. Dans le cas du ruisseau R2, peu de solutions sont réellement compatibles étant donné le faible débit d'eau résultant d'entrée de jeu de peu d'impacts négatifs sur la plage.

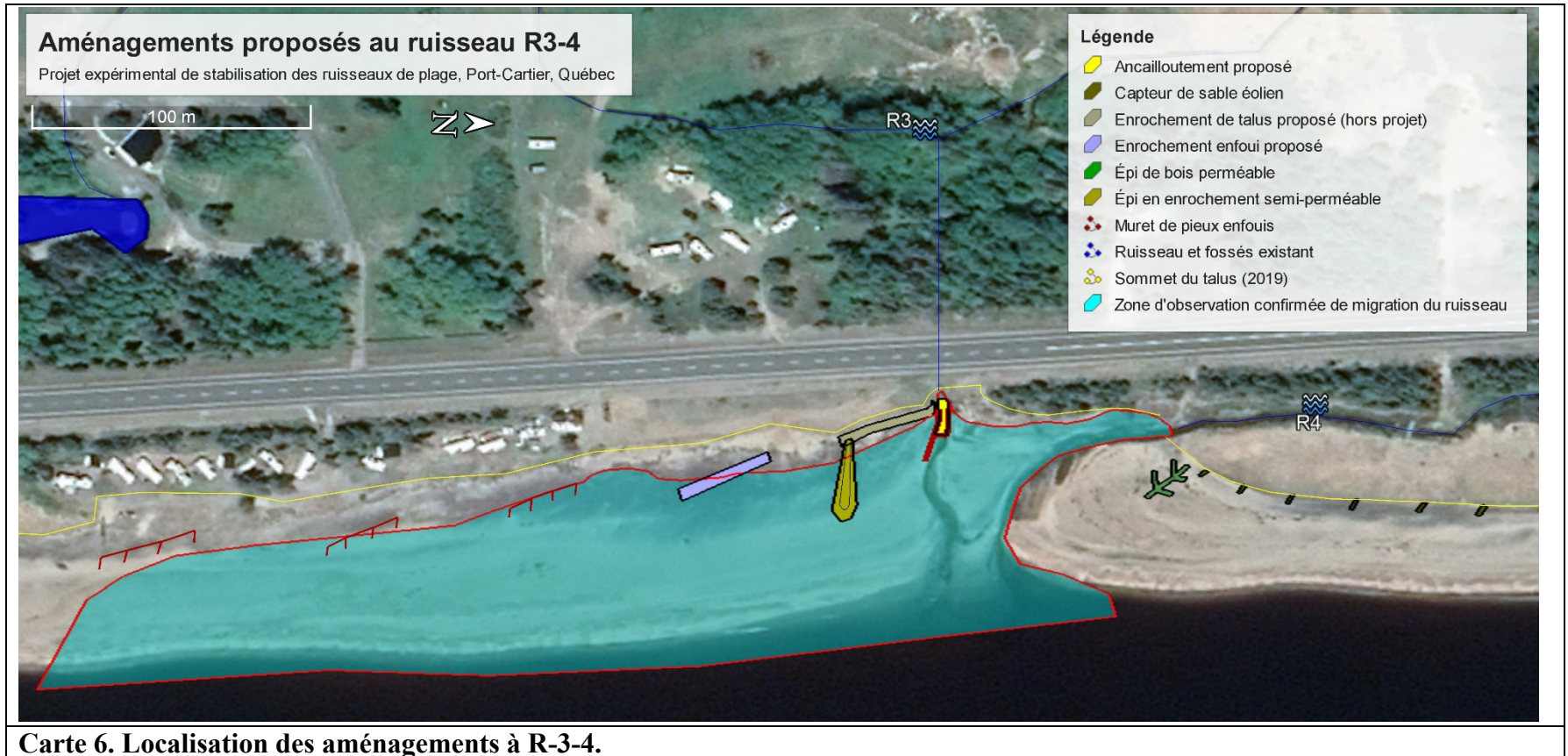
Enfin, il pourra être possible de discuter de la possibilité de réaliser des aménagements pour contrer les effets néfastes d'un ruisseau de plage situé à l'est du site d'étude. Ce site bénéficie actuellement d'un enrochement linéaire qui semble ne pas présenter de clé d'enrochement. Cette déficience pourrait occasionner des problèmes de stabilité à long terme et une intervention sur ce ruisseau pourrait être compatible avec les objectifs du projet.





Carte 5. Localisation des aménagements à R-2.







**Carte 7. Conditions existantes à un ruisseau situé à 1,3 km à l'est de R3-4.**



**Tableau 6. Analyse interactive avec les partenaires - Sélection de solutions de stabilisation par ruisseau de plage.**

No de ruisseau	Aménagements proposés	Quantité prévue	Avantages	Inconvénients	Coût relatif
R1	Enrochement de talus	44 mètres linéaires (ml)	Durable et fiable pour protéger la route	Abaissement de plage Affouillement Compensation nécessaire	Dispendieux
	Encailloutement protégé par des murets de bois	50 m <sup>2</sup>	Contrôle l'érosion verticale et dirige vers le bas de plage	Le substrat peut être érodé si pas assez bien protégé	Moyen à élevé
	Murets de bois de redirection	96 ml sur 3 unités	Stabilise efficacement	À déterminer	Moyen
	Muret en enrochement de redirection enfoui	24 ml	Durabilité si l'usage confirme son efficacité	Utilisation de roches pouvant se disperser sur la plage	Dispendieux
	Épi semi-perméable en enrochement	1 unité de 30 ml (140 m <sup>2</sup> )	Rétention du sable atténuant l'impact du transit sédimentaire sur les ruisseaux de plage	Risque accru de surensablement et d'érosion en aval	Dispendieux
	Épi perméable en bois	1 unité de 15 ml	Rétention du sable atténuant l'impact du transit sédimentaire sur les ruisseaux de plage	Entretien régulier	Faible
	Capteur de sable éolien	4 unités	Permet l'accumulation de sable sur la terrasse d'élyme.	Remplacement régulier	Faible
R2	Caisson de bois végétalisé ou muret de bois semi enfouis	17 ml	Stabilise complètement le talus	Durabilité moyenne à longue selon la méthode	Dispendieux
	Muret en bois de redirection enfoui	43 ml	Voir précédent		

No de ruisseau	Aménagements proposés	Quantité prévue	Avantages	Inconvénients	Coût relatif
R2	Capteur de sable éolien	2 unités	Voir précédent		
	Autre méthode proposée				
R3-4	Enrochement de talus ou caisson végétalisé	37 ml			
	Encailloutement protégé par des murets de bois	45 m <sup>2</sup>			
	Murets de bois de redirection	127 ml sur 3 unités			
	Muret en enrochement de redirection	35 ml			
	Épi semi-perméable en enrochement	1 unité de 28 ml (160 m <sup>2</sup> )			
R3-4	Épi perméable en bois	1 unité de 19 ml			
	Capteur de sable éolien	6 unités			

## 9 Références

Atlas des oiseaux nicheurs du Québec, 2020. Résultats de l'atlas pour les parcelles 19FR30 et 19FR31, <https://www.atlas-oiseaux.qc.ca/donneesqc/datasummaries.jsp?lang=fr> [consulté le 13 novembre 2020]

Bourque, M. et J. Malouin, 2009. Guide d'intervention en matière de conservation et de mise en valeur des habitats littoraux de la MRC de Sept-Rivières. Comité ZIP Côte-Nord du Golfe, ix + 155 p.

Calderón, I., 1996. Caractérisation de la végétation et de la faune ichthyenne de la baie de Sept-Îles. Document réalisé par la Corporation de protection de l'environnement de Sept-Îles, avec l'aide du ministère des Pêches et des Océans dans le cadre du programme « Biodiversité », Mise en valeur des habitats du poisson, Saint-Laurent Vision 2000, 47 p.

Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ), 2020. Liste des espèces fauniques vertébrées suivies au CDPNQ. Site web : <http://www.cdpnq.gouv.qc.ca/>. [Consulté le 13 novembre 2020].

Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ), 2019. Données internes sur les espèces sensibles dans le secteur de Pointe-aux-Anglais. Données fournies au Comité ZIP CNG en 2019.

Comité ZIP Côte-Nord du Golfe, 2008. Une histoire de pêche... La pêche au capelan sur la Côte-Nord de 1831 à nos jours, racontée par les aînés de la Côte-Nord. 61 p.

Comité Zip de la rive nord de l'estuaire. 2003. Guide de construction. Système d'épis pour la restauration de plage. Basé sur le modèle développé par MM Maltais et Savard (SEMS). 29 pages plus 2 annexes.

COSEPAC. 2008. Énoncé de réaction du COSEPAC sur le Hibou des marais (*Asio flammeus*) au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. 1 p.

COSEPAC. 2012. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. xiii + 127 p. ([www.registrelep-sararegistry.gc.ca/default\\_f.cfm](http://www.registrelep-sararegistry.gc.ca/default_f.cfm)).

COSEPAC. 2019. Énoncé de réaction du COSEPAC sur l'Engoulevent d'Amérique (*Chordeiles minor*) au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. 1 p.

ÉPOQ-COCN, 1983-2007. Banque régionale de données ornithologiques ÉPOQ-COCN. Club d'ornithologie de la Côte-Nord.

ISMER et Comité ZIP de la rive nord de l'estuaire. 2002. Analyse de l'efficacité de la méthode de protection du littoral : Système d'épis Maltais-Savard (SEMS). 64 pages plus 2 appendices.

Ministère de l'Environnement et de la lutte contre les changements climatiques (MELCC), 2020. Aires protégées au Québec (version du 31 mars 2020), <https://services-mdelcc.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=8e624ac767b04c0989a9229224b91334> [Consulté le 13 novembre 2020].

Ministère des forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP), 2020. Liste des espèces fauniques menacées ou vulnérables au Québec, <https://mffp.gouv.qc.ca/la-faune/especes/liste-especes-vulnerables/> [Consulté le 13 novembre 2020]

Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF), 2008a. Données internes sur les statistiques de pêche aux salmonidés pour la rivière Pentecôte. Données fournies au Comité ZIP CNG en 2008.

Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF), 2008b. Données internes sur les habitats fauniques reconnus en vertu de la Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune (LSMVF) et inventaires correspondants. Données fournies au Comité ZIP CNG en 2008.

Scott, W. B. et M. G. Scott, 1988. Atlantic fishes of Canada. Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences 219: 731 p.

Normand, I., 2003. Inventaires aériens des aires de concentration d'oiseaux aquatiques de la Côte-Nord en 1999. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de l'aménagement de la faune de la Côte-Nord. 59 pages.

Pêches et Océans Canada (MPO), 2020. Carte des espèces aquatiques en péril, <https://www.dfo-mpo.gc.ca/species-especes/sara-lep/map-carte/index-fra.html> [Consulté le 13 novembre 2020].

Pilote, S., 1989. Avis scientifique sur l'Anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) sur la Côte-Nord du Saint-Laurent. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation. Direction de la recherche scientifique et technique, 30 pages.

UQAR (Corriveau, M., Fraser, C., Caron, T., Bernatchez, P., Buffin-Bélanger, T. Van-Wiersts, S.). 2016. Étude de la dynamique morphosédimentaire des côtes basses sablonneuses en bordure de la route 138 sur la Côte-Nord du Saint-Laurent en contexte de changements climatiques : Rapport final. Projet X016.1. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport remis au ministère des Transports du Québec, mars 2016, 421 p. + annexes.

Thibault, C. et Vázquez Perales, C., 2020. Portrait des frayères de capelan de la Côte-Nord et sélection des sites de restauration et de suivi. Comité ZIP Côte-Nord du Golfe, iii + 52 p. + annexes



## **Annexe 1. Descriptif des ruisseaux R1, R2 et R3-4 selon Bernatchez (2016)**

R1=PEN-D R2=PEN-C R3-4=PEN-B

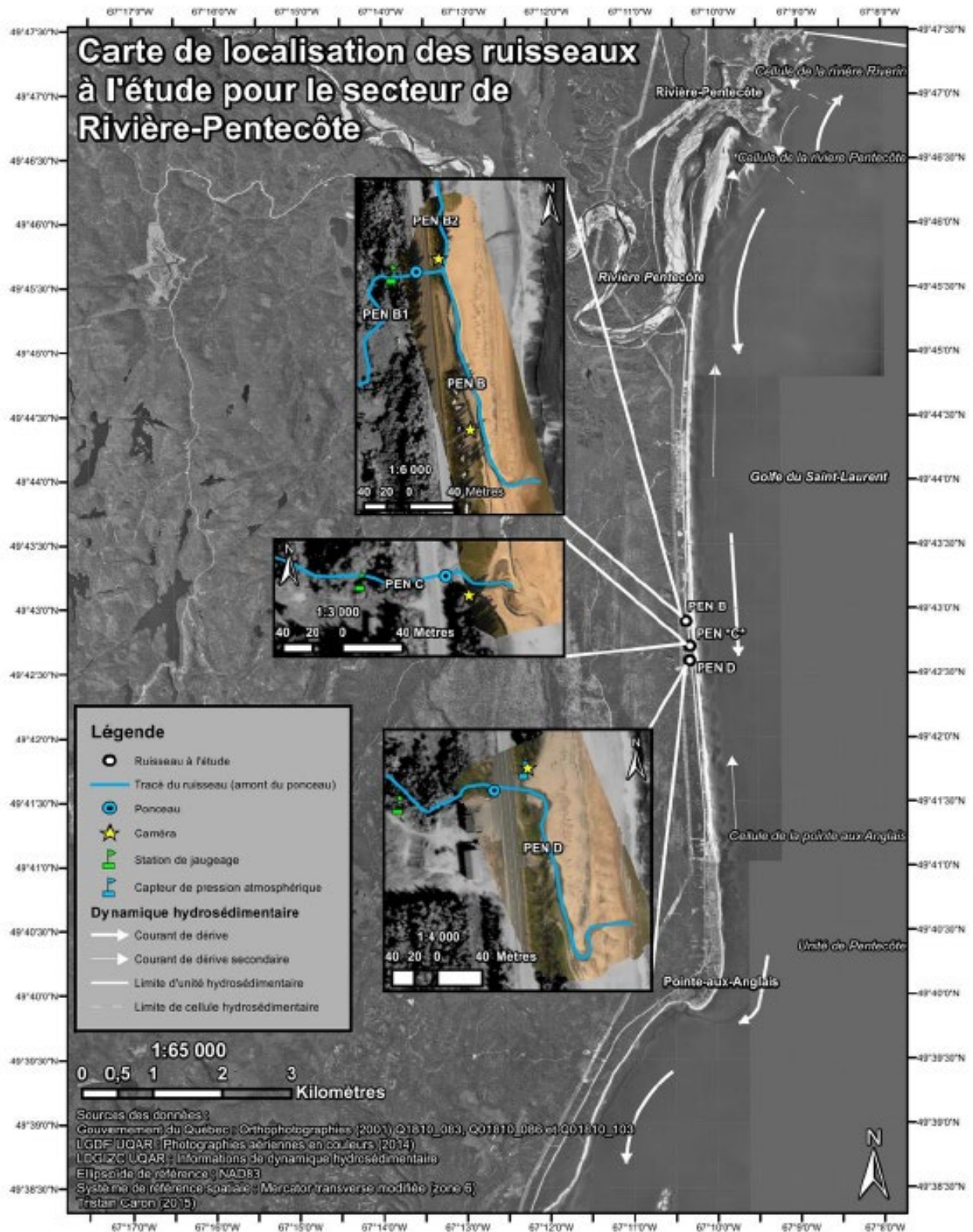
### **2.2.2. Ruisseaux à l'étude**

Pour cette région d'étude, les trois ruisseaux suivis sont : PEN B, PEN C et PEN D. La localisation et le tracé de ces ruisseaux sont présentés sur la carte du secteur (figure 8). Globalement, les berges des ruisseaux forestiers du secteur sont végétalisées et les indices d'érosion sont épars et relativement peu nombreux. Les ruisseaux à l'étude ne sont donc pas une source d'apports sédimentaires d'envergure.

PEN B est le ruisseau le plus au nord suivi au site de Pentecôte. Le ruisseau PEN B résulte de la confluence de deux cours d'eau (PEN B1 et PEN B2) avant de déboucher à la plage. Le premier ruisseau (PEN B1) résulte d'une confluence entre le drain routier (PEN B1-dr) et un ruisseau forestier. Il évolue du côté ouest de la route. Tout de suite après la confluence, le ruisseau PEN B1 emprunte un ponceau routier et rejoint le côté est de la route. Dès lors, il serpente sur l'arrière-plage puis sur la haute plage. Il est ensuite rejoint par le ruisseau PEN B2, un petit ruisseau forestier qui débouche à la côte au droit d'un ponceau routier. À partir de cette confluence, le cours d'eau poursuit son chemin sur la haute plage avant de rejoindre l'estran, puis ultimement, le golfe du Saint-Laurent. Il forme généralement un delta à l'embouchure. Parallèlement à la côte, la position de l'embouchure se situe généralement entre 250 et 415 mètres du second ponceau (ruisseau PEN B2). Ce ruisseau perce toujours la plage dans l'éventail de conditions de débits rencontrées. À plusieurs endroits, principalement sur la plage en aval du second ponceau, le ruisseau est accolé contre la terrasse sableuse et engendre une problématique d'érosion. Des résidents du secteur ont confirmé que ce cours d'eau avait déjà été linéarisé par le propriétaire du camping situé à proximité, mais que les résultats avaient été de courte durée. Ce ruisseau est instrumenté en deux endroits en raison des différents affluents. Des travaux de remblaiement dans un chantier de construction à proximité peuvent expliquer les apports de sédiments dans le drain routier.

Le ruisseau PEN C est beaucoup moins dynamique et présente un débit beaucoup plus faible. À l'exutoire du ponceau, le cours d'eau s'écoule vers l'est, mais ne parvient pas à percer le profil de la plage dans la majorité des conditions de débits observées jusqu'à maintenant. Le ruisseau est coincé derrière la convexité de la plage sableuse, et une partie de l'eau finit par percoler.

PEN D est le ruisseau le plus au sud suivi pour le secteur de Pentecôte. À la sortie du ponceau, le ruisseau coupe rapidement vers le sud, sillonnant la haute plage avant de descendre sur l'estran. Il perce la plage pour rejoindre le golfe à une distance maximale observée de près de 180 mètres au sud du ponceau, longeant parallèlement les talus. Ce ruisseau parvient toujours à faire son chemin sur la plage pour rejoindre le golfe, peu importe les conditions de débits. Il y a quelques années, ce cours d'eau a été linéarisé pour le distancer du talus routier, mais il aurait repris son ancien tracé à peine un an ou deux plus tard. À cet effet, le matériel restant du remblai est encore visible aujourd'hui (figure 9).



**Figure 8. Carte de localisation des ruisseaux à l'étude pour le secteur de Rivière-Pentecôte**



---

Figure 9. Vue vers l'embouchure du chenal PEN D et les vestiges du remblai (crédit photo : Caron, 2013)



Terraformex Canada

400, avenue Atlantic, bureau 600

Outremont, Montréal (Québec) H2V 1A5 Canada

[www.terraformex.ca](http://www.terraformex.ca)