

# Caractérisation biophysique de Notre-Dame-des-Neiges (secteur des Grèves)

---

Rapport final





Les photographies de l'ensemble du document sont une propriété du Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire.



# ÉQUIPE DE RÉALISATION

## **Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire :**

Francis Bonnier Roy, Géomorphologue

Roxanne Noël, Biologiste

Jonathan Pothier, Biologiste

Étienne Bachand, Géomorphologue

Jean-Étienne Joubert, Naturaliste

Marie-Noëlle Juneau, Géomorphologue

Chantal Quintin, Géomorphologue

Philippe Bois, Technicien en écologie appliquée et géomatique

Ce projet a été rendu possible grâce à une contribution du Fonds pour la restauration côtière de Pêches et Océans Canada.

## **Partenaires et collaborateurs**

Pêches et Océans Canada

Ministère de la Faune, des Forêts et des Parcs

Municipalité de Notre-Dame-des-Neiges

Municipalités régionales de comté (MRC) des Basques

Première Nation Malécite de Viger

Solutions Novika

Gabriel Joyal, Université de Moncton

Antoine Morrissette

## **Comité de révision**

Françoise Bruaux, directrice du Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire

# Remerciements

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la collecte de données sur le terrain et à la rédaction ou la révision de ce rapport. Nous tenons à remercier plus particulièrement la MRC des Basques et la municipalité de Notre-Dame-des-Neiges pour leur précieuse collaboration à cette première phase de ce vaste projet de restauration côtière ainsi que les citoyens du secteur des Grèves pour leur partage de connaissances sur le milieu.

Nous remercions également Solutions Novika, Gabriel Joyal et Antoine Morissette pour le développement d'une la plateforme d'acquisition de levés aériens d'imageries et topographiques. Nous remercions chaleureusement Guy Verreault, Anne-Marie Pelletier, Léon L'Italien ainsi que Francis Moore du Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs et Pierre-Marc Chouinard et Claude Nozères de Pêche et Océans Canada pour les bons conseils pour nos inventaires ichtyologiques.

## **CITATION RECOMMANDÉE :**

Bonnier Roy, F., Noël, R., Pothier, J., Juneau, M-N., Joubert, J-É., Quintin, C., Bachand, É., 2018. Caractérisation biophysique de Notre-Dame-des-Neiges (secteur des Grèves). Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire. Rimouski, Québec. 66 p. + annexes.

# Table des matières

Résumé.....	1
Mise en contexte.....	2
Description de l'aire d'étude.....	4
1. Localisation de l'aire d'étude.....	4
2. Contexte glaciaire.....	7
3. Conditions hydrodynamiques.....	8
Vitesse et direction des vents.....	8
Vagues et transport sédimentaire.....	9
Marée.....	9
Glaces.....	10
4. Habitats naturels d'intérêt.....	12
5. Occupation du sol.....	13
Méthodologie.....	15
1. Caractérisation biologique.....	15
Inventaire floristique.....	15
Inventaire ichtyologique.....	16
Inventaire ornithologique.....	18
2. Caractérisation géomorphologique.....	18
Segmentation de la zone côtière.....	19
Évolution historique de la côte.....	21
Levés topographiques et imageries.....	21
Levés topographiques au D-GPS.....	21
Levé d'imagerie aérienne.....	23
Granulométrie.....	24
Caméras de suivi.....	25
Résultats.....	27
1. Caractérisation biologique.....	27
Inventaire floristique.....	27
Inventaire ichtyologique.....	30
Inventaire ornithologique.....	32

2. Caractérisation géomorphologique .....	34
Segmentation de la zone côtière .....	34
Type de côte.....	34
Artificialité.....	38
État de la côte .....	40
Évolution historique de la côte .....	42
Levés topographiques et imageries .....	45
Levés topographiques.....	45
Levé d'imagerie aérienne .....	46
Granulométrie .....	47
Synthèse des résultats .....	48
Conception et aménagement.....	49
1. Présentation générale des travaux.....	49
2. Restauration de l'herbier de zostère marine et du marais .....	50
3. Restauration de la plage : recharge en sédiment et plantation de végétaux .....	52
Préparation du site .....	53
Détails techniques de la recharge sédimentaire .....	53
Équipement .....	56
Estimation des volumes et des couts approximatifs .....	56
Végétalisation de la recharge sédimentaire.....	58
Calendrier des travaux et du suivi.....	59
Conclusion .....	60
Références .....	62
Annexes.....	67

# Liste des figures

Figure 1. Carte de l'emplacement du site de restauration.....	4
Figure 2. Succession d'habitats côtiers devant le 110 rue de la Grève à Notre-Dame-des-Neiges.....	5
Figure 3. Érosion de la terrasse de plage et débris d'asphalte sur le talus.....	5
Figure 4. Carte de la cellule hydrosédimentaire des Grèves (Source : Drejza, 2014)..	6
Figure 5. Bassins versants de la région de Notre-Dame-des-Neiges et Trois-Pistoles.	7
Figure 6. Origine et nature des dépôts de surface du secteur à l'étude et jumelage avec la caractérisation côtière réalisée sur le terrain. Modifié de Veillette et <i>al.</i> , 2017. ....	8
Figure 7. Rose des vents à l'île Rouge (1988-2016) (Environnement CA 2018). ....	9
Figure 8. Données historiques glacielles de l'estuaire du Saint-Laurent entre 1969 et 2016. La couleur est basée selon les anomalies en fonction des données historiques entre 1981 et 2010 (le bleu représente une durée plus longue ainsi qu'un volume plus grand et inversement une durée courte et un volume plus petit pour le rouge). Modifié de : Galbraith et al, 2017.....	11
Figure 9. Différents habitats présents à la zone de restauration projetée. ....	12
Figure 10. Territoires et espèces à statuts particuliers se retrouvant dans l'aire d'étude.....	13
Figure 11. Occupation du sol dans le secteur de la zone de restauration projetée à Notre-Dame-des-Neiges.....	14
Figure 12. Inventaire de l'étendue de l'herbier de zostère marine.....	15
Figure 13. Emplacement de l'inventaire floristique du haut de plage et des rochers. ....	16
Figure 14. Inventaire ichtyologique à l'aide du verveux. ....	16
Figure 15. Emplacement des deux types d'engins de pêche.....	17
Figure 16. Observation d'oiseaux lors d'un inventaire.....	18
Figure 17. Nomenclature des segments d'une terrasse de plage stable.....	20
Figure 18. Localisation des profils topographiques du secteur des Grèves.....	22
Figure 19. Exemple de levé topographique au DGPS Arrow Gold. ....	23
Figure 20. Représentation des composantes principales d'un levé de photographie aérienne par cerf-volant.....	23
Figure 21. Localisation des échantillons granulométriques.....	25
Figure 22. Caméras de suivi à Notre-Dame-des-Neiges.....	26
Figure 23. Herbier de zostère marine.....	27
Figure 24. Ammophile à ligule courte.....	27
Figure 25. Schorre inférieur. ....	28
Figure 26. Zostère marine parmi le marais de spartine. ....	28

Figure 27. Schorre supérieur entre les rochers. ....	28
Figure 28. Habitats naturels d'intérêt pour la restauration à Notre-Dame-des-Neiges. .....	29
Figure 29. Jeune bar rayé. © Comité ZIPSE .....	30
Figure 30. Diversité et quantité de poissons capturés lors de l'inventaire de pêche de septembre 2018.....	31
Figure 31. Taille moyenne des espèces de poissons capturés.....	31
Figure 32. Traquet motteux © Jean-Étienne Joubert.....	32
Figure 33. Habitat de haute plage.....	33
Figure 34. Pluvier et bécasseau semipalmés.....	33
Figure 35. Caractérisation côtière et graphique synthèse (en médaillon) des systèmes côtiers de la cellule hydrosédimentaire des Grèves.....	36
Figure 36. Différents types de côte rencontrés dans la cellule des Grèves. ....	37
Figure 37. Synthèse de l'artificialisation des côtes de la cellule hydrosédimentaire des Grèves.....	39
Figure 38. Synthèse de l'état des côtes de la cellule hydrosédimentaire des Grèves.	41
Figure 39. Évolution historique de la ligne de rivage de la cellule hydrosédimentaire des Grèves à Notre-Dame-des-Neiges.....	43
Figure 40. Distribution de l'erreur relative du modèle numérique d'élévation.....	45
Figure 41. Modèle numérique d'élévation de la plage généré par PhotoScan. ....	46
Figure 42. Perspective en 3D de l'orthophotographie et du modèle numérique d'élévation générés par PhotoScan.....	47
Figure 43. Carte de la restauration des habitats côtiers.....	49
Figure 44. Sites potentiels pour l'extraction de spartine alterniflore et de zostère marine. ....	50
Figure 45. Exemple de zones de végétation éparse.....	51
Figure 46. Morceaux d'asphalte provenant du remblai de la route à enlever du talus d'érosion.....	53
Figure 47. Conception 3D de la recharge sédimentaire prévue sur le modèle numérique d'élévation généré par Agisoft Photoscan. ....	53
Figure 48. Emplacement et conception de la recharge sédimentaire. ....	54
Figure 49. Fuseau granulométrique du matériel MG-56 et des échantillons sédimentaires de la plage. ....	55
Figure 50. Emplacement de la plantation des végétaux sur la recharge sédimentaire. .....	57

# Liste des tableaux

Tableau 1. Données hydrographiques sur le secteur de Notre-Dames-des-Neiges. Toutes ces hauteurs sont en fonction du niveau zéro des cartes (Source : Pêches et Océans Canada). .....	10
Tableau 2. Taux de migration historiques moyens de la cellule hydrosédimentaire des Grèves et de la zone de restauration projetée. ....	44
Tableau 3. Résultats statistiques des échantillons granulométriques de Notre-Dame-des-Neiges.....	47
Tableau 4. Granulométrie MG-56 et CG-14. La colonne de gauche représente le minimum et la colonne de droite le maximum du pourcentage de chaque taille granulométrique nécessaire.....	55
Tableau 5. Estimation des coûts des travaux de recharge sédimentaire.....	57
Tableau 6. Description de la tarification des travaux de végétalisation prévus.....	58
Tableau 7. Calendrier de réalisation des travaux de recharge sédimentaire et des plantations.....	59



# RÉSUMÉ

Le secteur des Grèves à Notre-Dame-des-Neiges possède une grande diversité d'habitats pour la faune aviaire et ichthyenne. La présence combinée d'un herbier de zostère marine, d'un marais maritime et d'une plage sablo-graveleuse en fait un écosystème clé quant à la préservation d'habitats essentiels pour différentes espèces animales et végétales. La présence d'érosion dans le secteur ainsi qu'un remblai sur la plage ont amené l'équipe du Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, en collaboration avec la municipalité de Notre-Dame-des-Neiges, à réaliser une caractérisation de la cellule hydrosédimentaire. L'objectif principal est de déterminer un site potentiel pour la restauration de l'habitat du poisson dans le cadre d'un projet financé par Pêches et Océans Canada. La caractérisation biologique et géomorphologique fut réalisée durant l'été 2018.

La caractérisation du territoire a permis d'obtenir un portrait global et actuel du secteur d'étude à Notre-Dame-des-Neiges. La superficie du marais maritime et de l'herbier de zostère marine fut cartographiée. Malgré la présence de dégradation dans certains secteurs, ceux-ci semblent en bonne santé. Des inventaires de la faune et de la flore ont permis d'avoir une idée des espèces présentes dans ce secteur.

L'analyse de photographies aériennes anciennes et récentes a permis de constater les tendances de l'évolution historique de la ligne de rivage qui ont généré la morphologie actuelle de la côte. Les résultats ont démontré que les berges étaient généralement en légère accrétion (0,13 à 0,3 m/an) depuis les premières photographies disponibles de 1929 jusqu'en 2000. Toutefois, entre les années 2000 et 2015, une érosion généralisée sur une bonne partie du secteur d'étude a été calculée. Le secteur projeté de restauration est d'ailleurs l'un des plus touchés.

Les résultats morphologiques obtenus suite à l'analyse des données des levées de la plateforme d'imagerie SIMBA ainsi que des levés topographiques au D-GPS ont permis de dresser un portrait global de la zone de restauration projetée. Plusieurs caractéristiques telles que la largeur de plage, l'altitude et la position de la ligne de rivage ont été des informations cruciales pour comprendre la dynamique du système et proposer un projet de restauration d'habitat de plage sur mesure. Un modèle numérique d'élévation du secteur a aussi été généré ce qui va permettre de suivre en détail l'évolution des travaux futurs et d'assurer un suivi géomorphologique précis.

Afin de limiter le phénomène d'érosion et d'améliorer la capacité de résilience du milieu, un projet de transplantation dans l'herbier et dans le marais ainsi qu'une recharge sédimentaire et d'une plantation d'espèces indigènes adaptées aux conditions sont prévus pour l'été 2019.

## MISE EN CONTEXTE

Depuis 2011, le Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire (ZIPSE) travaille activement à la restauration d'habitats côtiers, avec les organismes et communautés côtières régionaux. Huit projets de restauration ont déjà été réalisés dans différents types d'habitats côtiers. Ainsi la ZIPSE désire poursuivre ses efforts de restauration d'habitats côtiers sur son territoire afin d'augmenter la capacité de résilience des habitats côtiers à s'adapter aux effets des changements climatiques et aux pressions exercées par les activités humaines.

À l'automne 2017, la ZIPSE a amorcé le projet intitulé : Restauration d'habitats côtiers sur la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent. Financé par le Fonds pour la restauration côtière de Pêches et Océans Canada, le projet d'une durée de cinq ans vise à la restauration de secteurs comportant une diversité d'habitats côtiers clés afin d'augmenter leur résilience face aux changements climatiques. Ce projet vise aussi à atténuer les menaces pesant sur les populations de poissons fourragères typiques de la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent. Plus spécifiquement, le projet a comme objectifs de :

1. Procéder à une caractérisation sommaire des habitats côtiers entre Berthier-sur-Mer et Les Méchins afin de cibler et prioriser les sites nécessitant des actions de restauration côtière à l'échelle du territoire ;
2. Accomplir une caractérisation approfondie (physique et biologique) des sites visés pour la restauration, et ce, afin d'identifier les actions adéquates à entreprendre en fonction des caractéristiques du milieu;
3. Réaliser la restauration des sites;
4. Favoriser et renforcer la capacité des collectivités locales à maintenir et restaurer les habitats aquatiques;
5. Effectuer le suivi des sites restaurés.

Le secteur des Grèves, à Notre-Dame-des-Neiges, fait partie des sites à restaurer dans le cadre de ce présent projet. Ce secteur comprend un écosystème riche puisqu'on y retrouve un environnement diversifié et idéal pour la faune ichthyenne, composé d'une conjonction d'habitats complémentaires, soit un herbier de zostère marine, un schorre inférieur d'un marais maritime ainsi qu'une plage sablo-graveleuse. Plusieurs espèces de poisson, mais également d'oiseaux utilisent ces différents habitats pour se nourrir, se reproduire, grandir et se cacher des prédateurs. La zostère marine est d'ailleurs une phanérogame marine considérée comme une espèce d'importance écologique, créant des conditions propices à la biodiversité et à la productivité (Martel *et al.*, 2009). Les herbiers de zostère marine sont utilisés comme pouponnière et aire d'élevage chez un grand nombre d'espèces de poissons (Hemminga et Duarte, 2000; Jackson *et al.*, 2001; Lazzari *et al.*, 2003; Martel *et al.*, 2009). Or ces habitats subissent des impacts associés

aux effets des changements climatiques et aux pressions exercées par les activités humaines.

La première étape du projet de restauration côtière du secteur des Grèves à Notre-Dame-des-Neiges est de réaliser une caractérisation biophysique du milieu côtier. Cette étape est cruciale afin d'identifier les actions adéquates à entreprendre en fonction des caractéristiques du milieu. Les caractéristiques du milieu se déclinent en deux volets :

1. Caractérisation biologique par un inventaire ichtyologique, floristique et ornithologique ;
2. Caractérisation géomorphologique par l'évolution historique de la côte grâce à la photo-interprétation, la caractérisation de la côte, des analyses granulométriques ainsi que des relevés topographiques à l'aide d'une plateforme aérienne.

Cette première étape mènera aux travaux de restauration qui s'effectueront à l'été 2019. Un suivi des travaux sera par la suite réalisé pour les 3 prochaines années.

# DESCRIPTION DE L'AIRE D'ÉTUDE

## 1. Localisation de l'aire d'étude

La municipalité de Notre-Dame-des-Neiges se retrouve dans la MRC des Basques dans la région du Bas-Saint-Laurent (figure 1). Celle-ci est adjacente à la ville de Trois-Pistoles. La Rivière des Trois Pistoles s'écoule dans le fleuve Saint-Laurent à son extrémité ouest.

L'aire d'étude se situe sur la frange côtière de 5 483 m entre le quai de la Rivière des Trois Pistoles (ouest) et le quai de Trois-Pistoles (est) (tiret pointillé rouge dans la carte ci-dessous). Elle prend en considération toute la zone intertidale (zone de battement des marées) afin d'y inclure l'ensemble des habitats naturels côtiers soit la plage, le marais maritime et la zosteraie. De plus, le secteur est zoné urbain (annexe 1).

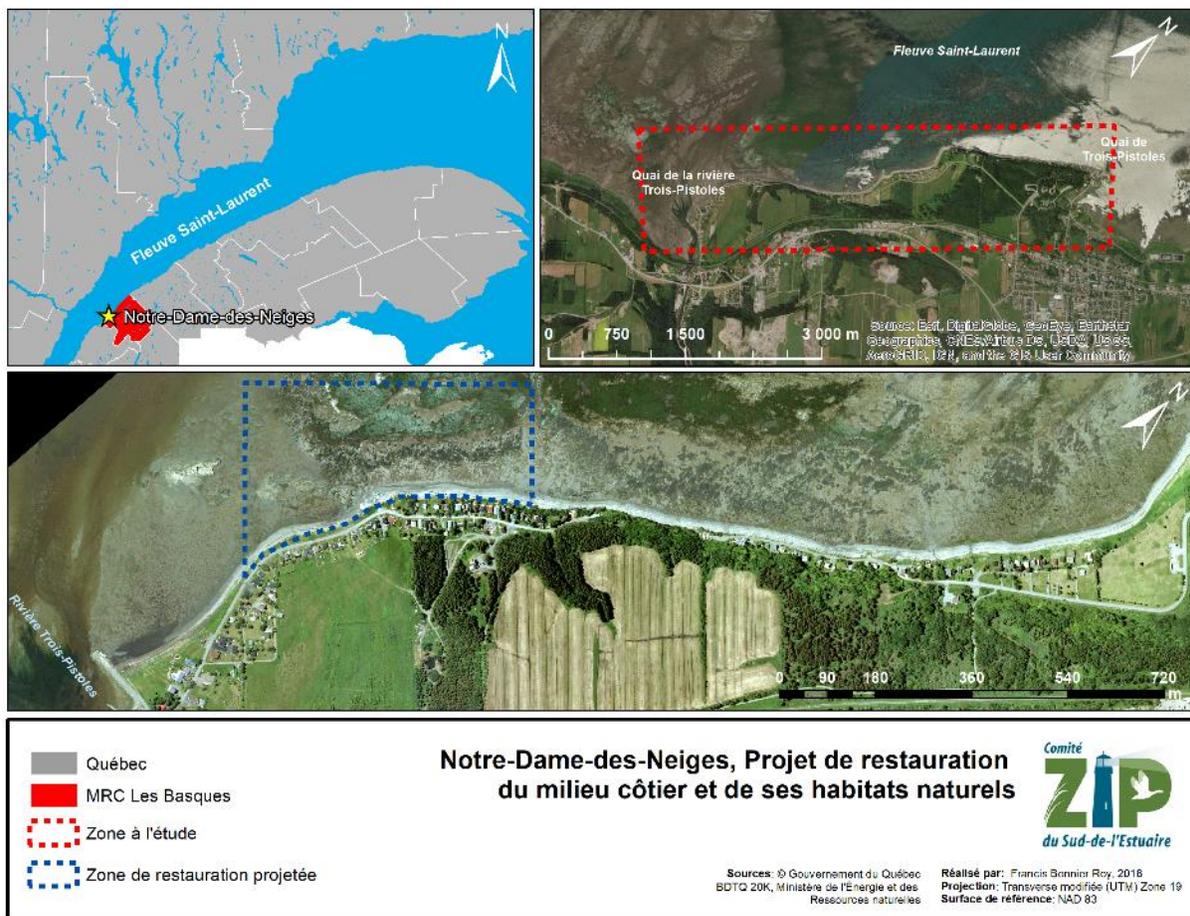


Figure 1. Carte de l'emplacement du site de restauration.

Le site d'intérêt pour la restauration totalise 580 mètres de longueur (figure 2). Ce secteur contient une succession d'habitats côtiers (plage, marais, herbier de zostère marine).



**Figure 2.** Succession d'habitats côtiers devant le 110 rue de la Grève à Notre-Dame-des-Neiges.

Ces habitats montrent des signes de dégradation notamment la présence de processus d'érosion et des débris d'asphalte sur la plage issus d'un remblai (comm. Perso. MRC des Basques), vestige d'une partie du « chemin du Roy » à l'époque de la colonisation (figure 3). Ce secteur sera décrit en détail dans la partie recommandation.

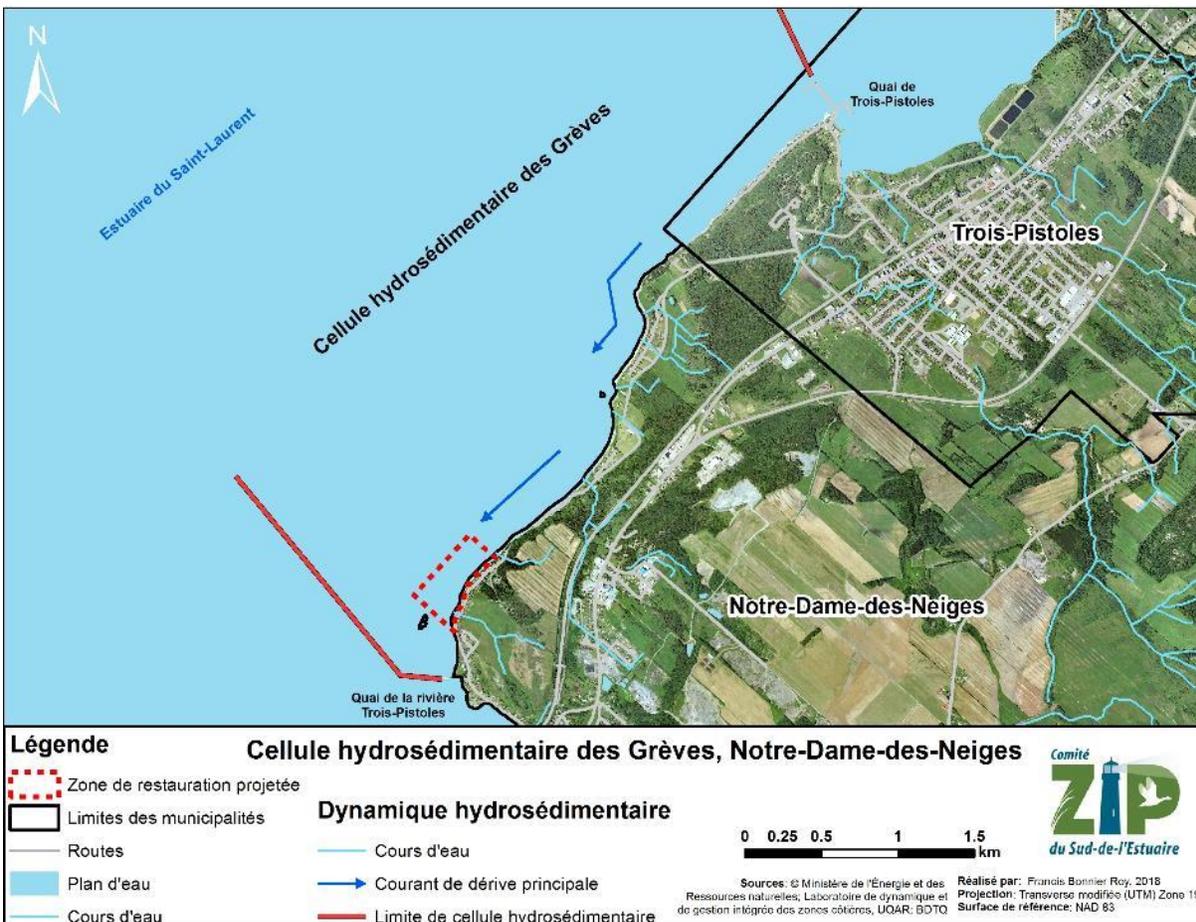


**Figure 3.** Érosion de la terrasse de plage et débris d'asphalte sur le talus.

Le secteur à l'étude appartient à la cellule hydrosédimentaire des Grèves et plus largement à l'unité hydrosédimentaire de la rade de l'île Verte (figure 4) (Drejza *et al.*, 2014). La cellule des Grèves, qui fait l'objet de la caractérisation géomorphologique, s'étend des barrières naturelles et artificielles que sont l'embouchure de la Rivière des Trois Pistoles à l'ouest, jusqu'au quai de Trois-Pistoles à l'est, pour un total de 5,5 km de linéaire côtier. Le courant de dérive littorale principal à l'intérieur de cette cellule se fait en direction nord-est vers le sud-ouest. Une cellule hydrosédimentaire est une entité géomorphologique dans laquelle les sédiments de plage migrent à l'intérieur de celle-ci

latéralement, mais peuvent aussi être exclus en étant transportés vers le large lors d'événements de tempête ou par les glaces flottantes à la dérive au printemps.

À l'intérieur de la cellule des Grèves, le processus d'érosion naturelle du littoral semble être la principale source sédimentaire à l'origine de la formation de la plage. De plus, la proximité de l'embouchure de la Rivière des Trois Pistoles semble aussi être une source importante de sédiments. Dans la cellule hydrosédimentaire des Grèves, 70,6 % (3 838 m) de la côte se retrouve dans la municipalité de Notre-Dame-des-Neiges et 29,4 % (1 595 m) dans celle de Trois-Pistoles.



**Figure 4.** Carte de la cellule hydrosédimentaire des Grèves (Source : Drejza, 2014).

Dans la région de Trois-Pistoles et Notre-Dame-des-Neiges, plusieurs bassins versants déversent leurs eaux jusque dans l'estuaire du Saint-Laurent comme celui du bassin des Trois-Pistoles (rouge sur la carte de la figure 5). Toutefois, dans la zone de restauration projetée, c'est plutôt un bassin versant résiduel qui se trouve dans le secteur avec quelques cours d'eau de moins grande importance. De plus, la dénomination résiduelle indique qu'aucun organisme de bassin versant ne gère ce dernier.

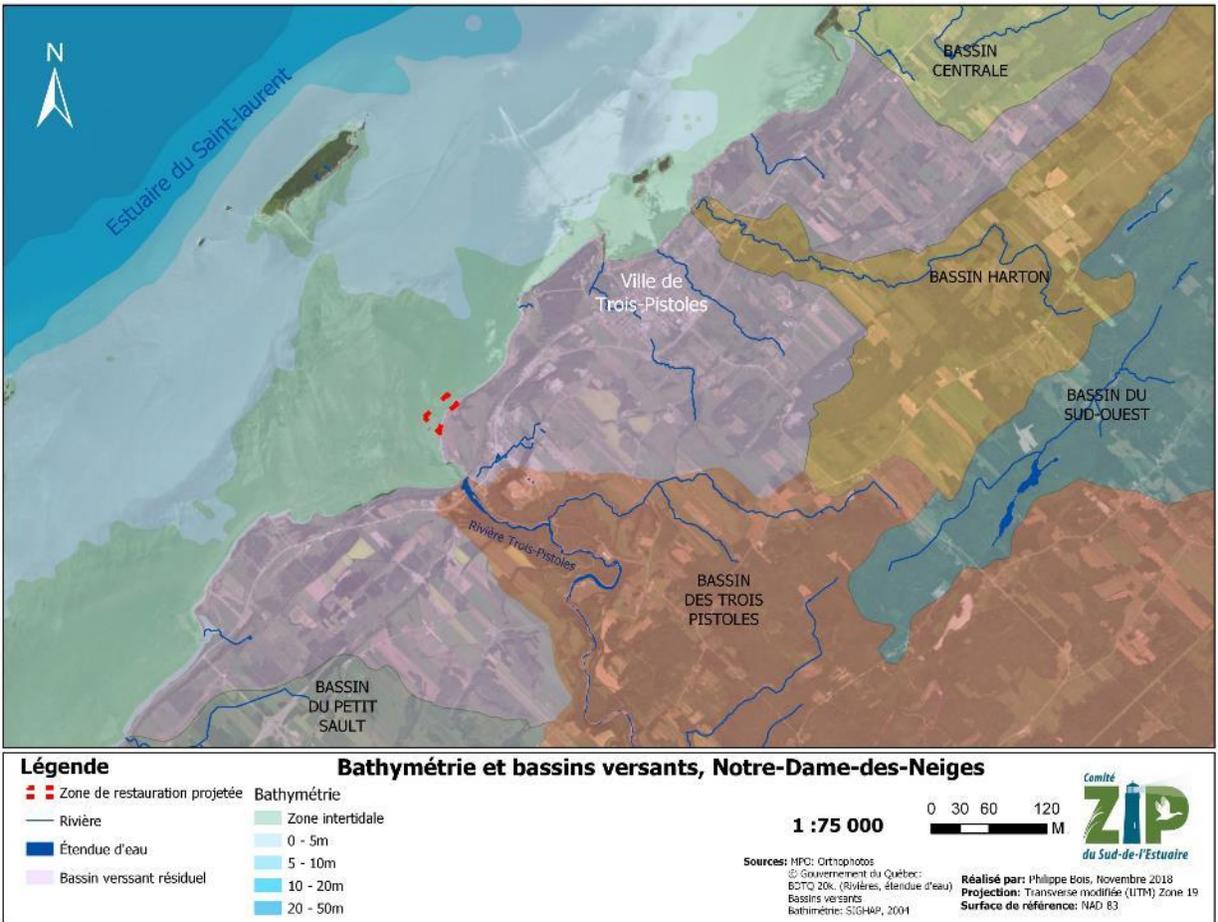
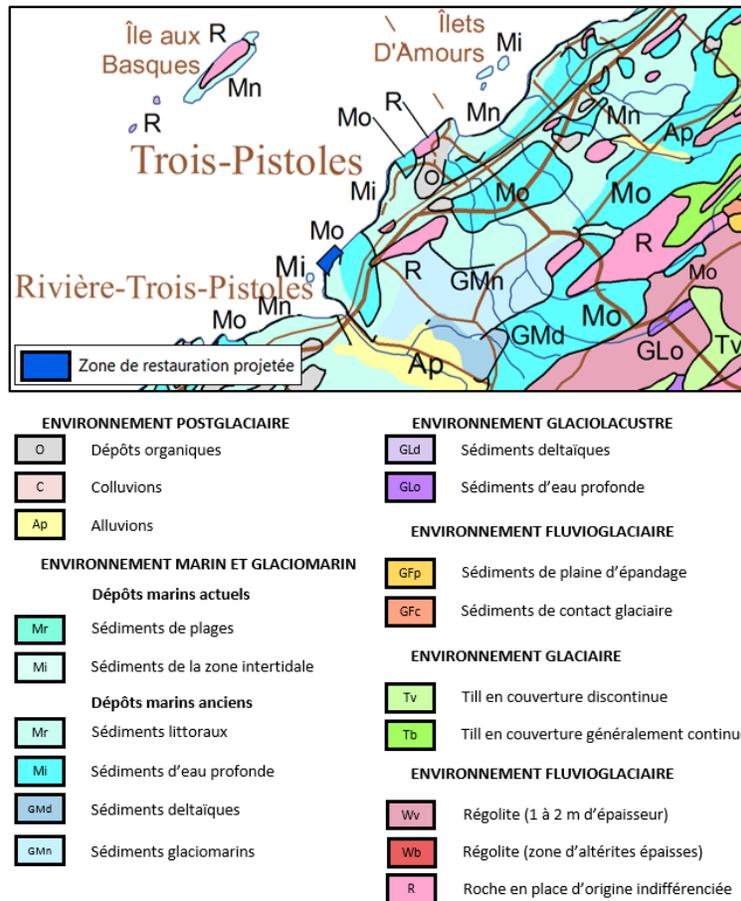


Figure 5. Bassins versants de la région de Notre-Dame-des-Neiges et Trois-Pistoles.

## 2. Contexte glaciaire

Le paysage côtier du secteur à l'étude a été façonné suite au dernier épisode glaciaire. Sur la côte, on observe une basse terrasse de nature meuble intercalée d'affleurements rocheux. Ces affleurements rocheux sont qualifiés de rocs sédimentaires et sont largement représentés par les schistes et les conglomérats (Veillette et *al.* 2017). La basse terrasse accueillant la route et le développement résidentiel et de villégiature est d'origine marine. En effet, ce replat correspond à la terrasse de Mitis, c'est-à-dire un ancien fond marin alors que le niveau de l'eau était supérieur à l'actuel. Cette basse terrasse possède une altitude moyenne de 5-6 m (Dionne, 1990). Le matériel constituant cette terrasse a été prélevé à même l'immense complexe deltaïque de la Rivière des Trois Pistoles dont l'altitude est située entre 105 et 150 m. La figure 6 expose la nature des dépôts de surface composant de cette terrasse, soit des sédiments tantôt d'origine littorale (Mn), intertidale (Mi) ou encore de « offshore » (Mo) (Veillette et *al.* 2017).



**Figure 6.** Origine et nature des dépôts de surface du secteur à l'étude et jumelage avec la caractérisation côtière réalisée sur le terrain. Modifié de Veillette et *al.*, 2017.

### 3. Conditions hydrodynamiques

#### Vitesse et direction des vents

La figure 7 présente la vitesse du vent (km/h) selon la direction sur une rose des vents d'après les enregistrements faits sur l'île Rouge entre 1988 et 2016. Cette île, en face de l'embouchure du fjord du Saguenay, est située à 25 km à l'ouest de l'aire d'étude. La plupart des vents de forte intensité proviennent du nord-ouest, sud-ouest et nord-est. Puisque l'orientation du secteur visé pour les travaux est nord-ouest, cela rend la côte vulnérable aux vagues de tempêtes provenant de cette direction. L'île aux Pommes et l'île aux Basques sont toutefois situées à moins de 8 km au large limitant ainsi le fetch<sup>1</sup>, qui serait sans celles-ci d'environ 30 km au nord-ouest. Un petit cran rocheux appelé Rocher Basile peut aussi faire office d'obstacle aux vagues qui viennent déferler sur les plages du secteur.

<sup>1</sup> Distance sur laquelle le vent peut souffler sans rencontrer d'obstacle sur un plan d'eau.

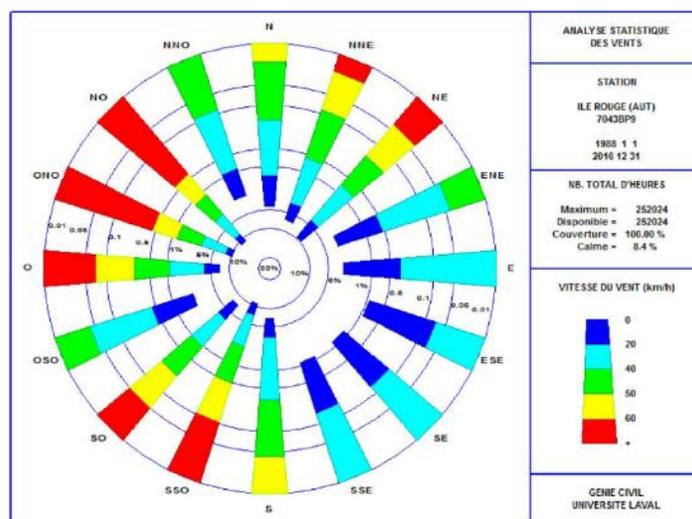


Figure 7. Rose des vents à l'île Rouge (1988-2016) (Environnement CA 2018).

### Vagues et transport sédimentaire

Par le balancement de la marée, l'action des vagues se trouve dispersée dans l'ensemble de la zone intertidale qui est très large (jusqu'à 5 km de largeur) à cet endroit avec une pente très faible, soit de 3 à 5 mètres par kilomètre (Morin, 1981). Cela a pour conséquence de brasser les sédiments au lieu de les trier par l'action des vagues, ce qui explique en partie le mauvais triage sédimentaire. En ce qui concerne la capacité de transport des vagues, Drapeau et Morin (1981) avaient démontré que dans la région de Trois-Pistoles, rarement les vagues déplaçaient des éléments dont la taille granulométrique était plus grosse que 10 mm. Ils avaient démontré aussi que c'étaient les vagues de longues longueurs d'onde (6, 7 ou 8 secondes) avec des hauteurs dépassant un mètre qui étaient les plus efficaces pour mobiliser les sédiments sur l'estran. Ainsi, ils sont déplacés essentiellement par les vagues de tempêtes déferlant sur le fond à marée montante (Dionne, 1993). Pour les plus gros cailloux, c'est plutôt l'action des glaces avec celle de la marée qui joue un rôle prépondérant sur la mobilité sédimentaire.

### Marée

Le tableau 1 contient les données hydrographiques pour le port de Trois-Pistoles. Ces données sont utiles pour dimensionner et prévoir les travaux de restauration côtière. La station se trouve à 4 360 m à l'est du site. Ce secteur est soumis à un cycle de marée de type semi-diurne, dont le marnage varie entre une amplitude de 3,3 m en période de marée moyenne, à 5,0 m lors de grandes marées. La hauteur maximale atteinte par la colonne d'eau lors des pleines mers supérieures de grandes marées est de 4,9 m au-dessus du zéro des cartes.

**Tableau 1.** Données hydrographiques sur le secteur de Notre-Dames-des-Neiges. Toutes ces hauteurs sont en fonction du niveau zéro des cartes <sup>2</sup>(Source : Pêches et Océans Canada).

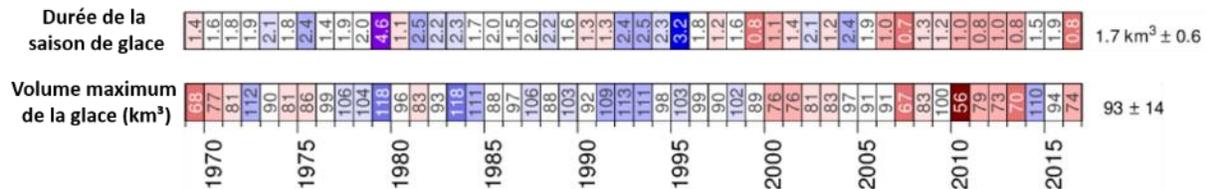
<b>Localité</b>	Notre-Dame-des-Neiges		
<b>Port de référence</b>	Trois-Pistoles		
<b>Station</b>	3005		
<b>Type de marée</b>	Semi-diurne		
<b>Marnage</b>	Marée moyenne		3,3 m
	Grande marée		5,0 m
<b>Hauteur</b>	Pleine mer supérieure	Marée moyenne	4,0 m
		Grande marée	4,9 m
	Basse mer inférieure	Marée moyenne	0,7 m
		Grande marée	0,0 m
<b>Extrêmes enregistrés</b>	Extrême de pleine mer		-
	Extrême de basse mer		-
<b>Niveau moyen des mers</b>	2,3 m		

## Glaces

Historiquement, la glace située sur la frange littorale, nommée pied de glace, mesure dans la région de Trois-Pistoles entre 1 000 à 2 000 m de largeur (Dionne, 1973). Elle se développe selon différents paramètres tels que la thermodynamique, l'exposition de la côte aux vents et la géomorphologie du littoral (Senneville et al., 2013). Sa période s'étendant sur approximativement cent jours (Drapeau et al. 1981) entre décembre et début avril. Toutefois, les changements climatiques affecteront le nombre de jours où ce dernier sera présent tout en augmentant le nombre de jours où il est fragmenté dans l'horizon 2040-2070 (Senneville et al., 2013). Ces mêmes auteurs mentionnent qu'un recul du front du pied de glace signifie une érosion accentuée sur la plage puisque les vagues qui se reflètent sur cet escarpement ont pour effet de favoriser les processus d'affouillement à la base et génèrent un abaissement de l'estran à cet endroit.

<sup>2</sup> Le zéro des cartes (ou zéro hydrographique) correspond au niveau atteint par les plus basses mers. Le zéro géodésique correspond environ au niveau moyen des mers, soit 2,3 m d'altitude dans la région de Trois-Pistoles.

Sur la figure 8, les données historiques glacielles de l'estuaire du Saint-Laurent présentent la durée de la saison de glace ainsi que le volume maximum de glace entre 1969 et 2016. La tendance des quinze dernières années montre des saisons plus courtes et moins de surface englacée. Les auteurs mentionnent qu'il existe une forte corrélation entre la température de l'air et la durée de la saison glacielle et que durant certaines saisons, « l'englacement de l'estran n'a tout simplement pas mené à la formation d'un pied de glace complet » (Galbraith et al, 2017).



**Figure 8.** Données historiques glacielles de l'estuaire du Saint-Laurent entre 1969 et 2016. La couleur est basée selon les anomalies en fonction des données historiques entre 1981 et 2010 (le bleu représente une durée plus longue ainsi qu'un volume plus grand et inversement une durée courte et un volume plus petit pour le rouge). Modifié de : Galbraith et al, 2017.

Lors du dégel, les glaces flottantes constituent un des principaux agents sédimentologiques dans les zones littorales (Dionne, 1973). Le transport, l'érosion et la sédimentation glaciels sont des facteurs géomorphologiques importants dans la région de Trois-Pistoles. Contrairement aux vagues de la région de Trois-Pistoles, ce sont uniquement les glaces qui ont la capacité de transporter les cailloux excédant 10 cm (Dionne, 1993).

#### 4. Habitats naturels d'intérêt

En 2009, selon les estimations de Pêches et Océans Canada, l'herbier de zostère à Notre-Dame-des-Neiges avait une superficie d'environ 139 ha (Martel *et al.*, 2009).

Autrefois, la Rivière des Trois Pistoles, à Notre-Dame-des-Neiges, abritait une frayère à éperlan arc-en-ciel de la population de la rive sud de l'estuaire, espèce vulnérable selon le gouvernement du Québec (Équipe de rétablissement de l'éperlan arc-en-ciel du Québec, 2008). Cette frayère a malheureusement cessé d'être utilisée par les poissons aux environs de 1990 (Bourassa, 2005). Dans le nouveau plan de rétablissement de cette espèce, l'équipe fera aux deux ans une évaluation du potentiel de fraie à l'embouchure de la rivière, là où se trouvait l'ancienne frayère (Plan de rétablissement de l'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*) au Québec, population du sud de l'estuaire du Saint-Laurent 2018-2027).

L'aire d'étude comprend une riche diversité d'habitats naturels dont un herbier de zostère marine, un marais à spartine alterniflore ainsi qu'une plage (figure 9).

La diversité d'habitats favorise la présence de nombreuses espèces de poisson tels que l'anguille d'Amérique qui utilise la Rivière des Trois Pistoles, le capelan qui peut utiliser les plages gravo-sableuse pendant la fraie ou encore la présence d'éperlan arc-en-ciel juvénile qui se concentre dans l'herbier de zostère marine (figure 10).

La diversité d'habitats attire aussi une grande diversité d'oiseaux. Le secteur à l'étude se retrouve dans une aire de concentration d'oiseaux aquatiques et vis-à-vis d'un refuge



**Figure 9.** Différents habitats présents à la zone de restauration projetée.

d'oiseaux migrateurs (île aux Basques). À proximité, on peut aussi retrouver des oiseaux plus rares tels que le hibou des marais (île aux Basques) et le bruant de Nelson. Au sud de l'estuaire du Saint-Laurent, le bruant de Nelson niche essentiellement en zone intertidale. Il fréquente alors les marais saumâtres et salés dominés par les spartines pectinée et étalée. Il est parfois aussi retrouvé nicheur dans les champs agricoles adjacents aux marais côtiers (Gouvernement du Canada 2014 ; Rompré, G 1998).

Le secteur comprend également une petite population de mye commune (60 ha) s'étendant à l'est de l'embouchure de la Rivière des Trois Pistoles (Giguère 2007), ce site coquiller n'est pas permis à la cueillette selon Pêches et Océans Canada.

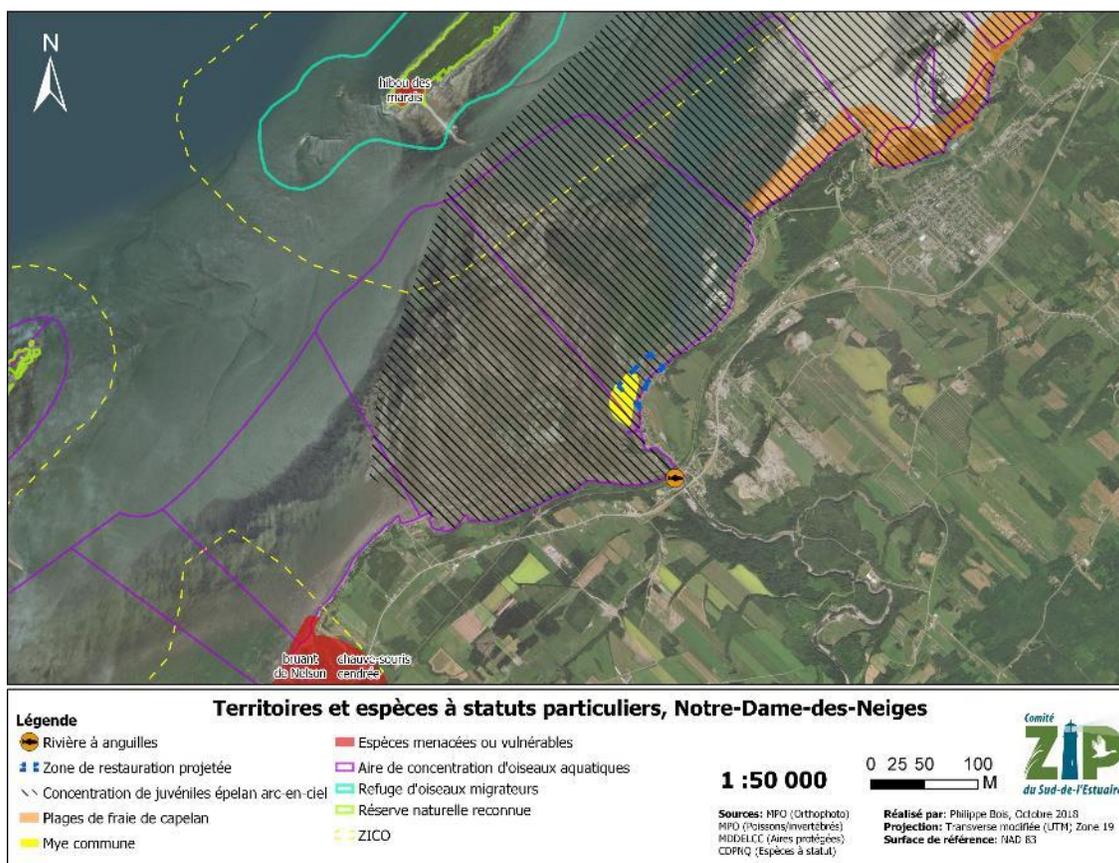
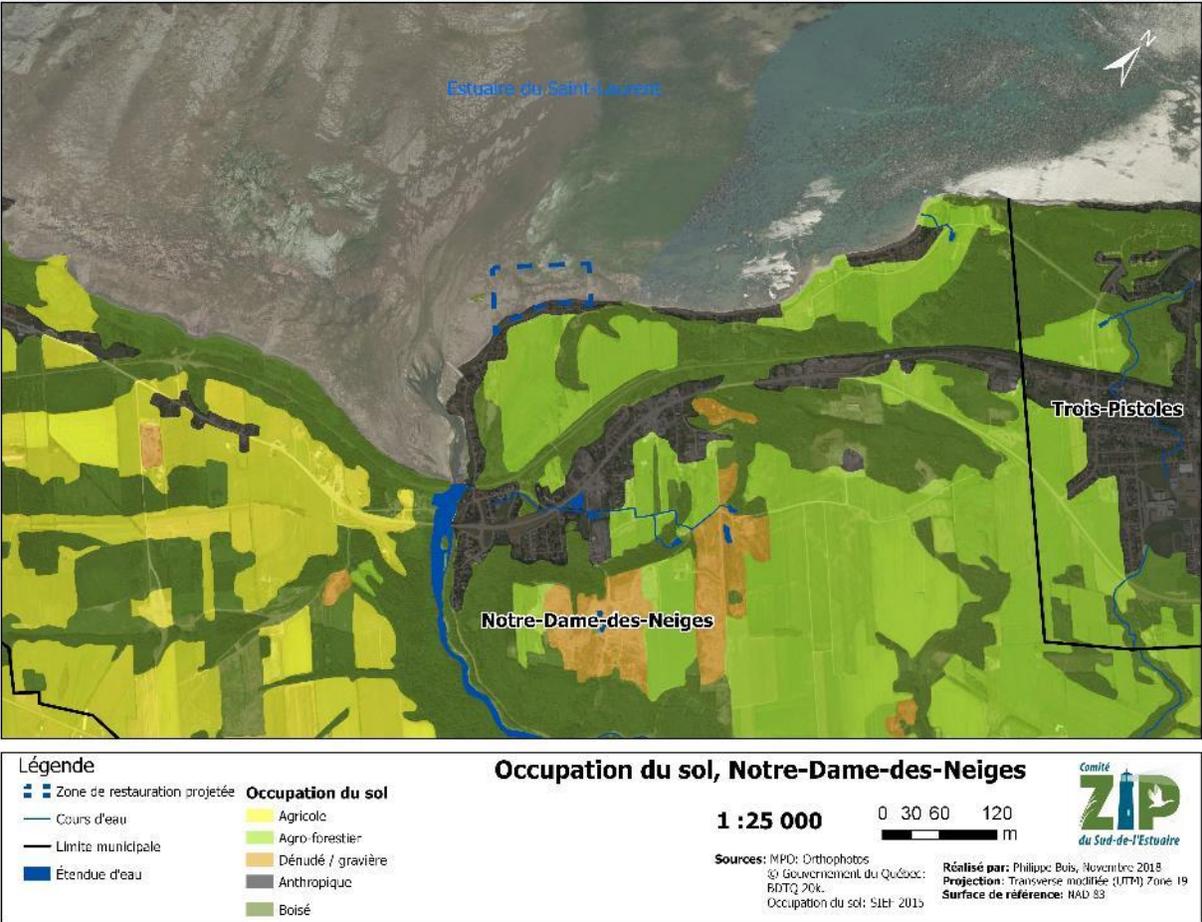


Figure 10. Territoires et espèces à statuts particuliers se retrouvant dans l'aire d'étude.

## 5. Occupation du sol

Le territoire de la municipalité de Notre-Dame-des-Neiges est principalement agroforestier et boisé. Une moins grande superficie est anthropisée le long de la route 132 et de la frange littorale (figure 11). Il existe une diversité de résidences saisonnières et permanentes sur le littoral du secteur des Grèves. L'Isle-aux-Basques situé au large de la zone de restauration projetée est une île protégée et gérée par la Société Provencher d'histoire naturelle et est un sanctuaire pour les oiseaux migrateurs qui attire de nombreux visiteurs (MRC des Basques, 1987). La municipalité de Notre-Dame-des-Neiges possède

aussi un terrain récréatif à la grève Morency, offrant un accès au fleuve à la population et aux visiteurs (Municipalité de Notre-Dame-des-Neiges, 2017).



**Figure 11.** Occupation du sol dans le secteur de la zone de restauration projetée à Notre-Dame-des-Neiges.

# MÉTHODOLOGIE

La caractérisation du secteur des Grèves et des environs se divise en deux volets, biologique et géomorphologique. La caractérisation biologique comprend trois inventaires, botanique, ornithologique et ichtyologique. La caractérisation géomorphologique comprend une segmentation de la zone côtière, une analyse historique de l'évolution de la côte, des levés topographiques et des analyses granulométriques.

## 1. Caractérisation biologique

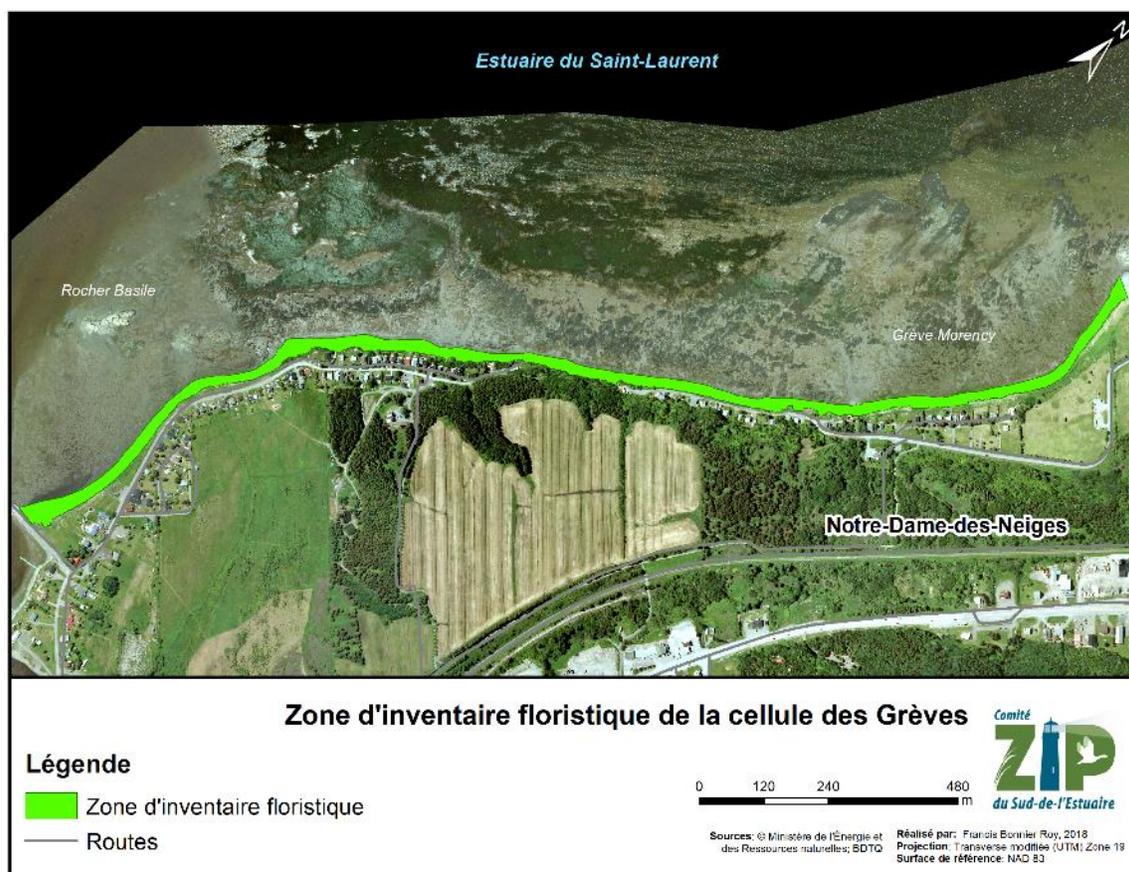
Afin de connaître les bénéfices qu'apporteront les travaux de restauration à la végétation et la faune, il est primordial de bien connaître l'état des populations des espèces végétales, ichtyennes et aviaires, déjà présentes sur le site. C'est pourquoi des inventaires seront réalisés l'année précédant la restauration des habitats, soit à l'automne 2018.

### Inventaire floristique

L'inventaire floristique visait à déterminer les différentes communautés végétales présentes dans le secteur des Grèves, particulièrement au niveau du secteur de la plage, de l'herbier de zostère marine et du marais salé qui sera restauré (figure 12). L'identification des communautés végétales permettra également de valider la position du trait de côte et de la ligne de rivage (Gratton *et al.* 2007) réalisée lors des travaux de caractérisation, ainsi que par photo-interprétation. L'inventaire floristique fut réalisé le 10 et 11 septembre 2018. Le tronçon de la cellule hydrosédimentaire du secteur des Grèves fut marché et ainsi les différentes communautés végétales se retrouvant sur le haut de plage et dans les rochers de ce secteur furent identifiées, à l'espèce lorsque possible (figure 13). L'inventaire floristique inclut aussi une visite du marais ainsi que de l'herbier de zostère marine afin de déterminer leurs superficies respectives, superficies continues et discontinues pour les deux types d'habitats.



**Figure 12.** Inventaire de l'étendue de l'herbier de zostère marine.



**Figure 13.** Emplacement de l'inventaire floristique du haut de plage et des rochers.

### Inventaire ichthyologique

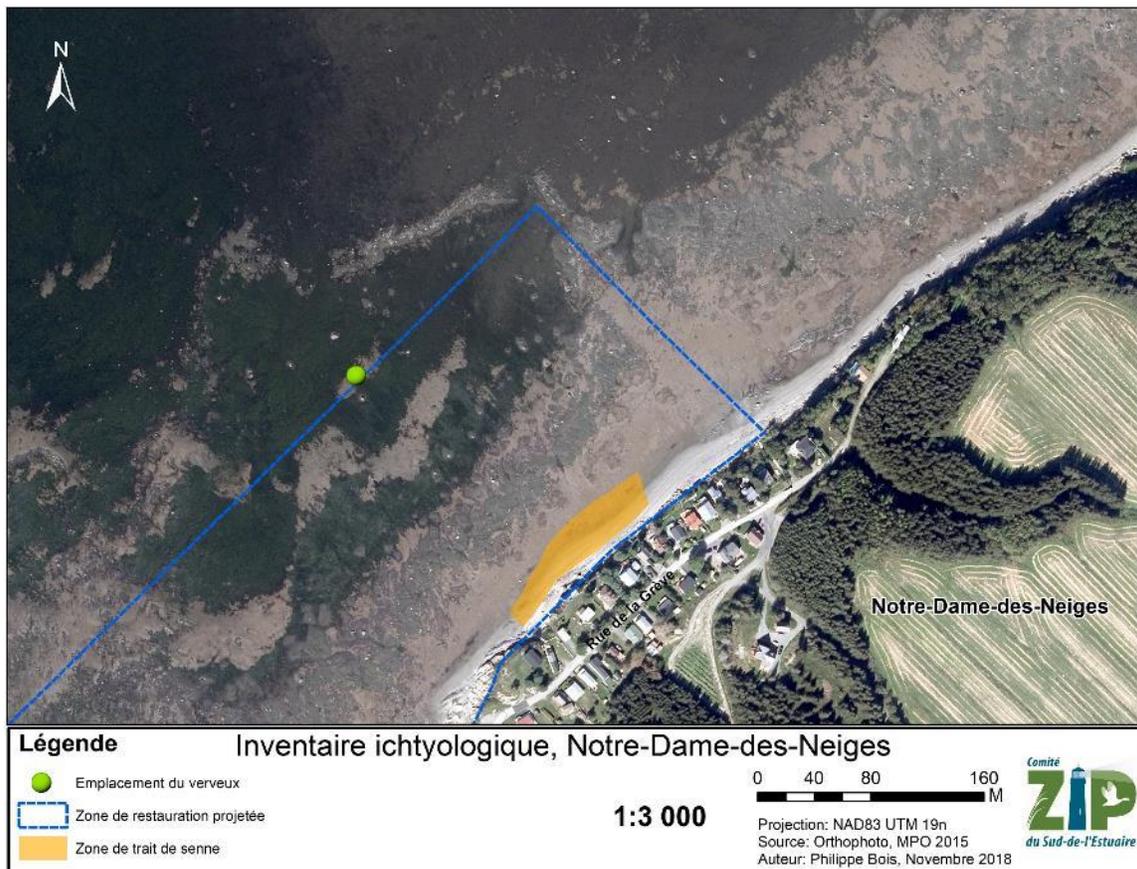
Pendant l'inventaire ichthyologique, deux types d'engins de pêche ont été utilisés. Premièrement, un verveux a été installé pour une période couvrant trois cycles de marée. Une visite de celui-ci, à chaque marée basse, a été faite afin d'identifier, dénombrer et mesurer (trente individus par espèce) directement in situ les poissons capturés (figure 14). Il y a eu également trois sessions de traits



**Figure 14.** Inventaire ichthyologique à l'aide du verveux.

de senne qui ont aussi été réalisées entre chaque visite du verveux (figure 15). Tout comme pour le verveux, tous les poissons capturés ont été identifiés, dénombrés et mesurés (trente par espèce) in situ. Afin de pouvoir réaliser l'inventaire ichthyologique, deux demandes de permis ont été faites. Un permis Scientifique,

Éducation et Gestion (permis SEG) a été demandé auprès du Ministère de la Faune, des Forêts et des Parcs (MFFP). Un permis de pêche scientifique fut également demandé, cette fois auprès du Ministère Pêche et Océans Canada. La campagne de terrain fut réalisée du 5 au 7 septembre 2018. Cette période de l'année fut favorisée puisque les juvéniles des espèces de poissons se retrouvant dans le Saint-Laurent sont de plus grandes tailles, donc plus faciles à identifier avec moins de chance de les blesser. Pour plus d'information concernant les méthodes utilisées lors de l'inventaire ichtyologique, veuillez consulter le document « Protocole d'échantillonnage ichtyologique 2018-2022 » (Noël et coll., 2018).



**Figure 15.** Emplacement des deux types d'engins de pêche.

## **Inventaire ornithologique**

L'inventaire ornithologique visait à connaître les espèces d'oiseaux présentes dans le secteur à l'étude. Un inventaire ornithologique non exhaustif a donc été réalisé le lundi 10 septembre en après-midi ainsi que pendant la journée du mardi 11 septembre 2018 (figure 16).

Pendant cette période de l'année, un grand nombre d'oiseaux sont en mouvement migratoire, ceci permet d'avoir une image plus globale des espèces présentes sur le site (Larivée 1993 ; Cyr et Larivée 1995 ; David 1996). De plus, les données prises lors de cet inventaire seront combinées avec celles du professeur Yves Turcotte du Cégep de La Pocatière ainsi que celles d'Ebird.



**Figure 16.** Observation d'oiseaux lors d'un inventaire.

La méthode qui fut utilisée consiste à faire un dénombrement et une identification visuelle par espèce, à l'aide d'une lunette terrestre (téléscope) et de binoculaires (jumelles). Les oiseaux en survol, au repos et en alimentation furent inventoriés. Les différents habitats littoraux du secteur furent marchés au même moment que la réalisation de l'inventaire floristique.

## **2. Caractérisation géomorphologique**

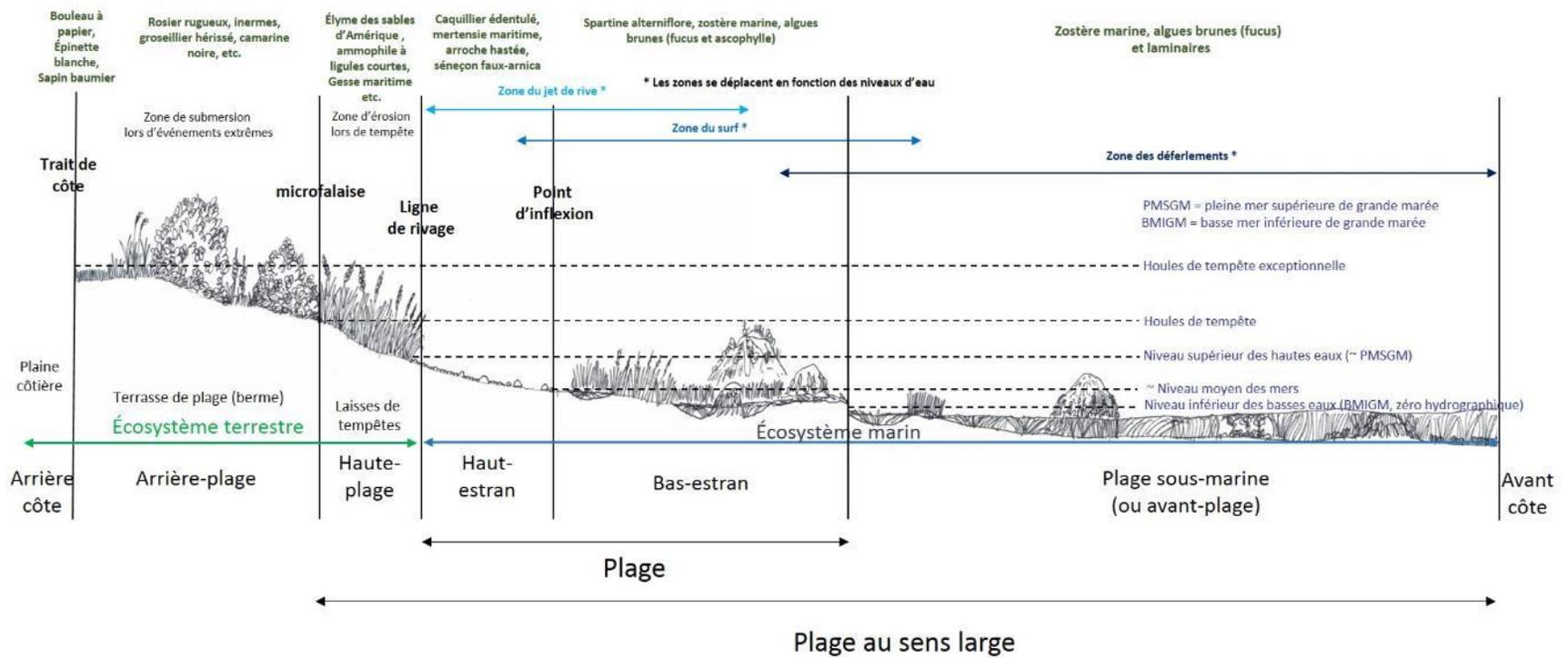
Avant de réaliser des travaux de restauration côtière, il est primordial de bien connaître la dynamique hydrosédimentaire du secteur d'intervention afin d'identifier les interventions adéquates en fonction des conditions hydrodynamiques et géomorphologiques in situ. Pour ce faire, une segmentation de la zone côtière a été réalisée afin d'avoir une vue d'ensemble des caractéristiques géomorphologiques du littoral à l'intérieur de la cellule hydrosédimentaire. En second lieu, une analyse historique de l'évolution de la côte a été réalisée, par photo-interprétation. Dans l'objectif d'obtenir un portrait géomorphologique actuel, un levé d'imageries aériennes a été complété afin de produire un modèle numérique d'élévation et une série d'orthophotographies. Finalement, plusieurs échantillons granulométriques ont été récoltés sur la plage à l'endroit de la zone de restauration projetée.

## **Segmentation de la zone côtière**

La caractérisation de la zone côtière s'est effectuée le 11 septembre 2018. Le littoral de la cellule hydrosédimentaire des Grèves a été divisé en plusieurs segments uniformes sur la base de critères géomorphologiques (types de côte). Les segments correspondant aux côtes à terrasse de plage ont été subdivisés selon la nomenclature existante, soit l'arrière-plage, le haut de plage, le haut estran et le bas estran (figure 17). Chaque section obtenue a été caractérisée selon plusieurs paramètres prédéfinis, soit la largeur du segment et la stratigraphie en place, le type de végétation et sa distribution, la présence d'éléments morphologiques (comme des blocs glaciels, des affleurements rocheux, des marelles et radeaux de schorre, etc.) et de processus actifs ainsi que le type de structures de protection, lorsque présent. Un système de classification de l'état des côtes, basé sur le pourcentage de recouvrement de végétation sur la ligne de rivage, a également été appliqué lors de la caractérisation in situ. Un pourcentage de végétalisation de plus de 75 % de la ligne de rivage fait foi de côtes stables, alors qu'elles seront qualifiées d'actives si le recouvrement végétal n'atteint pas plus de 25 %. L'état intermédiaire est considéré comme semi-végétalisé. Seules les côtes naturelles, c'est-à-dire sans présence d'ouvrages de protection, ont été qualifiées de la sorte.

Pour les côtes artificialisées, soit celles où se retrouve une structure de protection rigide, c'est l'état de l'infrastructure qui a été qualifié en fonction du degré de dégradation observé. Un ouvrage est considéré en bon état lorsque des signes de dégradation n'excèdent pas 25 % de sa surface et partiellement endommagé s'il est jugé que 25 à 50 % de la construction semble détériorée. Au-delà de ce pourcentage, l'ouvrage sera qualifié de très endommagé (50 à 75 % de dégradation) ou complètement endommagé (75 à 100 %). Il ne s'agit que d'une appréciation qualitative de la condition de la structure physique et non de son efficacité à limiter les risques d'érosion ou de submersion localement.

L'ensemble de ces données qualitatives dresse le portrait actuel, complet et détaillé de la zone côtière de la cellule hydrosédimentaire des Grèves.



D'après Guilcher, 1954; Dubois, 1979; Bird, 2000; Davis & Fitzgerald, 2004; Fraser, 2005; Daigle *et al.*, 2006; Bernatchez & Quintin, 2007; LDGIZC-UQAR, 2012.

**Figure 17.** Nomenclature des segments d'une terrasse de plage stable.

## **Évolution historique de la côte**

Afin de révéler de possibles modifications naturelles et anthropiques qu'aurait subies la côte antérieurement, un travail de photo-interprétation a été réalisé sur une série de photographies aériennes récentes (2000 et 2015) et anciennes (1929, 1963, 1976 et 1990). Chaque photographie est géoréférencée à l'aide d'un système d'information géographique (SIG), puis la ligne de rivage y est tracée. Sur une côte à terrasse de plage, la ligne de rivage correspond à l'endroit atteint par les pleines mers supérieures de grandes marées et coïncide généralement avec la limite inférieure des plantes vasculaires terrestres halophiles (Ex. : élyme des sables d'Amérique) ou avec une microfalaise intimement liée à l'état de la côte (figure 17). De façon plus concrète, la ligne de rivage peut être identifiée sur les photographies aériennes en se basant sur des changements de teinte, de ton (valeur de gris) et de texture. Son positionnement fut également validé lors des sorties terrain. L'interprétation chronologique permet de voir l'évolution historique de la côte en mesurant le déplacement (m/an) de la ligne de rivage directement sur la carte à l'aide du même SIG. Il est important de noter que le travail réalisé avec un SIG comporte une marge d'erreur liée à la manipulation et à la qualité des photographies.

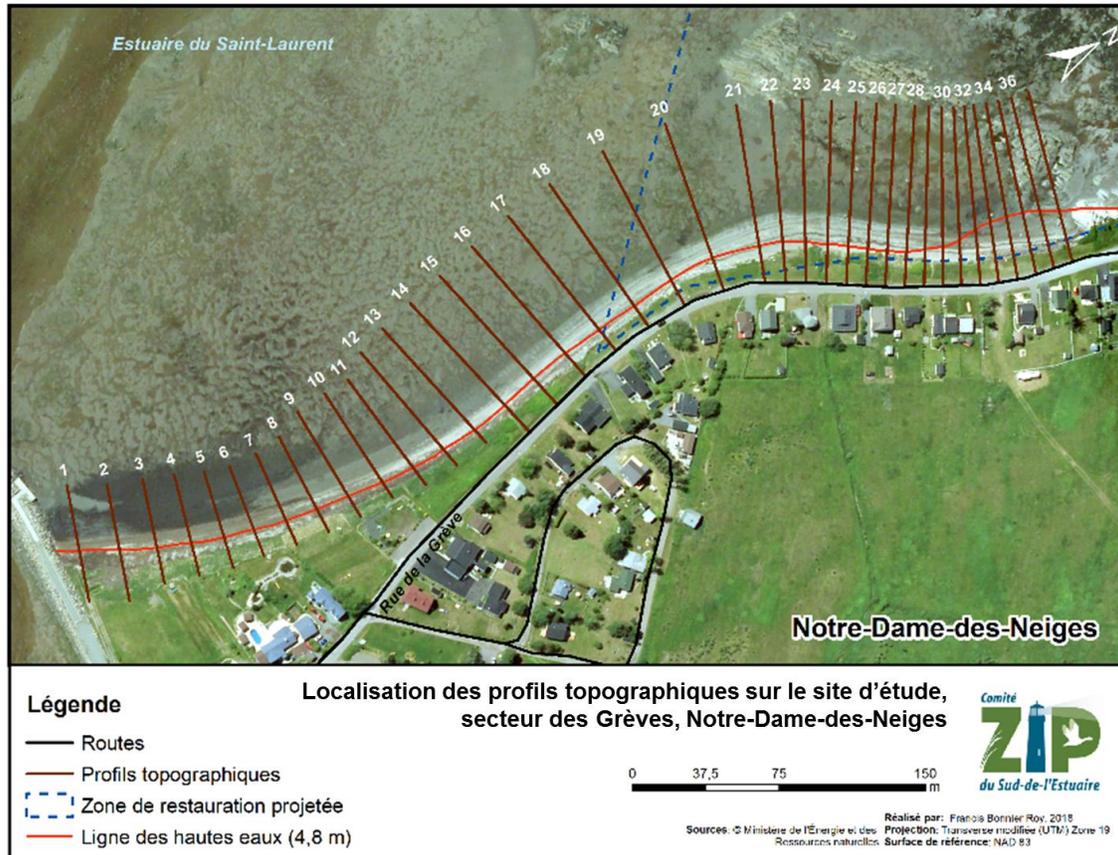
## **Levés topographiques et imageries**

Afin d'obtenir une caractérisation géomorphologique précise de la zone de restauration projetée, des profils de plage et un levé d'imagerie aérien ont été effectués permettant notamment de déterminer la largeur, l'altitude et la pente d'une plage. À partir de ces résultats, il est possible de quantifier les volumes de sédiment qui composent chacun des segments côtiers (haut de plage, estran, etc.). Ce sont ces volumes qui sont disponibles pour la dérive littorale ou qui pourraient être déplacés lors d'évènements de tempêtes. En effectuant ces levés à intervalles de temps réguliers, il est possible d'obtenir un aperçu des changements morphologiques opérés sur une côte. Au sein d'une année, ces levés permettent d'obtenir un patron de la cyclicité saisonnière naturelle de la côte (alternance de périodes d'érosion et de périodes d'accumulation à l'intérieur d'une année ou d'une saison). Un suivi temporel pluriannuel permet de calculer un taux de déplacement annuel moyen (érosion ou accrétion).

### *Levés topographiques au D-GPS*

Pour ce projet, 37 transects (ou profils) perpendiculaires à la côte ont été réalisés le 13 septembre 2018, puis seront repris au printemps 2019 ainsi que lors des suivis subséquents (figure 18). Les profils 1 à 20 sont positionnés au 20 m le long d'une terrasse de plage, alors que les profils 21 à 37 sont espacés de 10 m puisqu'ils se

retrouvent sur le secteur potentiel pour la réalisation d'une action de restauration. Les levés étaient généralement effectués à marée basse, de la route jusqu'à 20 m après la flexure, dans le but d'obtenir un portrait plus clair de l'ensemble de la côte.



**Figure 18.** Localisation des profils topographiques du secteur des Grèves.

L'acquisition des données topographiques a été réalisée avec un Differential global positioning system (DGPS), un appareil offrant une précision de l'ordre du centimètre tant sur le plan planimétrique qu'altimétrique (Joyal et Morissette, 2013) (figure 19). Le long de chaque transect, les points DGPS étaient saisis à tous les mètres ou à chaque modification morphologique rencontrée sur la plage. Simultanément, une analyse visuelle des changements granulométriques et morphologiques était notée dans le but de caractériser les différentes sections de la côte.

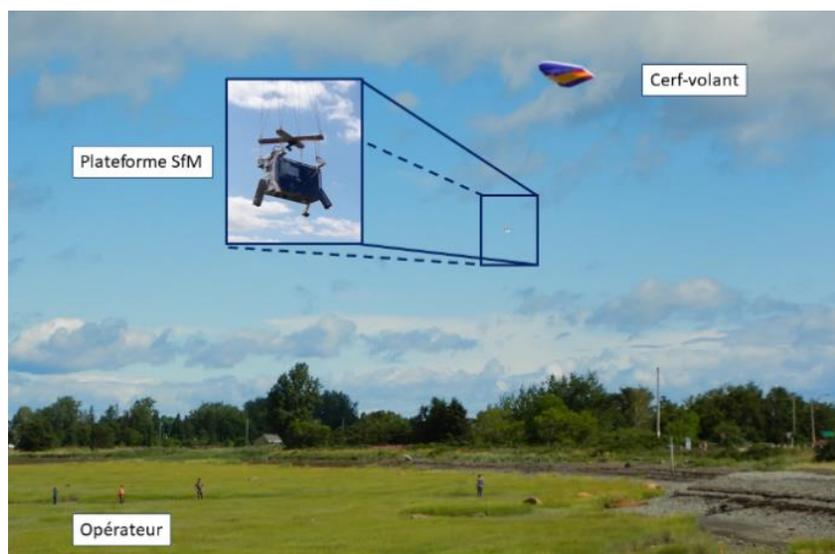


**Figure 19.** Exemple de levé topographique au DGPS Arrow Gold.

### *Levé d'imagerie aérienne*

La plateforme *Système d'Imagerie Mobile de Basse Altitude* (SIMBA) a été développée en partenariat avec Solutions Novika, Gabriel Joyal et Antoine Morissette (annexe 2). Cette plateforme permet de prendre des photographies aériennes de grande résolution à basse altitude pour la caractérisation et le suivi des sites de restauration côtière. Ses avantages sont une rapidité de déploiement, une facilité de maniement sur le terrain, sans contrainte règlementaire, une autonomie de plusieurs heures et relativement peu coûteuse.

Sur la figure 20, on remarque qu'un seul opérateur est nécessaire pour manipuler le cerf-volant, auquel est attachée la plateforme SIMBA, pendant l'ensemble du levé.



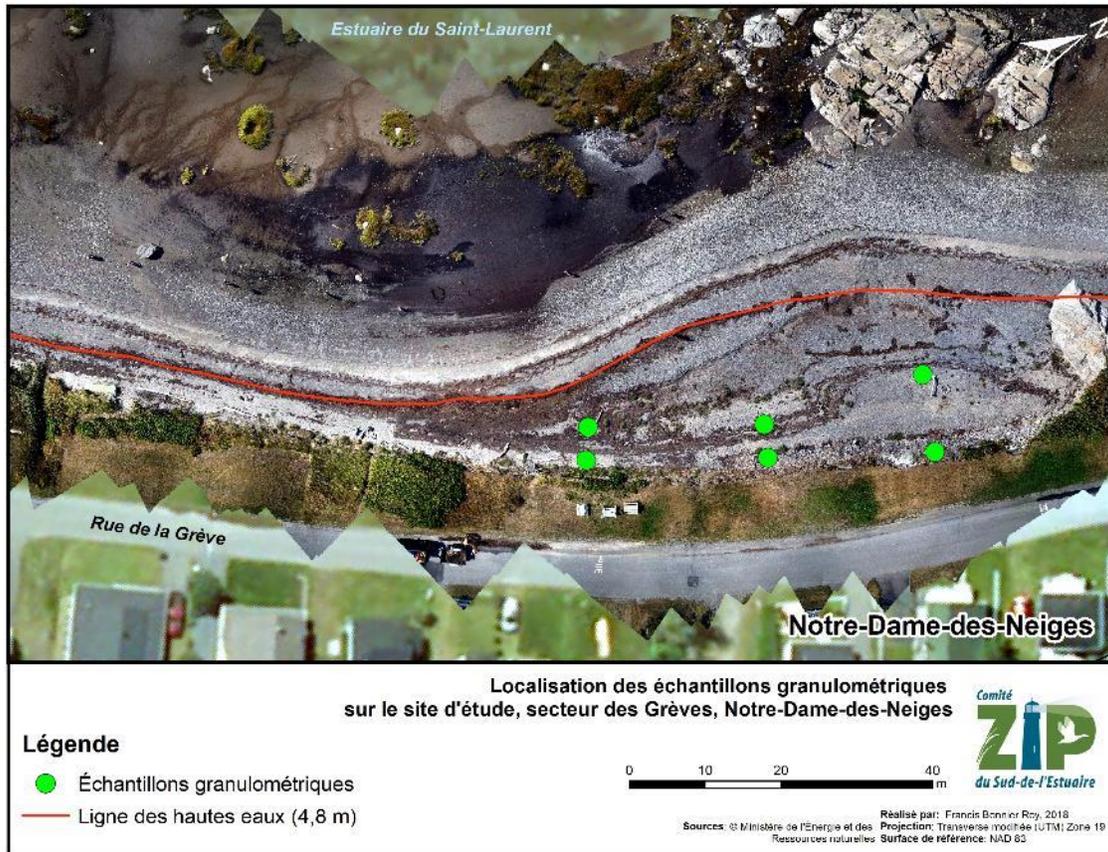
**Figure 20.** Représentation des composantes principales d'un levé de photographie aérienne par cerf-volant.

Selon les conditions de vent, il suffit de soulever la plate-forme à l'aide du cerf-volant le plus approprié. L'altitude idéale de la plateforme est entre 20 et 30 mètres. L'opérateur doit marcher parallèlement à la côte en s'assurant que la plateforme soit au-dessus de la plage. Idéalement, deux allers-retours sont nécessaires, un en haut de la plage et un en bas de celle-ci afin d'obtenir un nombre optimal de photos. Pour s'assurer d'une meilleure précision, des points de contrôle sont pris sur des cibles au sol avec le D-GPS. Cela permet d'assurer une qualité et une précision centimétrique.

Lorsque le levé est terminé, il suffit de télécharger les données de la plateforme (photo et position GPS). L'utilisation du logiciel *Agisoft Photoscan 1.4.3* permet d'aligner la série de photos et de générer un nuage de points. Finalement, un modèle numérique d'élévation, calibré avec les points de contrôle, est produit en plus d'une mosaïque d'orthophotographies. À partir de ces résultats, il est possible de calculer des volumes de sédiments, de tracer les limites de l'estran et d'en calculer les dimensions. Tous ces éléments sont utiles pour comprendre le comportement morphosédimentaire du secteur et sa cyclicité en les combinant à d'autres levés.

### **Granulométrie**

Au total, six échantillons ont été récoltés au niveau de l'emplacement de la zone de restauration projetée. Le positionnement des échantillons sur les profils a été déterminé pour représenter la granulométrie générale du secteur d'intervention sur la plage où aura lieu l'action de restauration (figure 21). Les analyses granulométriques ont été réalisées par l'entreprise Englobe à Rimouski selon la norme LC 21-040 (voir protocole en annexe 3). Brièvement, les étapes sont les suivantes : il faut préalablement procéder à un séchage des échantillons dans une étuve à 50 Celsius, sélectionner une quantité de sédiment adéquate pour l'analyse et ajouter les matériaux dans la colonne de tamis à maillage métallique qui est secouée verticalement et horizontalement pendant vingt minutes pour séparer les grains selon les tailles des tamis. Ce processus terminé, les tamis sont pesés et chaque classe granulométrique est ramenée en pourcentage sur le total afin de générer les statistiques pertinentes. L'analyse a été réalisée sur un fuseau granulométrique entre 0,080 mm et 56 mm puisque des coûts supplémentaires étaient associés à des analyses sur les sédiments plus fins et plus grossiers. Par ailleurs, les échantillons récoltés ne semblaient pas contenir de grains en deçà de 0,080 mm et au-delà de 56 mm.



**Figure 21.** Localisation des échantillons granulométriques.

### Caméras de suivi

Deux caméras de suivi furent installées sur deux poteaux de la municipalité de Notre-Dame-des-Neiges le 17 septembre 2018 (figure 22). Les caméras permettront de suivre le mouvement naturel des sédiments de la plage dans la zone de restauration projetée. Cela permettra aussi d'observer le comportement du site lors des événements d'onde de tempête. La visualisation des photographies est faite à partir du logiciel *VirtualDub* 1.10.4. de manière à animer les images comme une vidéo. Cela permet ainsi de voir le mouvement des sédiments généré par l'énergie des vagues. Ces données seront analysées et traitées dans un rapport de suivi en 2019.



**Figure 22.** Caméras de suivi à Notre-Dame-des-Neiges.

# RÉSULTATS

## 1. Caractérisation biologique

### Inventaire floristique



**Figure 23.** Herbier de zostère marine.

Au total, quatre-vingt espèces de plantes indigènes et introduites furent identifiées lors de l'inventaire qui fut réalisé le 10 septembre 2018 entre le quai de la Rivière Trois Pistoles et la grève Morency.

Plusieurs espèces étaient en fin de saison et trop avancées dans leur flétrissement pour être identifiées. L'herbier de zostère marine (figure 23) a été visité en juin et géolocalisé

le 11 septembre 2018. Lors de la géolocalisation de celui-ci, un grand banc de moules bleues fut également observé adjacent à l'herbier de zostère marine discontinue au nord-est de celui-ci (voir figure 28).



**Figure 24.** Ammophile à ligule courte.

De manière générale, la caractérisation a permis de cibler quatre communautés végétales. On y retrouve un herbier de zostère marine ayant une superficie totale de 349 ha (dont 217 ha d'herbier discontinu et 132 ha d'herbier continu, un marais à spartine alterniflore accompagné d'algues brunes ayant une superficie de 9,67 ha, une plage à élyme des sables d'Amérique et à ammophile à ligule courte

ayant une superficie de 1,59 ha (figure 24) ainsi qu'une flore du supralittoral dans les anfractuosités des rochers et de la falaise rocheuse.

Parmi les faits saillants remarquables, l'élyme des sables partage la terrasse de plage avec d'abondantes colonies d'ammophiles à ligule courte. Un bel exemple de cette association se retrouve à l'est de l'anse, à la grève Morency. Cette association est remarquable pour la région du Bas-Saint-Laurent où c'est habituellement l'élyme qui domine le haut des plages alors que l'ammophile y est beaucoup moins commune (FLEURBEC 1985, et obs. pers.). Le fait est que les plages du Bas-Saint-Laurent sont plus souvent sablo-graveleuses, ce qui convient plus à l'élyme, tandis que celles de la zone étudiée ici sont constituées de sable fin, ce qui convient

d'avantage à l'ammophile. Une autre colonie remarquable, formée par la livèche d'Écosse, est retrouvée sur le « Rocher Basile » et est du reste, très peu abondante sur le reste des rochers de la zone d'étude.

Le marais salé, quant à lui, est essentiellement constitué d'un bas-marais (schorre inférieur) dominé par la spartine alterniflore (figure 25). Les algues accompagnatrices de la spartine dans le bas-marais, sont surtout l'ascophylle noueuse et des fucales. La vase maritime (slikke) est dominée par la zostère marine et parfois



**Figure 25.** Schorre inférieur.

accompagnée de fucus. Aussi, quelques

laminaires et des algues rouges, toutes arrachées de l'infralittoral, s'y retrouvent disséminées. Les communautés d'algues ochrophytes ne sont présentes seulement lorsque le fond est rocheux ou que des blocs glaciels ou des galets sont déposés au travers des autres végétaux présents. Comme la spartine alterniflore et la zostère



**Figure 26.** Zostère marine parmi le marais de spartine.

marine ne croissent pas sur fond rocheux, les communautés d'algues sont le plus souvent séparées des plantes vasculaires halophytes sur le site. Il est à noter un fait particulier à l'ouest de la rivière, où des talles de zostère marine colonisent et se développent directement au pied de zones denses de spartine alterniflore dans le marais salé (figure 26).

Techniquement, il n'y a pas de haut marais (schorre supérieur) sur la zone à l'est de l'embouchure de la Rivière des Trois Pistoles. Cependant, quelques « lambeaux » d'étage supérieur se retrouvent sur la plage, le plus souvent coincés entre des affleurements rocheux où des sédiments meubles et fins (vase, limon, silt, etc.) sont demeurés piégés plus haut que les hautes marées moyennes (figure 27).



**Figure 27.** Schorre supérieur entre les rochers.

Finalement, fait botanique intéressant, il est à noter que de l'hybridation entre le chiendent commun et l'élyme des sables

d'Amérique fut observée dans la communauté végétale de la terrasse de plage. Un autre cas d'hybridation plus couramment observé au Bas-Saint-Laurent (Mercure et Bruneau, 2008) fut aussi observé entre le rosier rugueux et le rosier inerme. Il est à remarquer que les plantes introduites (adventices ou mauvaises herbes) sont nombreuses sur l'habitat plage.

La liste des taxons identifiés par type d'habitat peut être consultée à l'annexe 4. Les plantes indigènes et introduites naturalisées sont listées séparément.

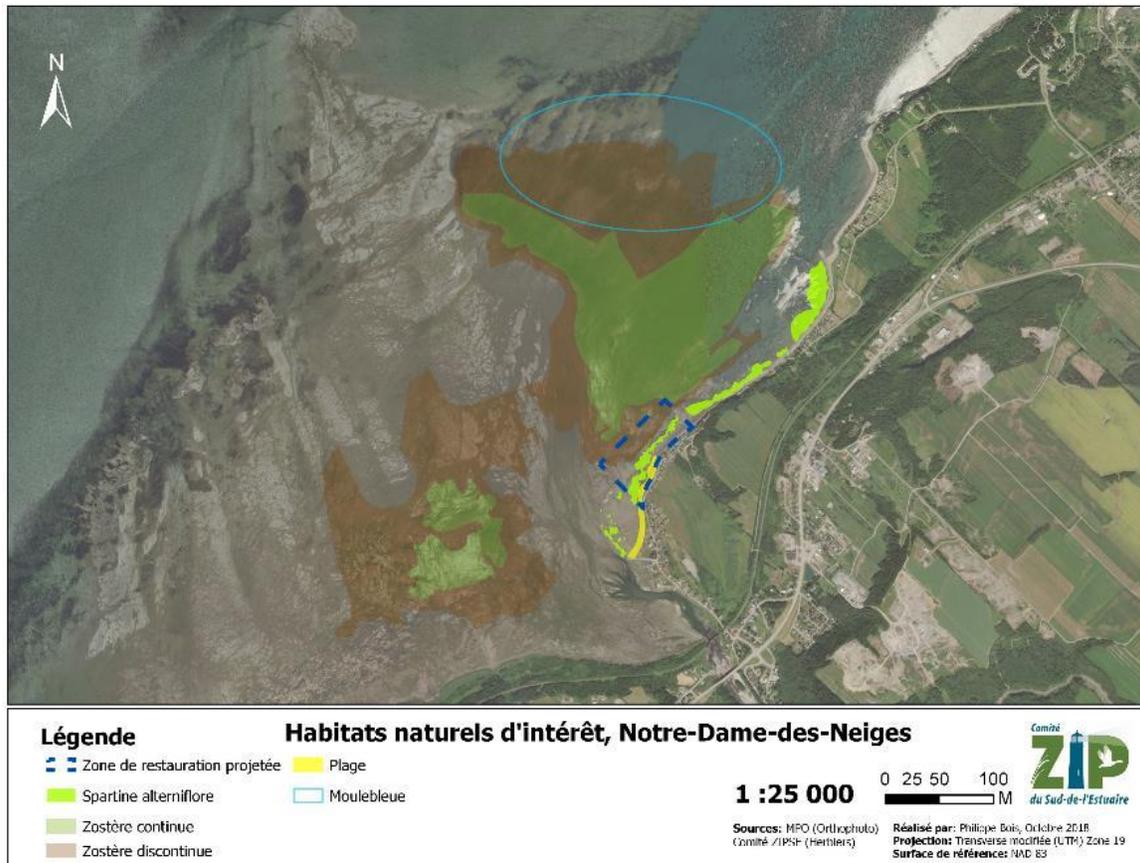


Figure 28. Habitats naturels d'intérêt pour la restauration à Notre-Dame-des-Neiges.

## Inventaire ichtyologique

Un total de 993 poissons a été capturé et cinq espèces de poissons furent identifiées lors de l'inventaire réalisé entre le 5 et 7 septembre 2018.

Parmi les espèces de poisson qui furent capturées, notons la présence d'une anguille d'Amérique récoltée dans l'herbier de zostère marine, espèce menacée selon la COSEPAC<sup>3</sup> et susceptible d'être désignée comme menacée ou vulnérable selon le MFFP<sup>4</sup>. Notons aussi la présence de quelques éperlans arc-en-ciel. Leur présence, même en petit nombre est intéressante puisque ce sont des éperlans provenant de la population du sud de l'estuaire du Saint-Laurent (espèce vulnérable selon le MFFP). La présence de juvéniles de l'espèce dans l'herbier de zostère marine indique que celui-ci serait utilisé par l'éperlan comme habitat pour la croissance des jeunes poissons. Cette population d'éperlan est suivie de près par l'équipe du Comité de rétablissement de l'éperlan arc-en-ciel du Québec (Équipe de rétablissement de l'éperlan arc-en-ciel du Québec ; 2008). De plus, lors de l'inventaire, un grand nombre de bars rayés, probablement juvéniles, fut capturé (figure 29). Cette mention est intéressante puisque la population est disparue selon le LEP<sup>5</sup> et en voie de disparition selon la COSEPAC. Depuis la réintroduction du bar rayé dans le fleuve Saint-Laurent en 2002 (Pelletier et *al.* 2011), l'espèce est suivie de près par une équipe du MFFP. Lors de l'inventaire, aucune espèce exotique envahissante ne fut capturée dans nos filets.



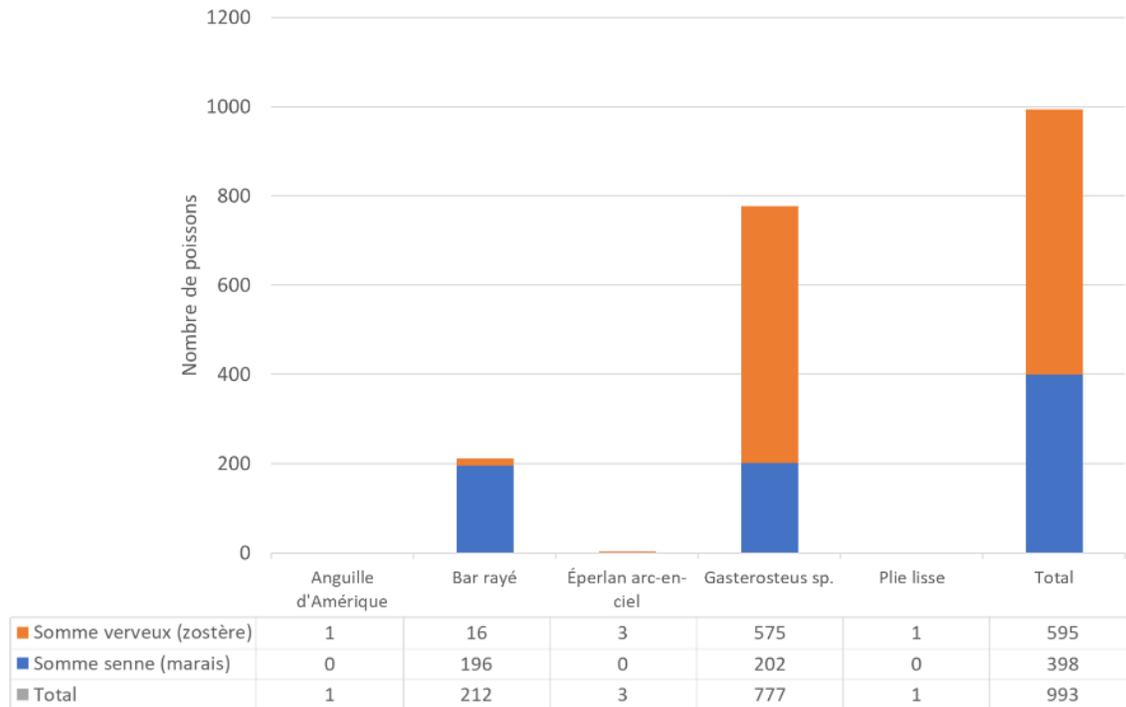
Figure 29. Jeune bar rayé. © Comité ZIPSE

C'est dans l'herbier de zostère marine où nous avons observé une plus grande diversité d'espèces de poissons (dans le verveux). C'est l'endroit où il y avait le plus grand nombre de *Gasterosteus* sp. (épinoches à trois épines et épinoches tachetées) adultes et juvéniles capturés (figure 30 et figure 31).

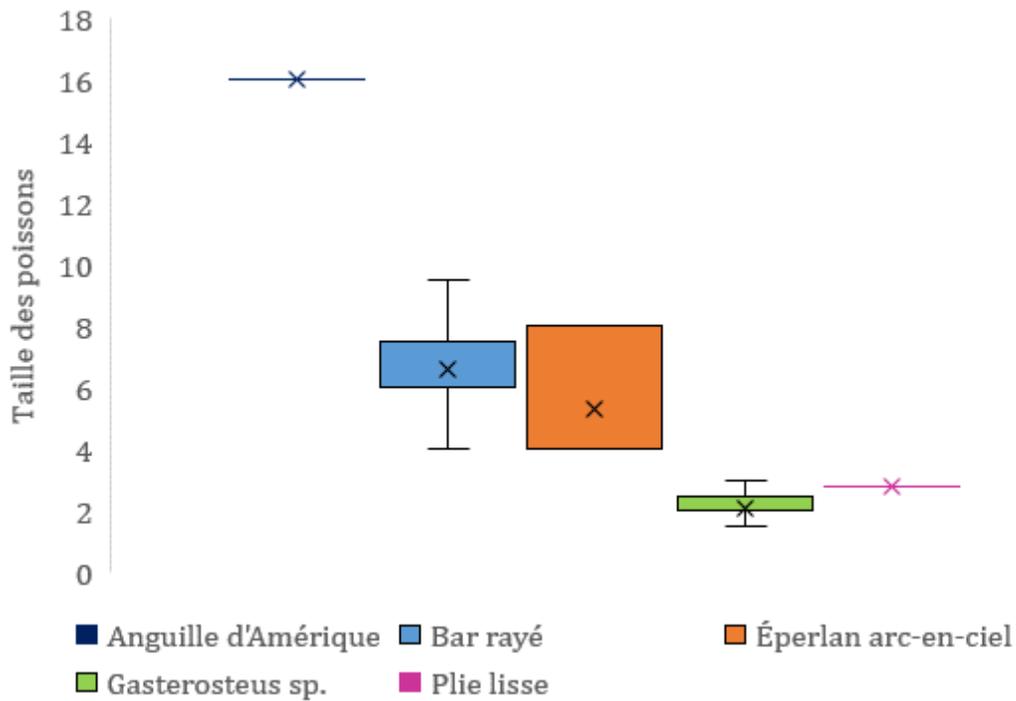
<sup>3</sup> COSEPAC : Comité sur la situation des espèces en péril au Canada.

<sup>4</sup> MFFP : ministère de la Faune, des Forêts et des Parcs.

<sup>5</sup> LEP : Loi sur les espèces en péril.



**Figure 30.** Diversité et quantité de poissons capturés lors de l'inventaire de pêche de septembre 2018.



**Figure 31.** Taille moyenne des espèces de poissons capturés.

Un grand nombre de ces épinoches étaient de jeunes poissons profitant probablement de l'herbier de zostère marine pour se nourrir et se cacher des prédateurs (Hemminga et Duarte, 2000; Jackson *et al.*, 2001; Lazzari *et al.*, 2003; Martel *et al.*, 2009). Alors que le long du rivage (à la senne) un plus grand nombre de bar rayé a été capturé, utilisant peut-être le marais pour se nourrir de jeunes poissons se retrouvant dans ce secteur. Par contre, il faut noter que le verveux est un engin fixe et que celui-ci pourrait permettre de capturer des espèces différentes de poissons d'un engin mobile tel que la senne (d'où la combinaison des deux engins afin d'avoir une meilleure idée de la biodiversité du site).

### **Inventaire ornithologique**

L'inventaire avifaunique mené le 10 et le 12 septembre 2018 a permis d'identifier quarante-neuf espèces d'oiseaux.

Parmi les faits importants remarqués pour la conservation des espèces d'oiseaux à l'échelle nord-américaine, des limicoles (bécasseaux, courlis, pluviers, etc.) aux populations en déclin (Aubry, et Cotter, 2007; Donaldson et coll., 2000; Icoan, 2012, et Stroud, De Blanco, et Davidson, 2006) ont été observés. Ils se sont retrouvés surtout sur le « Rocher Basile » en repos. Ce rocher est d'ailleurs connu pour être assidument utilisé par les limicoles durant la migration d'automne (Turcotte, 2013). La sous-espèce *rufa* du bécasseau maubèche en voie de disparition au Canada (COSEPAC, 2007) et rare pour cette région (Larivée, J. 2013) a aussi été vue en petit nombre sur le même rocher et en vol. D'autres espèces à statuts particuliers comme le pygargue à tête blanche ou le faucon pèlerin de la sous-espèce *anatum*, furent aussi aperçus en chasse. Une autre espèce d'oiseaux de proie, le balbuzard pêcheur, retient l'attention puisqu'il n'est pas commun au Bas-Saint-Laurent (Larivée, 2015). Un traquet motteux (figure 32), oiseau migrateur au long cours et rare pour les côtes du sud de l'estuaire maritime du Saint-Laurent (*Ibid*, 2015), fut observé à partir de la plage.



**Figure 32.** Traquet motteux  
© Jean-Étienne Joubert.

Du côté de l'habitat faunique de l'Aire de concentration d'oiseaux aquatiques de la Grève Morency<sup>6</sup>, de grands nombres de canards noirs (environ 700 individus) ont survolé le large, au niveau de l'herbier de zostère marine. Une liste des 178 espèces

<sup>6</sup> <https://services-mddelcc.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=8e624ac767b04c0989a9229224b91334>

d'oiseaux observées entre l'Embouchure de la Rivière des Trois Pistoles, le Rocher Basile et la Grève Morency au fil des ans provenant de la base de données web eBird<sup>7</sup> a aussi été annexée (annexe 5). La liste des quarante-huit taxons identifiés lors de l'inventaire en septembre est disponible en consultant l'annexe 6.

Il est à remarquer que l'habitat de la haute plage (figure 33) n'était que très peu fréquenté par les oiseaux, sauf par quelques bruants, des parulines à croupion jaune dans les rosiers, le traquet motteux et un groupe de moineaux domestiques. La



**Figure 33.** Habitat de haute plage.

basse plage quant à elle servait de zone de repos et d'alimentation pour les limicoles dans les laisses de marée (algues, zostère marine et autres débris échoués). Les passereaux (ex. : parulines et moucherolles) ont davantage été décelés sur les terrains privés sur la rue de la grève. Les oiseaux aquatiques se concentraient dans l'herbier de zostère marine (ex. grand héron) et sur la vasière maritime (slikke) à algues brunes (ex. goélands).

À marée basse, les limicoles furent surtout présents loin dans l'herbier de zostère marine, en alimentation ou en vol. La vasière maritime à algues brunes, les bancs d'accumulation de l'estuaire de la Rivière des Trois Pistoles fournissaient aussi un habitat de choix pour eux. Toutefois, c'est sur les rochers et le bas de plage à marée haute que les bécasseaux et pluviers étaient facilement identifiables (figure 34). Pour ce qui est des anatidés, ils furent surtout comptabilisés en eaux libres à marée haute ou en vol au large.



**Figure 34.** Pluvier et bécasseau semipalmés  
© Jean-Étienne Joubert.

De manière générale, et les données connues le prouvent, le site offre un fort potentiel pour les oiseaux. La localisation de l'anse dans le corridor migratoire du

---

<sup>7</sup> <https://ebird.org/qc/home>

Saint-Laurent et dans une des zones les plus productives du sud de l'estuaire explique en partie cette grande diversité d'oiseaux. Il faut toutefois considérer que des habitats présents tels qu'une embouchure de rivière et un herbier de zostère marine favorisent une abondance d'invertébrés et de poissons qui attirent aussi certaines espèces d'oiseaux. Cette abondance et cette diversité aviaire sont donc certainement dues à une mosaïque de milieux proximaux avantageusement située géographiquement dans un corridor de migration.

## **2. Caractérisation géomorphologique**

### **Segmentation de la zone côtière**

#### *Type de côte*

Le littoral de la cellule hydrosédimentaire des Grèves totalise 5 483 m de linéaire côtier. Les côtes de nature meuble et rocheuse se partagent équitablement le paysage. En effet, les côtes de nature meuble, représentées par les terrasses de plage, comptent pour 49% du domaine côtier alors que les côtes de nature rocheuse totalisent 51%. La description du site est présentée en suivant le sens de la dérive principale, c'est-à-dire du nord-est vers le sud-ouest (figure 35).

Le premier tiers (Grève Centrale) de la cellule est caractérisé par l'omniprésence de côtes rocheuses. Outre un court segment de terrasse de plage évoluant à l'abri du quai de Trois-Pistoles, la côte rocheuse est d'abord basse, voire sans falaise et habitée sur près d'un kilomètre. Il est intéressant de noter que les infrastructures de protection sont présentes sur 71% (744 m) de ces côtes. De plus, dans ce secteur, le haut estran est constitué de roc sédimentaire et dépourvu de la plage au sens figuré. Enfin, face à ce segment, les courants de retour sont perpendiculaires à la côte entraînant avec eux le peu de sédiments disponibles. La présence d'une falaise rocheuse complète ce premier tiers rocheux de la cellule des Grèves. Au pied de celle-ci s'accumule un long cordon de blocs vraisemblablement issu de l'activité de la paroi rocheuse par éboulis et remanié par l'activité glacielle. Celui-ci repose sur une plage étroite constituée de sédiments de toute taille.

À l'ouest de ce premier tiers de côtes rocheuses débute le secteur des grèves : Grève D'Amours, Grève Rioux et Grève Morency, qui complète la cellule hydrosédimentaire du même nom. Caractérisé par la présence d'une plage à proprement dit, ce secteur s'étend sur près de 3,5 km. Ici, ce sont les côtes à terrasse de plage qui dominent (76%, soit 2 559 m). Ces dernières sont entrecoupées par des intrusions rocheuses. Par ailleurs, il est à noter que la présence du roc n'est jamais très profonde sous la couche sableuse telle que le suggère l'omniprésence du roc sédimentaire sur l'estran. Enfin, il est intéressant de noter que dans le secteur des Grèves, 26%

(894 m) de la côte est artificialisée et qu'elle s'applique presque exclusivement aux côtes à terrasse de plage (95% soit 851 m).

La figure 36 présente un visuel des différents types de côtes observés durant le terrain de caractérisation côtière du 11 septembre 2018.

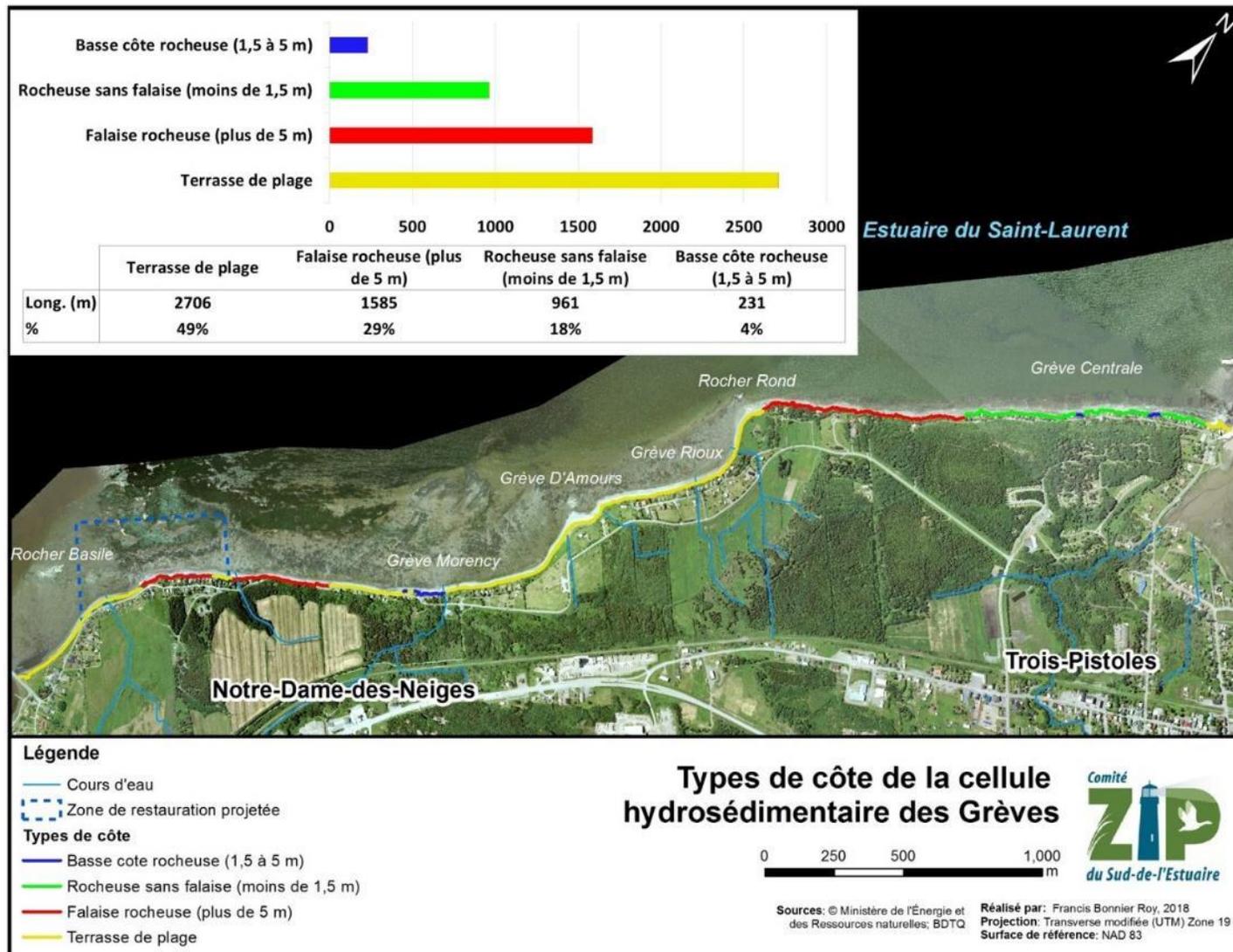


Figure 35. Caractérisation côtière et graphique synthèse (en médaillon) des systèmes côtiers de la cellule hydrosédimentaire des Grèves.



**Figure 36.** Différents types de côte rencontrés dans la cellule des Grèves.

### *Artificialité*

Sur l'ensemble des côtes caractérisées, environ 31 % sont artificialisées, soit un total de 1 713 m sur les 5 483 m composant la cellule hydrosédimentaire des Grèves. De ce nombre, 51 % s'appliquent aux côtes de nature meuble, c'est-à-dire aux côtes à terrasse de plage, alors que 49 % s'appliquent aux côtes de nature rocheuse (figure 37).

La présence d'artificialité nous intéresse pour deux choses. D'une part, la présence d'ouvrages de protection à la côte évoque le besoin de se prémunir face aux dégâts causés par l'érosion et la submersion marine. Ainsi, les propriétés qui sont munies d'infrastructures de protection témoignent de l'activité passée des processus côtiers, et ce, tant pour les côtes meubles que rocheuses. Cependant, l'utilisation du territoire peut jouer sur ces résultats puisque tout territoire exposé aux processus côtiers n'est pas systématiquement protégé. Ainsi, pour avoir un meilleur portrait de la dynamique côtière, nous regarderons aussi l'état de la côte au point suivant.

D'autre part, l'artificialisation des côtes meubles est préoccupante parce qu'elle nuit à l'équilibre sédimentaire à l'intérieur de la cellule hydrosédimentaire. En effet, l'érosion est un phénomène naturel qui contribue à mettre en circulation des sédiments nourrissant les plages et les écosystèmes en aval de la dérive littorale. L'artificialisation des côtes vient colmater les foyers d'érosion et ses effets peuvent aller, dans des cas extrêmes, jusqu'à condamner le transit sédimentaire.

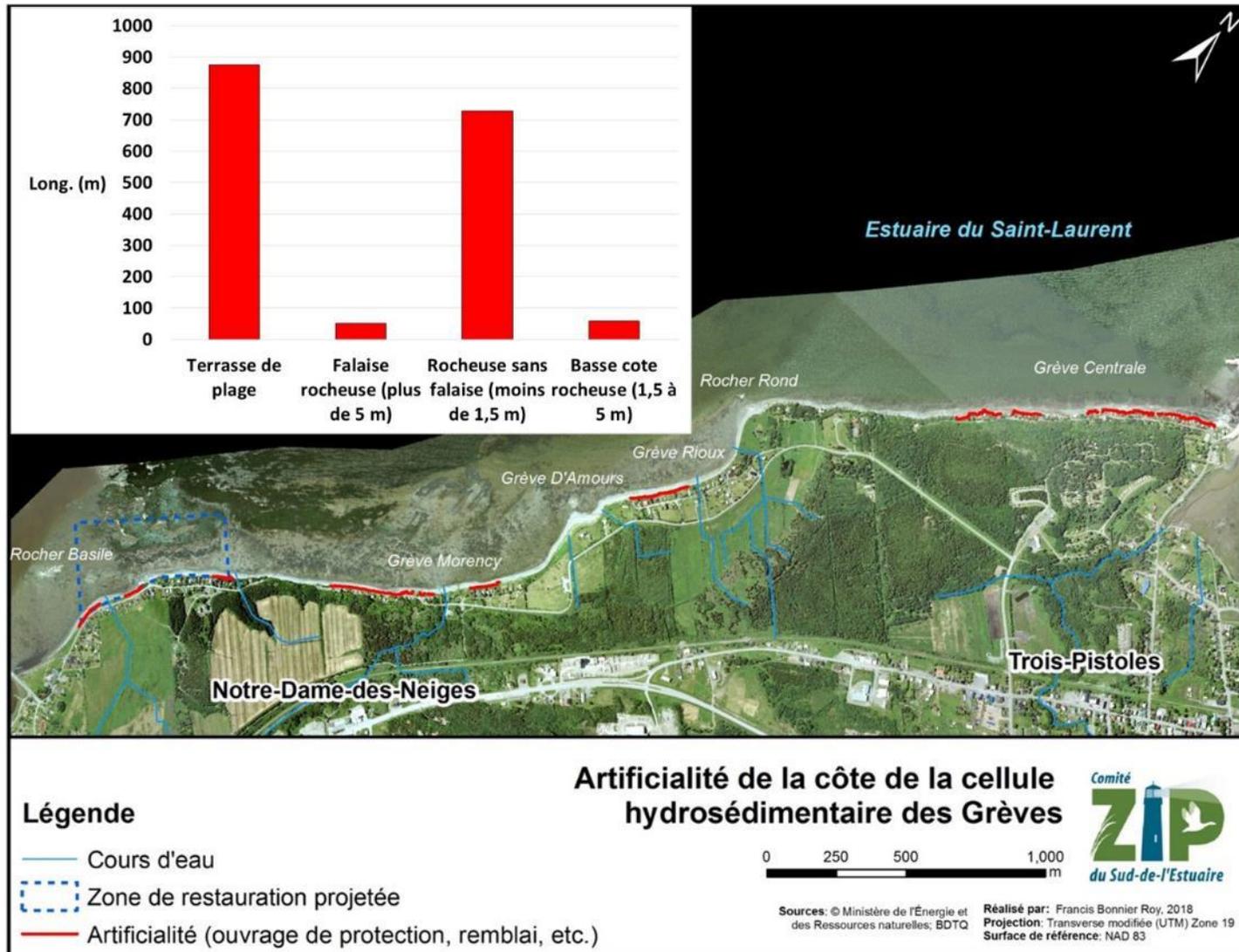


Figure 37. Synthèse de l'artificialisation des côtes de la cellule hydrosédimentaire des Grèves.

### *État de la côte*

Enfin, l'état de la côte nous renseigne sur la dynamique littorale. Quatre états ont été identifiés à la côte, soit stable ou végétalisée, semi-végétalisée, active et stabilisée (avec un ouvrage de protection) (figure 38). L'état de la côte permet d'identifier les zones sensibles où les processus d'érosion et de submersion ont marqué la rive. On constate que les ouvrages de protection sont autant installés sur les côtes meubles que rocheuses (sans falaise) ce qui indique que l'érosion et la submersion sont des phénomènes ponctuels, mais fréquents sur le littoral de la cellule hydrosédimentaire des Grèves.

Le plus long segment actif est situé dans le secteur de la grève Rioux où plusieurs habitations sont aux prises avec des microfalaises actives. Un tronçon plus petit actif est situé entre deux côtes basses rocheuses dans le secteur de la Grève Centrale. Le 3<sup>e</sup> segment est celui visé par ce présent rapport dans le secteur du rocher Basile juxtaposant un autre segment qui est lui semi-végétalisé avec des marques d'érosion anciennes.

Dans l'ensemble, la côte est plutôt sable soit par la présence des terrasses de plage végétalisées par l'élyme des sables et l'ammophile ou par des côtes rocheuses, sans oublier les zones artificialisées par des ouvrages de stabilisation côtière.

En somme, il semble qu'une tendance semble se dégager sur les côtes orientées nord-ouest où l'érosion s'avère plus sévère ce qui concorde avec la direction des vents les plus forts observés historiquement à l'Île Rouge (voir section les conditions de vents).

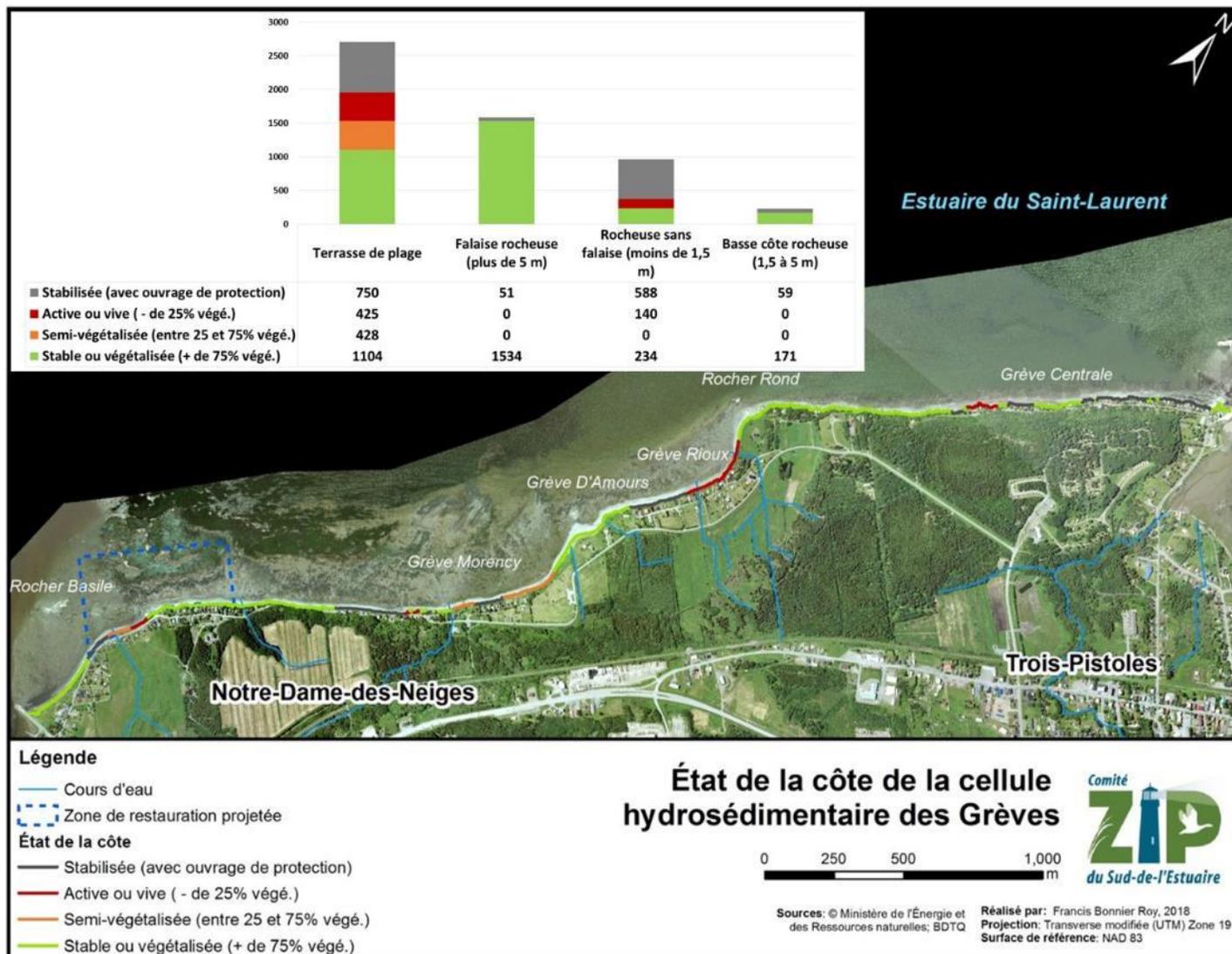
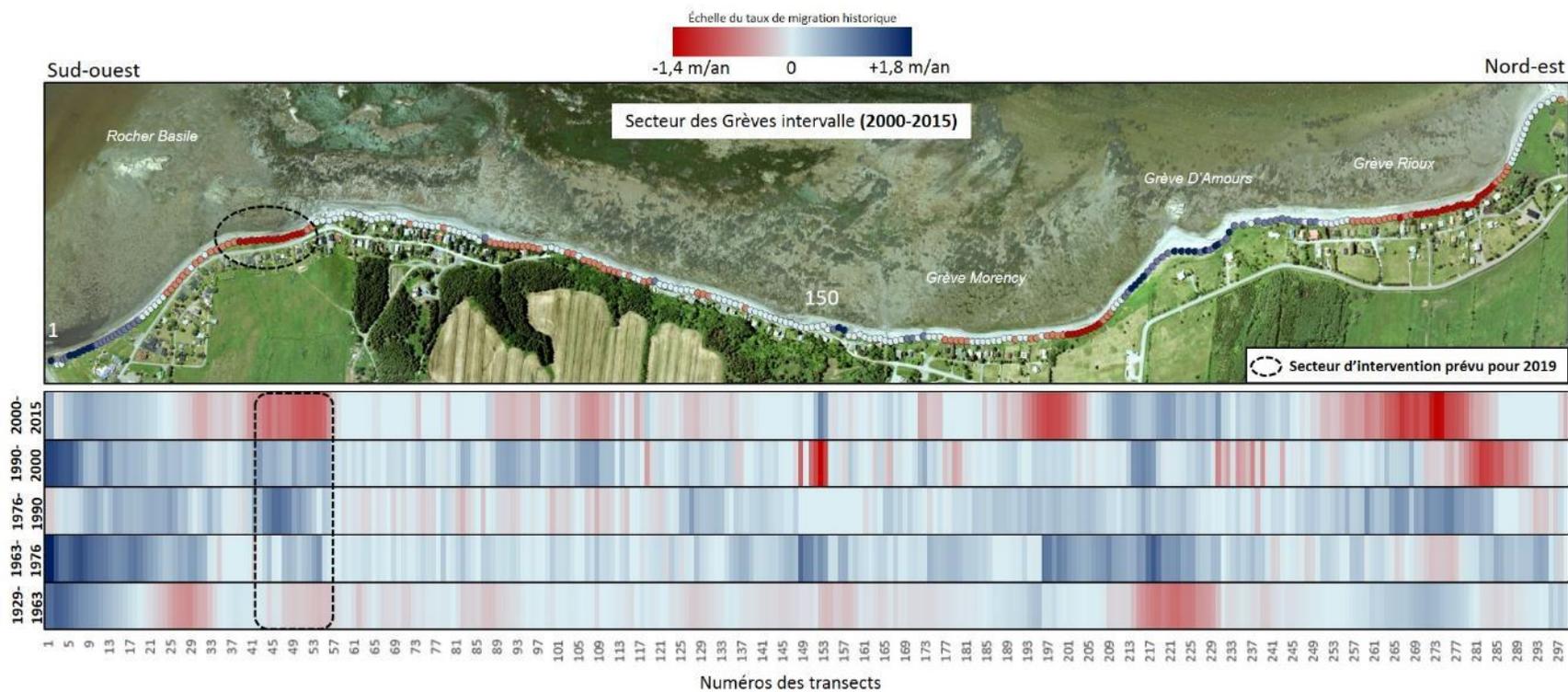


Figure 38. Synthèse de l'état des côtes de la cellule hydrosédimentaire des Grèves.

## Évolution historique de la côte

Dans la cellule hydrosédimentaire des Grèves, le déplacement de la ligne de rivage a été ponctué par des événements d'érosion et d'accrétion selon les tempêtes des décennies passées. Il est intéressant de noter que la dérive littorale principale se fait du nord-est vers le sud-ouest et qu'historiquement, la plage sur la partie la plus au sud-ouest du site d'étude est en accrétion depuis la construction du quai de la Rivière des Trois Pistoles vers les années 1830 (figure 39). Entre 1929 et 2015, l'ensemble du secteur à l'étude est relativement stable si on regarde la moyenne de  $0,06 \text{ m/an} \pm 0,17 \text{ m/an}$ . Cependant, comme les extrêmes le démontrent (taux maximum de  $0,96 \text{ m/an}$  et taux minimum de  $-0,10 \text{ m/an}$ ), l'évolution de la côte ne se fait pas à un rythme constant et homogène sur l'ensemble de ce territoire. Plusieurs facteurs expliquent cela, comme l'orientation de la côte, la proximité d'affleurements rocheux (écran naturel aux vagues), le type de côte (rocheux ou meuble), l'anthropisation de la côte et les apports sédimentaires, etc.

Dans la figure ci-dessous, une matrice représente les cinq intervalles des taux de déplacement obtenus entre 1929 et 2015 par la photo-interprétation ainsi qu'une carte de l'évolution de la ligne de rivage pour l'intervalle le plus récent. L'intérêt de cette figure réside dans la capacité d'interprétation spatiale (306 transects) et temporelle (5 intervalles de déplacement de la ligne de rivage sur 86 ans). De cette manière, il est possible de déceler des tendances et comprendre comment la côte de ce secteur évolue à travers le temps.



**Figure 39.** Évolution historique de la ligne de rivage de la cellule hydrosédimentaire des Grèves à Notre-Dame-des-Neiges

L'analyse historique de la côte à l'intérieur de la cellule hydrosédimentaire permet de comprendre que les sédiments de plage provenant de l'érosion du talus ou de la plage sont amenés vers la partie sud-ouest de l'aire d'étude et permettent l'accrétion de la plage juxtaposée au quai (transects 1 à 57 sur la figure précédente). Ce secteur est d'ailleurs celui qui possède le taux de migration positif le plus important. Un autre secteur où l'accumulation sédimentaire semble être constante est celui devant le parc de la grève Morency (transects 213 à 237) où une progradation de la plage similaire à un tombolo se produit derrière un cran rocheux situé sur le bas estran. Ce genre d'affleurement rocheux semble permettre une accumulation sédimentaire sur la plage par l'atténuation des vagues de ce brise-lame naturel (surtout celles du nord/nord-est).

Sur les 3,4 km de côte visés par l'analyse historique, seulement 24% sont de nature rocheuse contre 76% de nature meuble. Par conséquent, cette portion non négligeable de côtes rocheuses, moins sensibles à migrer tend à expliquer en partie les taux historiques moyens plutôt faibles sur l'ensemble de l'aire d'étude (tableau 2). La répartition des sédiments dans la cellule hydrosédimentaire, qui favorise de nouvelles plages, explique aussi une atténuation de la représentativité de l'érosion de certains secteurs dans les résultats de l'ensemble de l'aire d'étude.

**Tableau 2.** Taux de migration historiques moyens de la cellule hydrosédimentaire des Grèves et de la zone de restauration projetée.

	1929-1963	1963-1976	1976-1990	1990-2000	2000-2015
Cellule hydrosédimentaire des Grèves	-0,03 m/an	0,30 m/an	0,20 m/an	0,13 m/an	-0,13 m/an
Zone de restauration projetée	- 0,18 m/an	0,30 m/an	0,61 m/an	0,48 m/an	-0,72 m/an

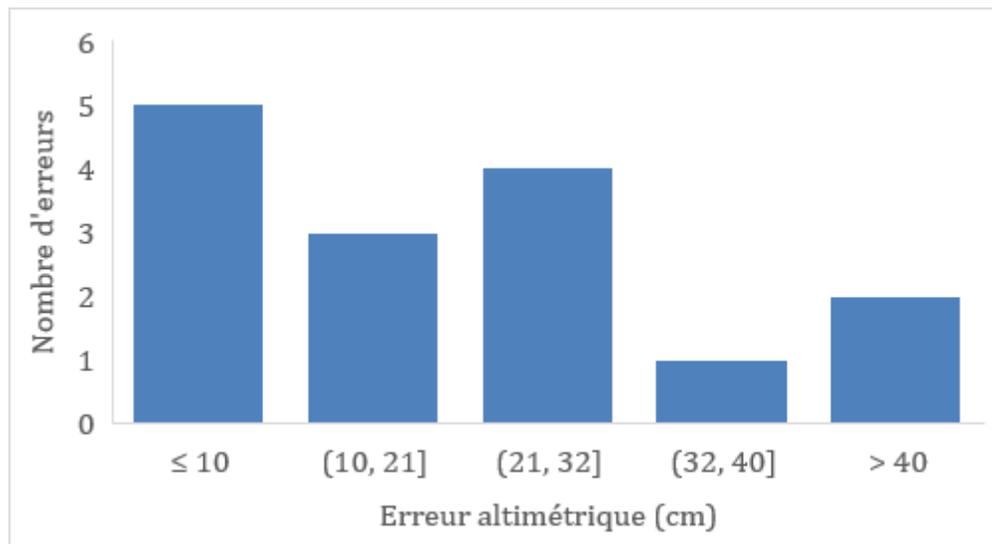
En somme, cette analyse démontre que dans la cellule hydrosédimentaire des Grèves, lorsque certaines plages sont en érosion, d'autres bénéficient de l'apport sédimentaire amené par la dérive littorale. En ce qui concerne le secteur visé par une intervention, il a été historiquement en accumulation, mais des événements de tempête ponctuels ont renversé la tendance et causé une importante érosion de la ligne de rivage dans les deux dernières décennies.

## Levés topographiques et imageries

### Levés topographiques

Les levés topographiques de la plage ont permis d'évaluer qu'entre le quai de la Rivière des Trois Pistoles et la zone de restauration projetée, la largeur moyenne de la plage était de 27 m. Une certaine variabilité est toutefois présente puisque devant l'enrochement, cette plage ne fait qu'en moyenne 17,8 m. Devant le secteur avec remblai (zone de restauration projetée), la plage avait une largeur moyenne de 36,6 m tandis que le reste des plages naturelles était généralement autour de 27,3 m. La base de la microfalaise est en moyenne située à 3 m d'altitude et la flexure à 0,6 m.

Les données du D-GPS ont aussi servi à calibrer et valider le modèle numérique d'élévation généré suite au levé d'imagerie aérienne par la plateforme SIMBA. La validation a permis de vérifier la qualité du modèle avec une précision de 5,4 cm en XY. De plus l'erreur altimétrique (Z) du modèle numérique d'élévation estimé à partir de 15 points de contrôles est d'en moyenne de +22 cm (min. +3 cm max.+ 66.5 cm) (figure 40). Une plus grande précision pourrait être atteinte en utilisant la position GPS qui est enregistrée par le module EMLID Reach pour chaque photographie. Ces données n'ont malheureusement pas pu être utilisées en raison d'un problème technique. Toutefois, les points de contrôles (cibles) permettent d'atteindre une précision adéquate.



**Figure 40.** Distribution de l'erreur relative du modèle numérique d'élévation.

### Levé d'imagerie aérienne

En ce qui concerne les résultats du levé par photographies aériennes à l'aide du cerf-volant, le logiciel PhotoScan a permis de réaliser par photogrammétrie un modèle numérique d'élévation de la plage (figure 41). Ce modèle permet de visualiser la topographie sur l'entièreté de la zone couverte par le levé afin de calculer des superficies et des volumes.

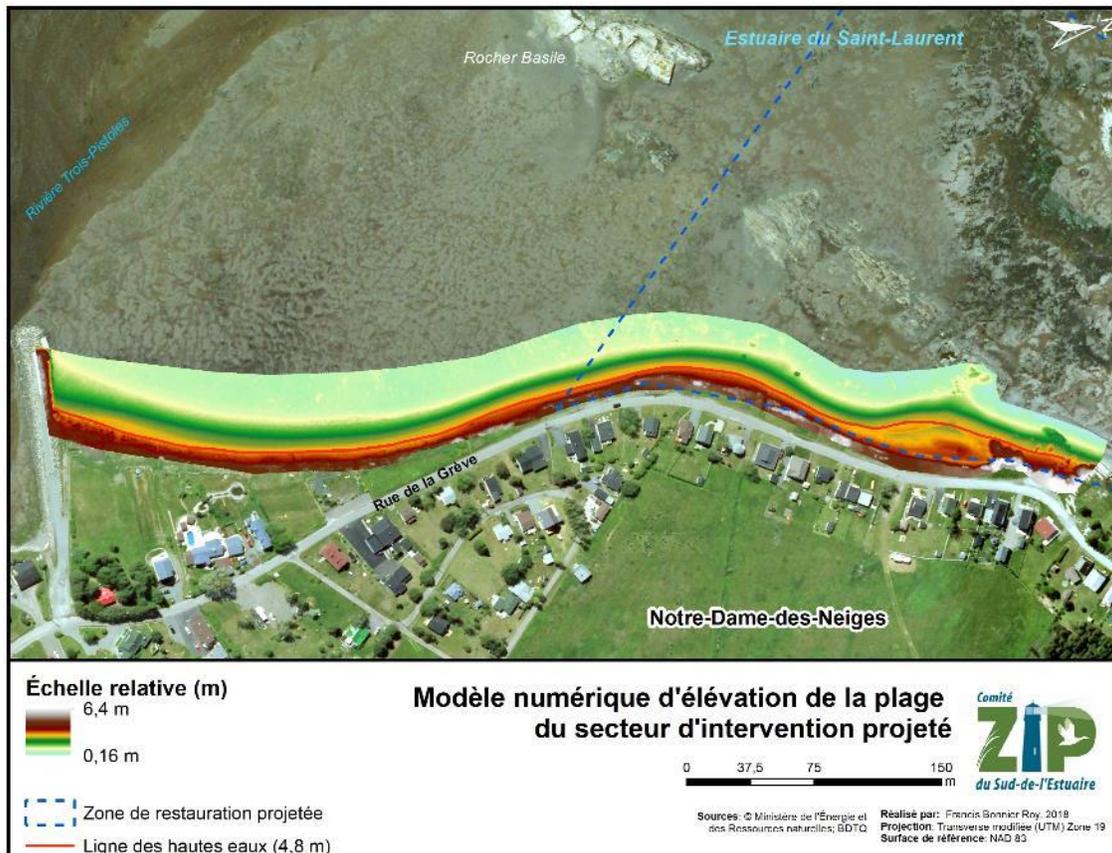


Figure 41. Modèle numérique d'élévation de la plage généré par PhotoScan.

De plus, une orthophotographie a pu être générée par le logiciel en combinant l'ensemble des photographies aériennes prises par la plateforme lors du levé (figure 42). À l'aide du logiciel ArcScene, il est possible d'afficher en 3D les résultats et d'y présenter la limite des hautes eaux de la zone de restauration projetée.



**Figure 42.** Perspective en 3D de l'orthophotographie et du modèle numérique d'élévation générés par PhotoScan.

### Granulométrie

Les résultats statistiques des 6 échantillons granulométriques de la plage de la zone de restauration projetée montrent que la valeur médiane du fuseau sédimentaire varie entre 0,5 mm et 8 mm avec un D50 moyen de 5,5 mm (tableau 3). De plus, la grande variabilité des résultats en pourcentage des graviers, sables, limons et argiles indique un mauvais triage sédimentaire puisqu'une grande diversité de taille de grains est démontrée dans les résultats. Il y a presque autant de graviers que de sables et vice versa sur les plages de Notre-Dame-des-Neiges.

**Tableau 3.** Résultats statistiques des échantillons granulométriques de Notre-Dame-des-Neiges.

<b>Numéro d'échantillon</b>	<b>D50 (mm)</b>	<b>Graviers (5 mm à 56 mm)</b>	<b>Sables (0,080 mm à 5 mm)</b>	<b>Limons et argiles (&gt; 0,080 mm)</b>
1	0,5	4,1 %	95,3 %	0,6 %
2	8,0	63,8 %	35,9 %	0,3 %
3	1,7	24,2 %	75,6 %	0,2 %
4	2,5	31,6 %	68,2 %	0,2 %
5	3,0	40,0 %	59,8 %	0,2 %
6	2,9	41,2 %	58,4 %	0,4 %

# SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

Les résultats de la caractérisation côtière révèlent que le secteur de la cellule hydrosédimentaire des Grèves est un milieu riche au niveau faunique et floristique de par la présence d'une succession d'habitats côtiers d'intérêt. Or ces habitats sont sensibles aux effets des changements climatiques et aux pressions exercées par les activités humaines actuelles et passées. Suite à l'analyse des résultats, la zone de restauration projetée s'avère toujours le secteur d'intervention à privilégier en raison de la succession d'habitats côtiers présentant les signes de dégradations suivants :

- Herbier de zostère marine et marais discontinu,
- Plage avec présence de débris d'asphalte,
- Talus en érosion,
- Augmentation de l'érosion depuis les dernières décennies,
- Plage avec végétation discontinue,
- Remblai associé,
- Présence d'espèces floristiques introduites.

Ainsi le comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire recommande des actions de restauration dites douces dans la zone d'intervention projetée. En premier lieu, dans l'objectif de favoriser la reprise naturelle des zones discontinues du marais et de l'herbier de zostère marine, une transplantation à partir de bancs donneurs est recommandée. Cette méthode d'intervention dans ces habitats favorise leurs régénérescences. Un herbier de zostère marine et un marais en santé constituent un premier obstacle pour les vagues qui arrivent à la côte. Par conséquent, ses habitats dissipent l'énergie des vagues incidentes par la friction à la surface de la végétation du marais et de l'herbier et de ce fait même diminue le potentiel d'érosion et de submersion (Owen, 1984).

Le second objectif est de recharger en sédiments le talus d'érosion et une portion de la plage afin de lui redonner son aspect stable et naturel. Il est maintenant reconnu qu'une recharge sédimentaire a plusieurs avantages comme celui d'imiter les plages à leur état naturel en recréant artificiellement une zone de perte d'énergie afin de casser les vagues avant qu'elles n'atteignent le haut de plage lors des tempêtes. Cela augmente aussi la valeur écologique de la côte en conservant les habitats côtiers (Juneau 2012).

En couplant cette intervention avec la plantation de végétaux sur la recharge, cela permet d'accélérer l'accumulation de sédiments et d'engraisser la plage restaurée. Le couvert végétal permet à la côte de subir moins durement les effets des tempêtes

puisque celui-ci dissipe l'énergie des vagues. De plus, la recharge sédimentaire permet de réduire l'impact de la submersion marine et joue un rôle de barrière aux débris. Ces avantages sont produits grâce au système racinaire des végétaux qui est bien développé et peu profond ce qui permet de fixer les sédiments de la recharge et de limiter l'érosion de la plage (Juneau 2012).

## CONCEPTION ET AMÉNAGEMENT

### 1. Présentation générale des travaux

Au printemps 2019 débuteront les travaux de restauration. La première étape sera de revégétaliser une portion d'environ 4 250 m<sup>2</sup> d'herbier de zostère marine dégradée à l'aide de plants provenant de bancs donneurs situés non loin du site à restaurer, à l'île Verte et à Cacouna. Il y aura par la suite une transplantation de spartine alterniflore à partir de bancs donneurs situés à l'île Verte pour combler une zone d'environ 6 000m<sup>2</sup>. Les dernières étapes de restauration consisteront en une recharge sédimentaire sur une portion d'environ 1 219 m<sup>2</sup> de la plage entre le 96 et le 116 rue de la Grève ainsi qu'une végétalisation de celle-ci à l'aide de végétaux indigènes adaptés au milieu (figure 43).

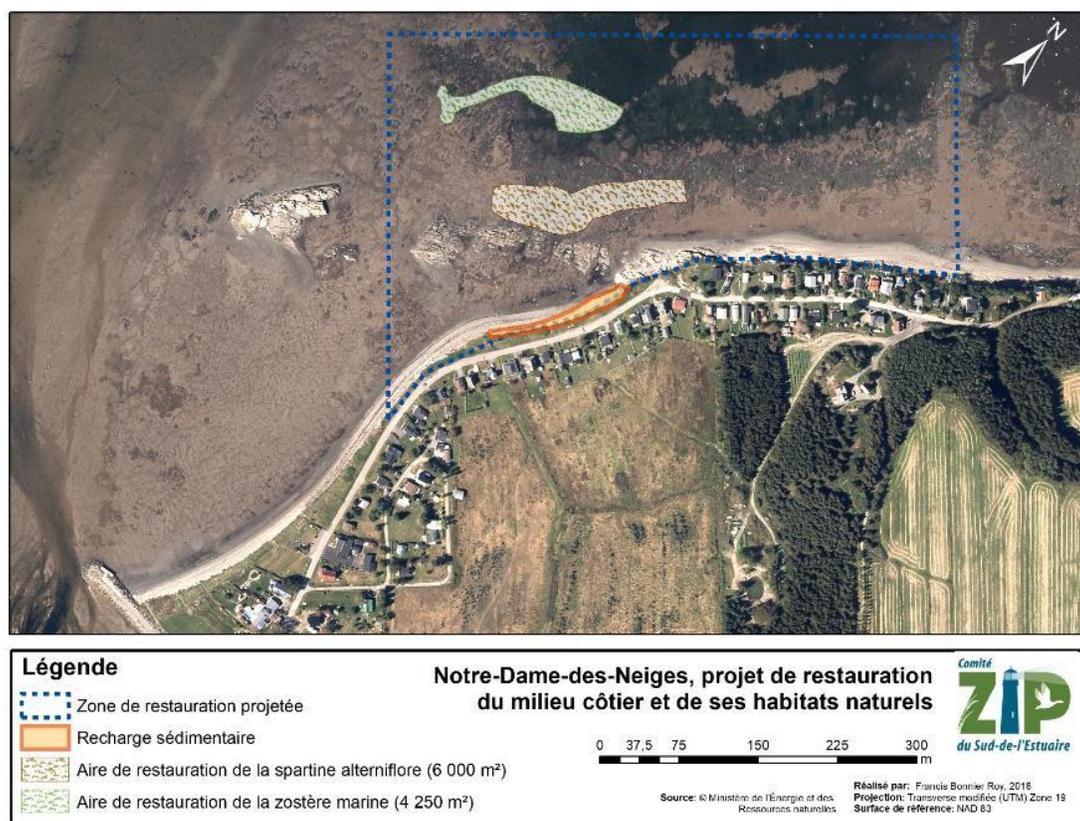
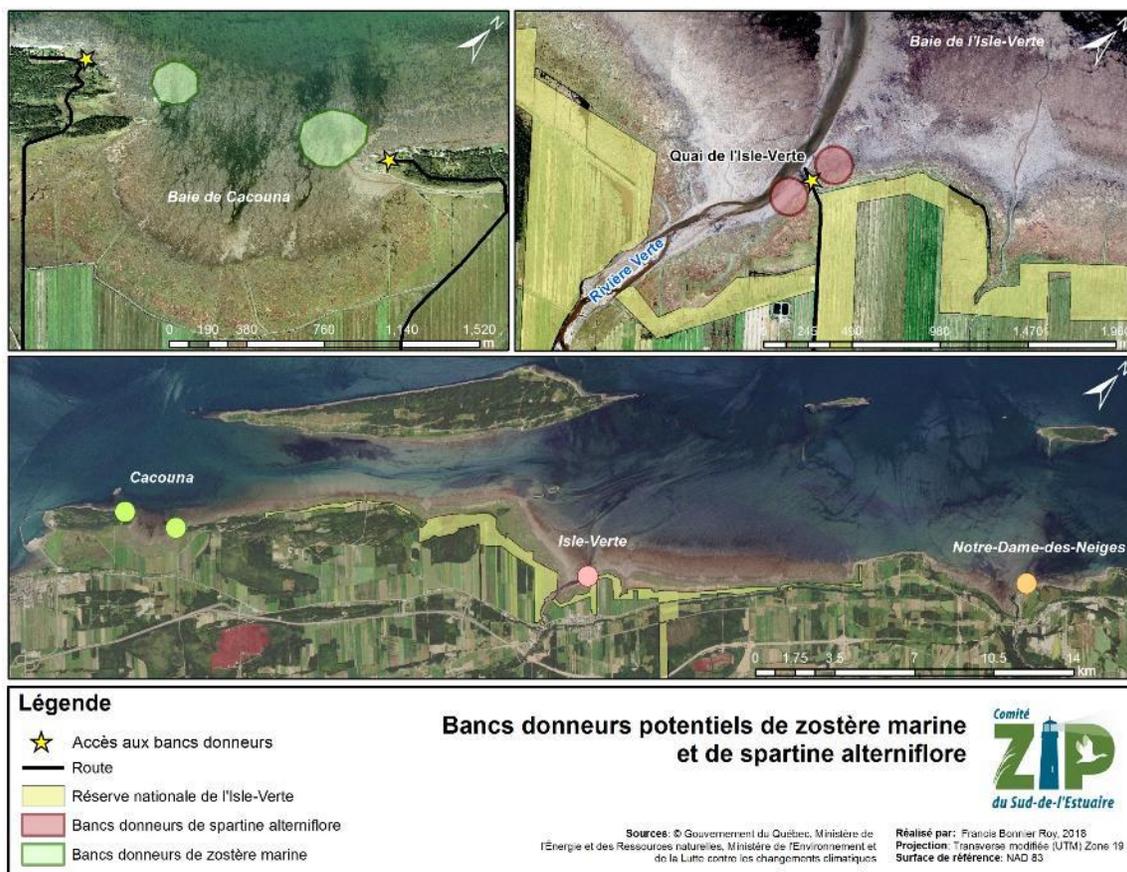


Figure 43. Carte de la restauration des habitats côtiers.

## 2. Restauration de l'herbier de zostère marine et du marais

La revégétalisation d'un secteur du marais ainsi que d'un secteur de l'herbier discontinu de zostère marine sera réalisée à l'aide de bancs donneurs se retrouvant à proximité des deux sites de restauration à l'île Verte et à Cacouna (figure 44).



**Figure 44.** Sites potentiels pour l'extraction de spartine alterniflore et de zostère marine.

Une plantation de spartine alterniflore sur une superficie d'environ 6 000 m<sup>2</sup> sera réalisée. Pour cela environ 18 000 unités de plantation seront extraites d'un banc donneur se trouvant non loin du quai de l'île Verte. Les bancs donneurs sont constitués de radeaux (plus ou moins grosse portion du marais) de spartine qui furent détachés par les glaces du marais pendant l'hiver précédent. Ces radeaux seront coupés en unités de plantation pour par la suite être déplacés dans des bacs jusqu'au site de restauration et être plantés dans les secteurs dénudés la journée même (annexe 7).

Quant à la plantation de zostère marine, environ 4 250 unités de plantation de zostère marine seront plantées pour couvrir une superficie d'environ 4 250 m<sup>2</sup>. Les unités de plantation proviendront de divers secteurs denses de l'herbier de Cacouna se trouvant non loin du site de restauration et donc ayant semblablement les

mêmes conditions environnementales. Ceux-ci seront prélevés sur les bancs donneurs pour être transportés jusqu'au site de restauration et être plantés la journée même (annexe 7).

Les deux superficies de restauration choisies ne sont pas complètement dénudées, celles-ci contiennent déjà des zones éparses de végétation naturelle de zostère marine et de spartine alterniflore (figure 45). La plantation sera réalisée entre les plants déjà présents et les mêmes sentiers seront utilisés pour accéder aux secteurs de plantation afin de diminuer le piétinement des plantes déjà en place. Leur étendue sera quantifiée quelques jours avant le début des travaux de restauration et la superficie réelle de plantation sera ainsi déterminée.



**Figure 45.** Exemple de zones de végétation éparses.

### **3. Restauration de la plage : recharge en sédiment et plantation de végétaux**

Dans l'objectif de donner un coup de main à la plage de ce secteur perturbé par l'érosion côtière, une recharge sédimentaire sur le haut de la plage est proposée en plus d'une plantation de végétaux sur celle-ci.

Le rechargement sédimentaire d'une plage consiste à déposer des sédiments sur la haute plage afin de créer une source sédimentaire artificielle qui sert à nourrir la plage (Dean 2002, 2004 et Pupier-Daucher, 2008). Le principal objectif est de rehausser et de reprofiler la pente de la plage pour ainsi recréer artificiellement une zone de perte d'énergie des vagues. Les sédiments réintégrés dans le système côtier doivent provenir d'un banc d'emprunt autorisé ne contenant aucune pollution et aucun contaminant et avoir une granulométrie similaire ou légèrement plus élevée que les sédiments déjà en place afin de s'assurer que des grains trop petits ne soient lessivés par les vagues (Dean, 2002, 2004). Puisque cette source sédimentaire est artificielle, elle n'est pas permanente et la source finit par se tarir en fonction des processus hydrodynamiques et des conditions climatiques à venir. Ainsi, il faut donc planifier des rechargements périodiques subséquents. Ainsi, plus le matériel est grossier et les quantités mises en place sont importantes, moins l'entretien de la recharge sera fréquent (Bérubé et al., 2018). Cependant, il est difficile d'évaluer la récurrence des recharges d'entretien puisque cette dernière est fortement dépendante des conditions hydrométéorologiques, de la récurrence des tempêtes, de la quantité de matériel et de la qualité des travaux réalisés (Bérubé et al., 2018). Afin de fixer un ordre de grandeur, il faudrait prévoir environ 75% des quantités initiales pendant une vie utile de la recharge sédimentaire (en deux ou trois opérations) soit environ une dizaine d'années pour ce genre de recharge. Toutefois, le Comité ZIPSE a déjà procédé à deux recharges sédimentaires à Rivière-Ouelle et Sainte-Flavie, et après six ans les recharges se portent bien et aucune n'a encore fait l'objet de recharge d'entretien. Cependant, suite aux prochaines tempêtes celles-ci nécessiteront éventuellement une intervention.

À la suite de la recharge, des végétaux seront plantés afin de diminuer la perte de sédiment. Ces végétaux présentent un système racinaire fort développé et un feuillage qui agit comme un filet qui retient les grains de sable et contribuent à stabiliser le sol. Les essences retenues pour la revégétalisation sont des espèces indigènes et résistantes aux aléas côtiers tels l'élyme des sables d'Amérique (*Leymus mollis mollis*) (Sowers, 2008), l'ammophile à ligule courte (*Ammophila breviligulata*) et le rosier rugueux (*Rosa rugosa*). Ces végétaux ont été utilisés dans de nombreux travaux de stabilisation des berges, avec succès, par le Comité ZIPSE comme à

l'embouchure de la Rivière Mitis (Bachand, 2011), à Sainte-Flavie (Bachand, 2012), Rivière-Ouelle (Bachand, 2012) et à Notre-Dame-du-Portage (Comtois, 2015).

### Préparation du site

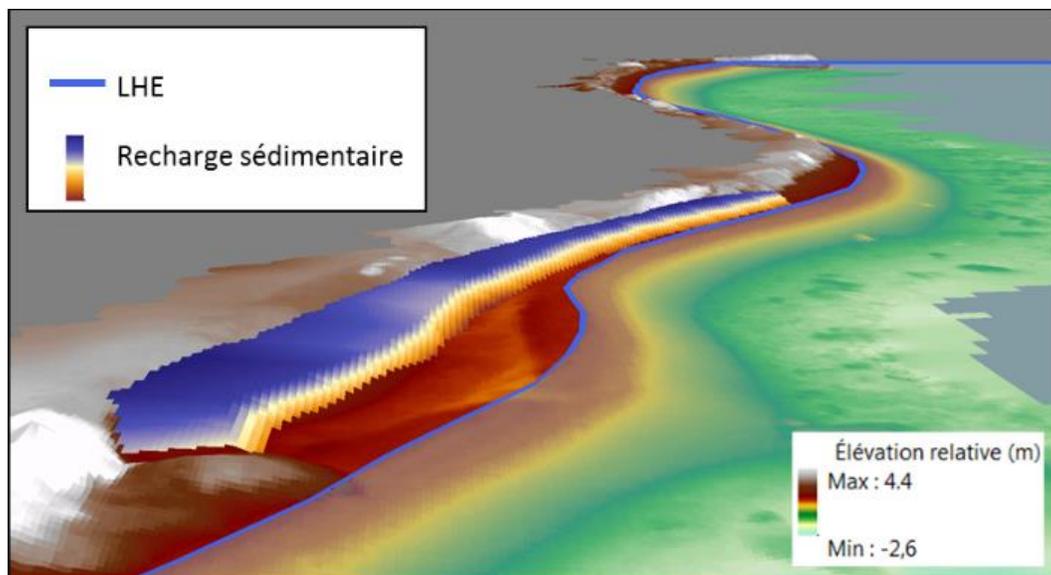
Avant la réalisation de la recharge sédimentaire, de l'asphalte provenant d'un ancien remblai devra être retiré du site (figure 46). Pour ce faire, en collaboration avec l'équipe technique de la municipalité de Notre-Dame-des-Neiges, environ 4 m<sup>3</sup> sera extrait du site pour ensuite être emmené à l'écocentre.



**Figure 46.** Morceaux d'asphalte provenant du remblai de la route à enlever du talus d'érosion.

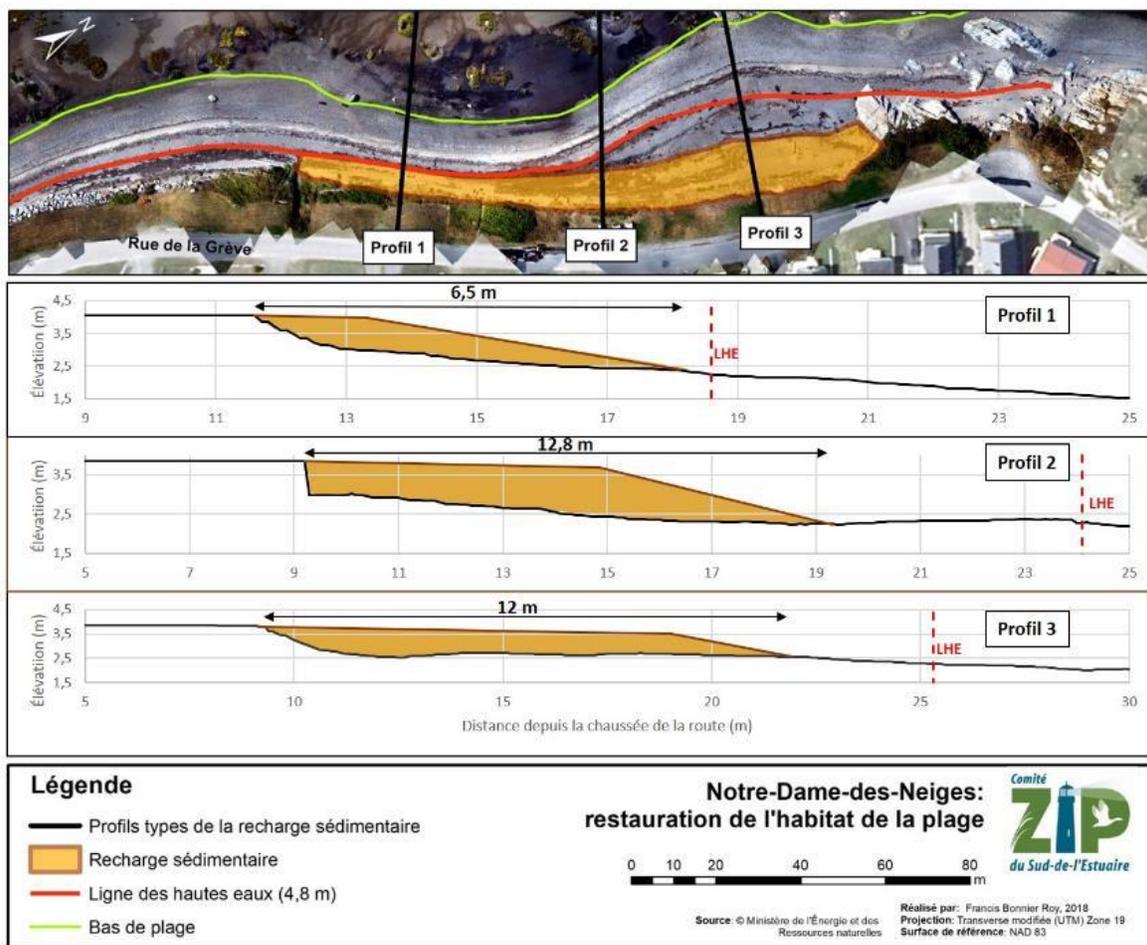
### Détails techniques de la recharge sédimentaire

Les plans et devis pour la conception de la recharge sédimentaire ont été réalisés par l'ingénieur Guillaume Bouchard. Les travaux auront lieu sur la plage dans le secteur du rocher Basile à Notre-Dame-des-Neiges sur 139 mètres linéaires, couvrant une superficie de 1 219 m<sup>2</sup>. Une quantité approximative de 835 mètres cubes de sédiments sera déposée sur le haut de plage en respectant une pente de 4% sur le dessus ainsi qu'une pente d'équilibre de l'ordre de 33% (3H/1V). Sa largeur varie entre 5,5 m à 12 m et son élévation entre 1 m et 1,5 m. De plus, la fin de la pente de l'ouvrage sera positionnée au-dessus du niveau de la ligne des hautes eaux (figure 47).



**Figure 47.** Conception 3D de la recharge sédimentaire prévue sur le modèle numérique d'élévation généré par Agisoft Photoscan.

Trois profils sont présentés sur la figure 48 afin de montrer les aspects techniques de l'intervention. Les sédiments seront déposés à partir de la microfalaise d'érosion jusqu'à la limite déterminée afin de restaurer cet habitat naturel.



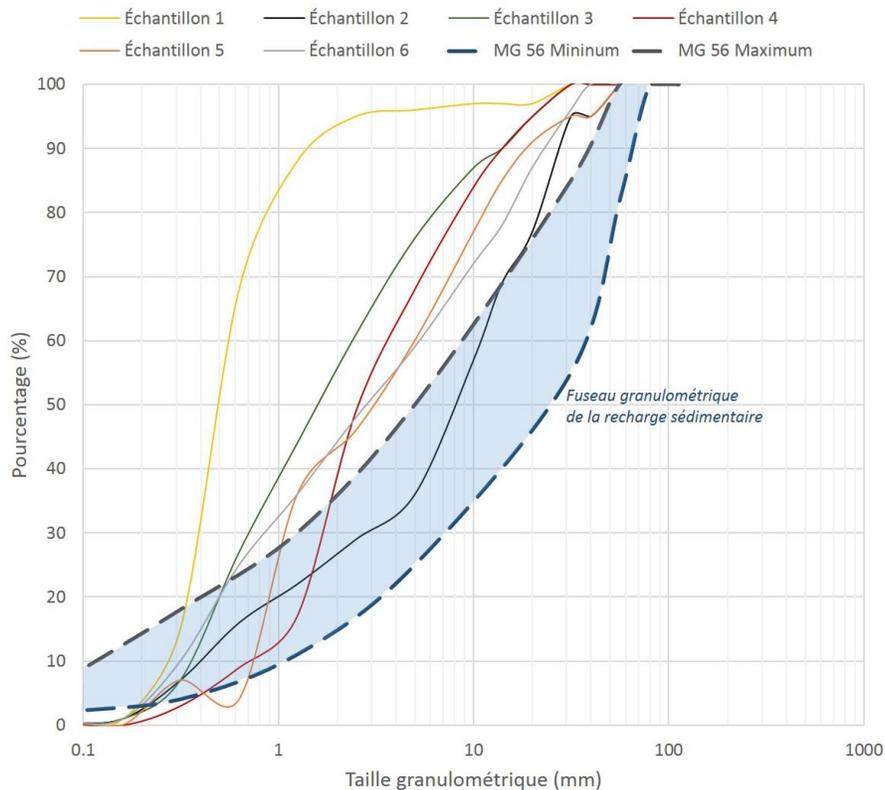
**Figure 48.** Emplacement et conception de la recharge sédimentaire.

Afin d'assurer une pérennité de l'aménagement, il est recommandé d'utiliser un sédiment ayant une granulométrie similaire à celle de la plage ou légèrement plus élevée. À l'aide des résultats obtenus des analyses granulométriques, les catégories de sédiments choisis seront du MG-56 et du CG-14 (tableau 4) pour la recharge de Notre-Dame-des-Neiges. Le diamètre médian (D50) du MG-56 est de 16 mm. Le CG-14, dont les sédiments sont plus fins, sera utilisé sur le dessus de la recharge afin de favoriser la plantation des végétaux dont le système racinaire aide à retenir les sédiments en place.

**Tableau 4.** Granulométrie MG-56 et CG-14. La colonne de gauche représente le minimum et la colonne de droite le maximum du pourcentage de chaque taille granulométrique nécessaire.

Granulométrie MG-56			Granulométrie CG-14	
Tamis (mm)	MIN	MAX	Pourcentage passant	
112	100	100	20mm	100
80	100	100	5mm	100
56	82	100	80µm	10
31,5	55	85		
5	25	50		
1,25	11	30		
0,315	4	18		
0,08	2	7		
D50 (mm)	27	5		
D50 moyen (mm)	16			

Le fuseau granulométrique de la recharge sédimentaire est détaillé à la figure 49, incluant les résultats des analyses sédimentaires des échantillons de plage. Le MG-56 a été retenu comme matériel pour les travaux puisqu'il respecte les conditions granulométriques naturelles de la plage tout en étant légèrement plus grossier dans le but de résister aux assauts des vagues. De plus, un aspect important dans le choix de la taille des sédiments était d'assurer la viabilité de la plage pour l'utilisation par les espèces de poisson. D'ailleurs, pour frayer le capelan préfère les plages de sables grossiers et de graviers, dont la granulométrie varie entre 2 à 25 mm (Templeman, 1948; Carscadden et al. 2013).



**Figure 49.** Fuseau granulométrique du matériel MG-56 et des échantillons sédimentaires de la plage.

La conception de la recharge avec une pente abrupte a pour objectif de se faire remanier naturellement par les vagues en déplaçant les sédiments et modifiant la morphologie de la plage jusqu'à atteindre son état d'équilibre. Par conséquent, une partie des matériaux a ainsi le temps de se consolider avant d'être remaniée. Si une tempête frappe la recharge sédimentaire peu de temps après sa mise en place, le fait que les matériaux soient principalement sur la haute-plage protège mieux le rivage que s'ils avaient été mis en place selon la pente d'équilibre théorique.

Les travaux seront réalisés en quelques jours au début de l'été lors des périodes de marée basse. Il sera important de réaliser les travaux de manière à minimiser la circulation sur la rive et informer les ouvriers du caractère sensible du site. Il y aura une trousse d'urgence environnementale en cas de déversement sur le site. La population voisine sera aussi avisée des horaires de travail, soit aux heures normales de travail entre 8 h 30 et 18 h. Il y aura au moins un membre du Comité ZIPSE toujours sur place durant la réalisation de l'ensemble des travaux. Voir le devis de l'ingénieur pour de plus amples détails en annexe de la demande de certificat d'autorisation.

### **Équipement**

Pour le rechargement sédimentaire, des camions-bennes seront utilisés afin de transporter les sédiments du banc d'emprunt au site à restaurer. Les sédiments seront déposés directement sur la haute plage et il n'y aura pas de site d'entreposage. Un tracteur chargeur muni d'une pelle avant ou d'une pelle mécanique, étendra et compactera les sédiments déposés par les camions-bennes de manière supervisée par le maître de chantier afin de respecter les dimensions et pentes de la recharge.

### **Estimation des volumes et des coûts approximatifs**

Le volume de la recharge sédimentaire est estimé à 835 m<sup>3</sup> sur une superficie de 1 285 m<sup>2</sup> (tableau 5). L'estimation des volumes a été calculée par l'ingénieur Guillaume Bouchard en utilisant le modèle numérique d'élévation généré grâce au levé photographique aérien et la méthode de photogrammétrie expliquée précédemment. Le matériel nécessaire proviendra d'une gravière/sablière possédant un CA valide en vertu des règlements sur les carrières et sablières. Le matériel sera transporté à l'aide de camions-bennes et déposé directement sur le haut de plage à partir de l'accès au chantier (figure 50). Une quantité de 703 m<sup>3</sup> a été estimée pour du MG-56 ayant un D50 de 16mm et sera mise en place et compactée par couche de 300 mm à 90% du P.M. Ensuite, une couche de CG-14 sera mise en place à l'état lâche sur le dessus du MG-80 tel qu'indiqué aux plans et devis signés scellés.

**Tableau 5.** Estimation des coûts des travaux de recharge sédimentaire.

Matériaux	Coût/m3	Volume (m3)	Total (\$)
MG-80	55,00\$	703	38 665 \$
CG-14	35,00\$	132	4 620 \$

Tel que mentionné précédemment, puisque ce type d'ouvrage nécessite des travaux d'entretien au fil du temps et qu'il est difficile à ce jour d'estimer les volumes et la récurrence des recharges d'entretien, un système de suivi sera mis en place. Notamment, l'analyse des images des caméras *Reconyx* dans les mois et les années qui suivent les travaux de recharge permettra de visualiser comment celle-ci réagit aux différents épisodes de tempêtes et nous aidera à gérer progressivement les recharges subséquentes.



**Figure 50.** Emplacement de la plantation des végétaux sur la recharge sédimentaire.

## Végétalisation de la recharge sédimentaire

La végétalisation de la recharge sera exécutée manuellement puisqu'aucune machinerie ne sera utilisée lors de cette étape de la restauration. Cette étape sera réalisée à la fin des travaux de recharge sédimentaire. Trois espèces de plantes seront plantées dans deux zones du site de restauration (figure 50). Sur une superficie de 590 m<sup>2</sup> (recharge sédimentaire), 8 850 plants d'élymes des sables et d'ammophiles à ligule courte. Il y aura aussi 300 rosiers qui seront plantés sur la recharge, couvrant une superficie de 221 m<sup>2</sup>. Les plants seront plantés en quinconce espacés d'une distance variable selon les espèces (voir annexe 8).

Le tableau 6 indique une estimation des coûts reliés à la plantation des différentes espèces de végétaux sur le site de restauration. Le coût des plants d'ammophiles à ligule courte est relativement semblable à celui de l'élyme des sables, ils sont donc regroupés dans la même catégorie, soit celle d'élyme des sables. Ces montants comprennent le coût d'achat des plants, la main-d'œuvre et les coûts associés (hébergement, etc.).

**Tableau 6.** Description de la tarification des travaux de végétalisation prévus.

Superficie à végétaliser		Nombre de plants		Coûts \$	
Rosiers	Élyme des sables	Rosiers (1/m <sup>2</sup> )	Élyme des sables (15/m <sup>2</sup> )	Rosiers 20\$/m <sup>2</sup>	Élyme des sables 26\$/m <sup>2</sup>
221 m <sup>2</sup>	590 m <sup>2</sup>	300 plants	8 850 plants	4 420 \$	15 340 \$
<b>Total</b>	811 m <sup>2</sup>	9 071 plants		19 760 \$	

## CALENDRIER DES TRAVAUX ET DU SUIVI

L'ensemble des travaux de recharge sédimentaire, plantation d'élyme des sables, de rosiers, de spartine alterniflore ainsi que de zostère marine ont été planifiés dans un calendrier provisoire en indiquant le temps requis pour les réaliser (tableau 7). Les délais ont été évalués en fonction de l'expérience que le Comité ZIPSE possède d'après les travaux précédents du même type.

**Tableau 7.** Calendrier de réalisation des travaux de recharge sédimentaire et des plantations.

<b>À réaliser</b>	<b>Mai- Juin</b>	<b>Juillet - Août</b>	<b>Septembre - Octobre</b>
Plantation zostère	1 semaine		
Plantation spartine	2 semaines		
Recharge sédimentaire	1 semaine		
Plantation élymes	2 jours		
Suivi plantation		1 jour	1 jour
Suivi recharge			1 jour

## CONCLUSION

L'analyse historique montre que le littoral de la cellule hydrosédimentaire des Grèves est depuis 1929 en légère accrétion. Toutefois, une certaine hétérogénéité dans les résultats dévoile que des épisodes d'érosion et d'accumulation ont ponctué la zone d'étude depuis près de 90 ans. En effet, le secteur le plus à l'ouest (près du quai de la Rivière des Trois Pistoles) démontre une accrétion constante. D'autres secteurs, tels que la grève Morency et la grève Rioux, sont plus instables et présentent davantage d'érosion. Cette analyse permet de confirmer que la dérive littorale se fait de l'est vers l'ouest ce qui amène les sédiments à voyager et à s'accumuler en aval de ces courants littoraux. De plus, les quinze dernières années ont été particulièrement importantes au niveau des taux d'érosion côtière du secteur avec des reculs moyens jamais encore enregistrés depuis la première série de photographies aériennes disponibles.

Un secteur d'intérêt plus particulier a été révélé grâce aux analyses, soit la plage en érosion devant le 110 rue de la Grève totalisant 140 m linéaires. Ainsi, afin de restaurer ce site perturbé, une recharge sédimentaire et une revégétalisation de la plage à l'aide d'élyme des sables, ammophile et rosiers seront réalisées au printemps 2019. De plus, le secteur de la restauration d'habitats contient aussi un marais et un herbier de zostère marine. Ces deux habitats feront eux aussi partie du projet de restauration de l'habitat faunique. Pour chacun des deux habitats, une transplantation sera réalisée dans les secteurs dénudés au printemps 2019. La combinaison de ces interventions permettra à ce secteur d'être plus résistant face aux divers aléas côtiers. Elle permettra également d'assurer une connectivité entre ces différents habitats complémentaires, de recréer un corridor écologique pour les espèces animales et végétales qui les fréquentent, qui seront d'ailleurs ainsi protégées.

En somme, ces efforts de restauration d'habitats côtiers permettront :

- De consolider la connectivité des habitats par une revégétalisation,
- D'améliorer la qualité de l'eau par une revégétalisation,
- De renaturaliser les secteurs artificialisés,
- D'augmenter la capacité de résilience des habitats par une recharge en sable de la plage.

À terme, les actions de restauration proposées à Notre-Dame-des-Neiges permettront de diminuer les pertes pour l'habitat du poisson dans les habitats côtiers et d'augmenter la biodiversité en préservant et restaurant des habitats

naturels perturbés essentiels pour les espèces fourragères tels que l'éperlan arc-en-ciel, le capelan, le hareng ou encore l'aloise savoureuse.

Aussi, des relevés sur le terrain seront également réalisés à la suite des travaux afin d'effectuer des suivis de la recharge de plage ainsi que de l'ensemble des travaux de revégétalisation. Les suivis géomorphologiques seront faits à l'aide de la plateforme SIMBA afin de suivre le déplacement des sédiments de la recharge. Deux caméras seront également en place afin de récolter des images toutes les cinq minutes pour apprécier l'évolution de l'ensemble des travaux. Des parcelles seront installées sur la recharge, dans le marais ainsi que dans l'herbier de zostère marine afin de suivre la croissance et le taux de survie des plants qui auront été plantés lors de la restauration. En dernier lieu, des inventaires ichtyologiques annuels, suivant le même protocole d'échantillonnage, seront réalisés au même endroit et à la même période afin de suivre les populations de poisson présentes dans le secteur restauré pendant les trois prochaines années.

## RÉFÉRENCES

- Aubry, Y. et R. Cotter. (2007). Plan de conservation des oiseaux de rivage du Québec. Environnement Canada, Service canadien de la faune, région du Québec, Sainte-Foy, xvi + 203 p.
- Bachand, E. (2011). Caractérisation de l'embouchure de la rivière Mitis, Rapport remis au Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, 16 p.
- Bachand, E. (2012). Restauration de la plage des Jésuites, Rivière-Ouelle. Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire. Rimouski, Québec, 26p.
- Bachand, E. (2013). Restauration de la plage de la halte marine du Gros-Ruisseau, Sainte-Flavie. Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire. Rimouski, Québec, 25p.
- Bataillon-Hogrefe, É., Birien, T., Corriveau, J., Costales, L., Côté, M., Favreau-Cyr, L., Samuel Leduc, N. (2013). Portrait de la zone côtière de Grand-Métis et de Métis-sur-Mer. Rimouski.
- Bernatchez, P., Fraser, C., Friesinger, S., Jolivet, Y., Dugas, S., Drejza, S. et Morissette, A. (2008). Sensibilité des côtes et vulnérabilité des communautés du golfe du Saint-Laurent aux impacts des changements climatiques. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski, Rimouski, 256 p.
- Bérubé, J., Marchand, J-P. et Ropars, Y. (2018) Projet de restauration du milieu côtier et d'aménagement d'habitats fauniques. Environnement CA, Saint-Bruno, Québec. 170p.
- Bourassa, M.-N. (2005). Caractérisation de la frayère à éperlans arc-en-ciel et du bassin versant de la Rivière Trois-Pistoles. Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, Rimouski (Québec). 81p.
- Boyer-villemaire, U., Marie, G. et Bernatchez, P. (2014). Vulnérabilité des infrastructures routières de l'Est du Québec à l'érosion et à la submersion côtière dans un contexte de changements climatiques : Analyse des stratégies internationales et recommandations en matière de réduction de la vulnérabilité des infrastructures de transport face aux risques naturels côtiers, Rapport final, Volume II, Université du Québec à Rimouski. 165p.
- Brouillet, L., F. Coursol, S. J. Meades, M. Favreau, M. Anions, P. Bélisle et P. Desmet. (2010). VASCAN, la Base de données des plantes vasculaires du Canada. <http://data.canadensys.net/vascan/> (consulté à plusieurs reprises en septembre et octobre 2018)

Carscadden, J. E., Gjørseter, H. et Vilhjálmsson, H. (2013). Recruitment in the Barents Sea, Icelandic, and eastern Newfoundland/Labrador capelin (*Mallotus villosus*) stocks. *Progress in Oceanography* 114(Supplement C): p. 84-96.

Chabot, Robert et Rossignol, A. (2003). Algues et faune du littoral du Saint-Laurent maritime : Guide d'identification. Institut des sciences de la mer de Rimouski, Rimouski; Pêches et Océans Canada (Institut Maurice-Lamontagne) Mont-Joli. 133 p.

Comtois, S., É. Bachand et J-É. Joubert (2015) Caractérisation du système côtier de l'Anse-du-Portage. Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire. Rimouski, Québec. 55p.

COSEPAC (2007). Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le bécasseau maubèche de la sous-espèce rufa (*Calidris canutus rufa*), du type roselaari (*Calidris canutus roselaari* type) et de la sous-espèce islandica (*Calidris canutus islandica*) au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. vii + 67 p. ([http://www.registrelep-sararegistry.gc.ca/species/speciesDetails\\_f.cfm?sid=980](http://www.registrelep-sararegistry.gc.ca/species/speciesDetails_f.cfm?sid=980))

David, N. (1996). Liste commentée des oiseaux du Québec. Association québécoise des groupes d'ornithologues. 169 p.

Dionne, J.-C. (1993). Données quantitatives sur les cailloux à la surface du couvert glaciaire, estuaire du Saint-Laurent. *Géographie physique et Quaternaire*, 47(2), p. 181-192.

Dean, R. G., 2002. Beach nourishment: Theory and practice. World Scientific, River Edge, 399 p.

Dean, R.G. et Dalrymple, R. A. (2004) Coastal processes: with engineering applications, Cambridge, U.K. New York : Cambridge University Press, 475p.

Donaldson, G. M., Hyslop, C., Morrison, R. I. G., Dickson, H. L. et Davidson, I. (dir.). (2000). Plan canadien de conservation des oiseaux de rivage. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa (Ont.). 27p.

Drejza, S., Friesinger, S. et Bernatchez, P. (2014). Vulnérabilité des infrastructures routières de l'Est du Québec à l'érosion et à la submersion côtière dans un contexte de changements climatiques : Caractérisation des côtes, dynamique hydrosédimentaire et exposition des infrastructures routières à l'érosion et à la submersion, Est du Québec, Volume I, Projet X008.1. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Remis au ministère des Transports du Québec, mars 2014, 226 p. + annexes.

Équipe de rétablissement de l'éperlan arc-en-ciel du Québec. (2008). Plan de rétablissement de l'éperlan arc-en-ciel (*Omerus mordax*) au Québec, population du sud de l'estuaire du Saint-Laurent - mise à jour 2008-2012.

FLEURBEC. (1985). Plantes sauvages du bord de la mer. Guide d'identification. Fleurbec éditeur, Saint-Augustin (Portneuf), Québec.

Flora of North America, Liste taxonomique et recherche d'espèces [en ligne]. Adresse URL : [http://www.efloras.org/flora\\_page.aspx?flora\\_id=1](http://www.efloras.org/flora_page.aspx?flora_id=1)

Galbraith, P.S., Chassé, J., Caverhill, C., Nicot, P., Gilbert, D., Pettigrew, B., Lefavre, D., Brickman, D., Devine, L., et Lafleur, C. (2017). Physical Oceanographic Conditions in the Gulf of St. Lawrence in 2016. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/044. 91 p.

Gauthier, J., et Aubry, Y. (dir). 1995. Les oiseaux nicheurs du Québec : atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional, Association québécoise des groupes d'ornithologues, Société québécoise des groupes d'ornithologues, Société québécoise de protection des oiseaux, Service canadien de la faune, Environnement Canada, région du Québec.

Giguère, M. Brulotte, S. et Hartog, F. (2007) Évaluation de quelques gisements de mye commune (*Mya arenaria*) de la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent en 2005 et 2006. Rapp. Tech. Can. Sci. Halieut. Aquat. 2738 : xi + 107p.

Gouvernement du Canada. Oiseaux migrateurs, situation des oiseaux au Canada (2014). Statistiques sommaires : Bruant de Nelson (*Ammodramus nelsoni*) <https://faune-especes.canada.ca/situation-oiseaux/oiseau-bird-fra.aspx?sY=2014&sL=f&sM=p1&sB=NESP>

Hemminga, M. A. et Duarte, C. M. (2000). Seagrass ecology. U.K.: (n. é.). 297p.

ICOAN. (2012). Initiative de conservation des oiseaux de l'Amérique du Nord. État des populations d'oiseaux du Canada, 2012. Environnement Canada, Ottawa, Canada. 36p.

Jackson, E. L., Rowden, A. A., Ahrill, M. J., Bossey, S. J. et Jones, M. B. (2001). The importance of seagrass beds as a habitat for fishery species. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, 39, p. 269- 303.

Joyal, G. et Morissette, A. (2018). Plateforme d'acquisition de données topographiques et d'imagerie à haute résolution : Rapport méthodologique final. Rimouski. 23p.

Juneau, M.-N. Bachand, É. Et Lelièvre-Mathieu, A. (2012) Restauration et aménagement du littoral : Guide de bonnes pratiques du Bas-Saint-Laurent, Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, Rimouski, Québec, 40p.

Larivée, J. (2013). Liste des mentions du bécasseau maubèche au sud de l'estuaire extrait de la banque Étude des populations d'oiseaux du Québec.

Larivée, J. (2015). Synthèse des observations d'oiseaux du territoire du Club des ornithologues du Bas-Saint-Laurent. Rimouski, Version du 21 janvier 2015. Club des ornithologues du Bas-Saint-Laurent.

Lazzari, M. A., Sherman, S. et Kanwit, J. K. (2003). Nursery use of shallow habitats by epibenthic fishes in Maine nearshore waters. *Est. Coast. Shelf. Sci.*, 56, p.73- 84.

Marie-Victorin. (1995). Flore Laurentienne. Troisième édition. Les presses de l'Université de Montréal.

Martel, M., Provencher, L., Grant, C., Ellefsen, H.-F. et Pereira, S. (2009). Distribution et description des herbiers de zostère du Québec.

Mercure M. et Bruneau, A. (2008). Hybridization between the escaped *Rosa rugosa* (rosaceae) and native *R. blanda* in Eastern North America. *American Journal of Botany* 95(5): 597–607. 2008. Institut de recherche en biologie végétale, Université de Montréal.

MRC des Basques, (1987), Schéma d'aménagement. Trois-Pistoles, 106p.

Municipalité de Notre-Dame-des-Neiges, Attractions et activités. [En ligne] <http://www.notredamedesneiges.qc.ca/bienvenue-chez-nous/attractions-et-activites/>

Noël, R., Pothier, J. et Joubert, J.-É. (2018). Protocole d'échantillonnage ichtyologique 2018-2022. Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire. Rimouski, Québec. 18p.

O'brien, M., Crossley, R. et Karlson, K. (2006). *The Shorebird Guide*. Houghton Mifflin Harcourt, 2006 - 477p.

Ouranos. (2015). Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec. Partie 1: Évolution climatiques au Québec (Édition 20.). Montréal, Québec. 115p.

Owen, M. W. (1984). Effectiveness of saltings in coastal defence. Actes du colloque MAFF Conference of River and Coastal Engineers, Cranfield.

Pelletier, A.-M., Bourget, G., Legault, M. et Verreault, G. (2011). Réintroduction du Bar rayé (*Morone saxatilis*) dans le fleuve Saint-Laurent : bilan du rétablissement de l'espèce. *Le Naturaliste Canadien*, 135, 1, p. 79-85.

Pothier, J., Quintin, C., Noël, R., Bonnier-Roy, F., Juneau, M.-N., Bachand, É., (2018). Protocole de suivi des travaux de restauration à Notre-Dame-du-Portage, Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, Rapport remis à Pêches et Océans Canada, Rimouski, 17p.

Pupier-Dauchez, S. (2008) Le rechargement sédimentaire des plages Vendéennes et Charentaise : Vers une gestion globale du littoral ? Actes du Colloque international « Le littoral : subir, dire, agir ». Lille, France. 11p.

Rompré, G., Page, A. et Shaffer, F. (1998). Status Report on Nelson's Sharp-Tailed Sparrow *Ammodramus nelsoni* in Canada. Report submitted to the Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada. 26p.

Savard, J., Bernatchez, P., Morneau, F., Saucier, F., Gachon, P., Senneville, S., Jolivet, Y. (2008). Étude de la sensibilité des côtes et de la vulnérabilité des communautés du golfe du Saint-Laurent aux impacts des changements climatiques: Synthèse des résultats. (s. l.) : (n. é.).

Senneville, S., St-Onge Drouin, S., Dumont, D., Bihan-Poudec, A.-C., Belemaalem, Z., Corriveau, M., Bernatchez, P., Bélanger, S., Tolszczuk-Leclerc, S. Et Villeneuve, R. (2014) « Rapport final : modélisation des glaces dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent dans la perspective des changements climatiques », ISMER-UQAR, Rapport final présenté au ministère des Transports du Québec, 384p.

Sibley, D., A. (2003). The Sibley field guide to birds of eastern North America.

Sowers, P. (2008). Plant propagation protocol for *Leymus mollis* spp. *mollis*, ESRM 412 – Native plant production, 8p.

Stroud, Da, Baker, A., Blanco, De. et Davidson, Nc. (2006). The conservation and population status of the world's waders at the turn of the millennium. In: Boere GC, Galbraith CA, Stroud DA et al (eds). Waterbirds around the world. The Stationery Office, Edinburgh, p.643–648.

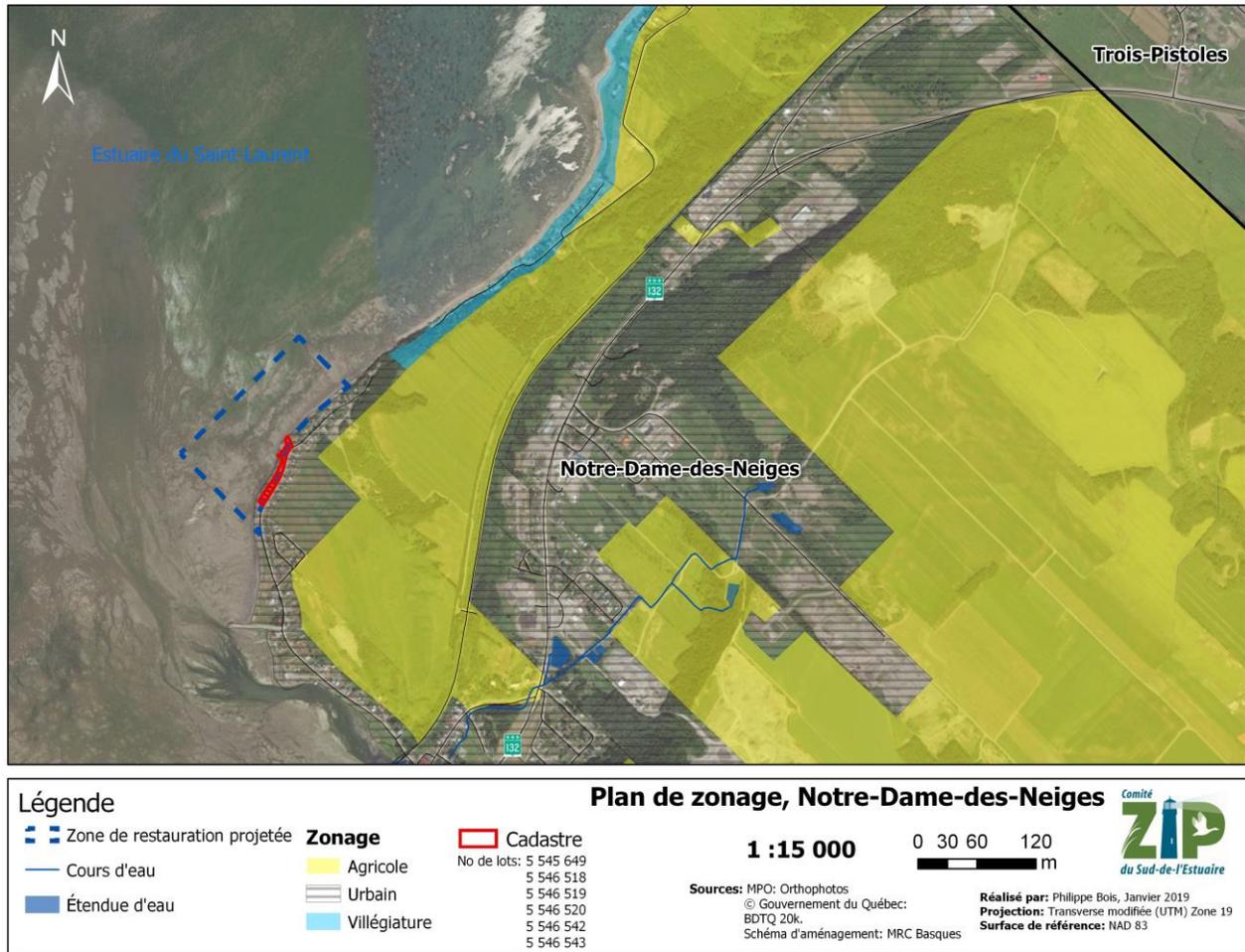
Templeman, W. (1948). The life history of the capelin (*Mallotus villosus* (O. F. Muller)) in Newfoundland waters. Bulletin of the Newfoundland Government Laboratory, 17: 151 p.

Turcotte, Y. (2013). Inventaire des limicoles sur la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent au cours de la migration automnale en 2011 et 2012. Rapport technique. Cégep de La Pocatière, La Pocatière. x + 28p.

Veillette, J.J., Cloutier, M., Paradis, S.J., Hétu, B., Cloutier, C.-A., Houde-Poirier, M. et Buffin-Bélanger, T. (2017). Géologie des formations en surface et histoire glaciaire, Bas-Saint-Laurent, Québec; Commission géologique du Canada, Carte géoscientifique du Canada 279 (préliminaire), échelle 1/250 000. doi:10.4095/299135

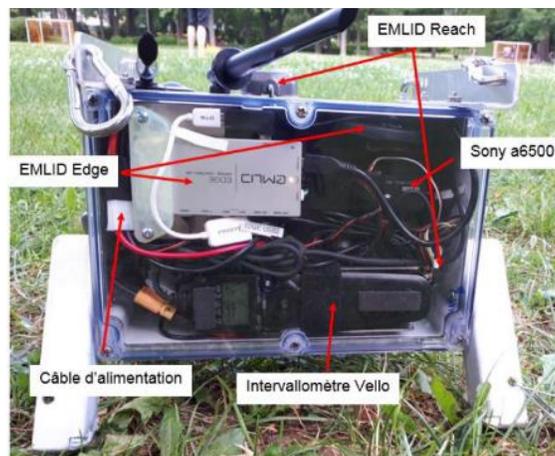
# ANNEXES

## Annexe 1. Plan de localisation et zonage du territoire



## Annexe 2. Description et fonctionnement du SIMBA.

La plateforme SIMBA (Système d'Imagerie Mobile de Basse Altitude) est un boîtier étanche dans lequel est inséré plusieurs composantes : un appareil photo Sony a6500, un intervallo-mètre Vello, une pile qui fournit l'alimentation aux composantes par un câble d'alimentation et EMLID Edge et Reach pour la connectivité et la position GPS de la plateforme. La caméra Sony a6500 est adaptée à ce type de levé puisqu'elle possède des lentilles interchangeables pour grand-angle et macro. Elle est reliée à un intervallo-mètre qui permet à l'opérateur de paramétrer l'intervalle (secondes) de la prise des photos. Elle est aussi reliée à un récepteur GNSS (EMLID Reach) qui synchronise les photographies avec l'horloge GPS. Ce montage permet de géoréférencer les images directement lors de l'acquisition. Le EMLID Reach est un outil d'aide à la navigation, permettant en temps réel de visualiser sur la tablette numérique Panasonic la position et l'altitude de la plateforme.



**Annexe 3.** Protocole granulométrique utilisé pour la recharge sédimentaire de Notre-Dame-des-Neiges.



### 1. Objet

La présente méthode d'essai a pour objet la détermination de la granulométrie de matériaux granulaires naturels, de résidus d'enrobé, de résidus de béton, de granulats industriels ou de tout autre matériau pulvérulent.

### 2. Références

La présente méthode d'essai renvoie à l'édition la plus récente des documents suivants :

#### NORMES :

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM)

ASTM C 136 « Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates ».

ASTM C 670 « Practice for Preparing Precision and Bias Statement for Test Methods for Construction Materials ».

ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION (ISO)

ISO 3310-1 « Tamis de contrôle – Exigences techniques et vérifications – Partie 1 : Tamis de contrôle en tissus métalliques ».

#### AUTRE DOCUMENT :

MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC, LABORATOIRE DES CHAUSSÉES (LC)

LC 21-015 « Réduction des échantillons pour essais en laboratoire ».

### 3. Définitions

Les définitions suivantes s'appliquent à la présente méthode d'essai :

#### Gros granulat :

Partie du granulat dont les particules sont de dimensions comprises entre 5 mm et 125 mm.

#### Granulat fin :

Partie du granulat dont les particules sont de dimensions comprises entre 0 et 5 mm.

### 4. Principe de l'essai

Séparer par tamisage, sur une série de tamis aux mailles de plus en plus petites, une quantité de matériaux granulaires pour en déterminer la granularité, c'est-à-dire effectuer le classement en pourcentage des particules de différentes grosseurs qui forment ce matériau granulaire.

### 5. Appareillage

#### 5.1 Balance

La pesée des matériaux granulaires s'effectue sur une balance précise au 0,1 % de la masse de la prise d'essai.

### 5.2 Tamis

Utiliser des tamis de contrôle à mailles carrées en tissus métalliques, conformément aux exigences de la norme ISO 3310-1 « Tamis de contrôle – Exigences techniques et vérifications – Partie 1 : Tamis de contrôle en tissus métalliques ». L'assemblage des tamis permet d'éviter toute perte de particules durant le tamisage.

### 5.3 Étuve

Utiliser une étuve de dimension adéquate et pouvant maintenir une température uniforme de  $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ , sauf dans le cas des matériaux granulaires contenant des particules d'enrobé ou des granulats sensibles à la déshydratation, où la température doit être maintenue à  $50\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ .

### 5.4 Tamiseur mécanique

Le tamiseur mécanique transmet aux tamis un mouvement vertical ou latéral et vertical à la fois, de manière à forcer les particules qui s'y trouvent à rebondir et à se présenter sous une orientation différente à la surface de tamisage. Le résultat du tamisage doit satisfaire au critère d'acceptation décrit à l'article 7, et ce, dans un délai raisonnable (moins de 20 minutes).

## 6. Échantillon et préparation de la prise d'essai

### 6.1 Échantillon

La masse de l'échantillon destiné à l'analyse granulométrique devrait préférablement être au moins égale à quatre fois la masse prescrite au tableau 1 selon la dimension nominale maximale des granulats.

Réduire l'échantillon conformément à la méthode LC 21-015 « Réduction des échantillons pour essais en laboratoire », afin qu'il réponde aux valeurs du tableau 1. Sécher l'échantillon jusqu'à masse constante, conformément à l'article 5.3, le laisser refroidir jusqu'à ce qu'il atteigne la température ambiante.

### 6.2 Granulat fin

La masse des granulats fins destinés à l'analyse granulométrique doit avoir une masse sèche conforme aux valeurs du tableau 1.

### 6.3 Gros granulat

La masse des gros granulats destinés à l'analyse granulométrique ne doit pas être inférieure à la valeur indiquée au tableau 1.

### 6.4 Mélanges de gros granulats et de granulats fins

La masse d'un mélange de gros granulats et de granulats fins destiné à l'analyse granulométrique doit être supérieure ou égale à la valeur indiquée dans le tableau 1. La masse de la fraction passant le tamis de 5 mm de ce mélange doit également être supérieure ou égale à la valeur indiquée dans le tableau 1.



#### 6.5 Détermination du tamisat au 80 µm

Le pourcentage du tamisat au tamis 80 µm est calculé à partir de la masse initiale avant lavage et de la masse retenue cumulée au tamis de 80 µm.

### 7. Mode opératoire

#### 7.1 Tamisage

Superposer les tamis par ordre décroissant d'ouverture des mailles à partir du haut et placer l'échantillon sur le tamis supérieur.

Le tamisage est réalisé en agitant manuellement ou mécaniquement la colonne de tamis pendant un certain laps de temps. Le tamisage doit s'effectuer en agitant les tamis verticalement et horizontalement pour que les particules soient constamment en mouvement à leur surface. De manière générale, considérer que le tamisage est terminé lorsque le refus restant sur un tamis donné ne varie pas de plus de 1 % en 1 minute de tamisage manuel continu, exécuté comme suit :

- tenir d'une main le tamis, muni d'une terrine et d'un couvercle, et l'incliner légèrement;
- avec l'autre main, frapper le côté du tamis dans un mouvement ascendant, à la cadence d'environ 150 fois par minute, en prenant soin d'imprimer au tamis une rotation d'un sixième de tour tous les 25 coups.

Le temps de tamisage du gros granulat des matériaux granulaires contenant des résidus d'enrobé ne doit pas dépasser 3 minutes. Le temps de tamisage du granulat fin des matériaux granulaires contenant des résidus d'enrobé ne doit pas dépasser 10 minutes.

Au terme du tamisage, la quantité de matériau sur chacun des tamis dont la maille est supérieure ou égale à 5 mm ne doit jamais dépasser, en kilogrammes par mètre carré de surface de tamisage, plus de 2,5 fois l'ouverture en millimètres des mailles du tamis. Par exemple, sur un tamis ayant une ouverture de 10 mm et une dimension de 375 mm x 575 mm, le tamisage n'est valide que si la quantité de matériau est inférieure à  $((2,5 \times 10 \text{ mm}) \times (0,375 \text{ m} \times 0,575 \text{ m}))$ , c'est-à-dire 5,4 kg.

Au terme du tamisage, la quantité de matériau sur chacun des tamis dont la maille est inférieure à 5 mm ne doit jamais dépasser 6,15 kg/m<sup>2</sup>. Cette limitation équivaut à 0,193 kg pour un tamis standard de 200 mm de diamètre (surface = 0,0314 m<sup>2</sup>). Pour réduire la contrainte sur le tamis, utiliser un tamis intermédiaire ou réaliser le tamisage en plusieurs étapes.

Les particules plus grosses que 80 mm peuvent être tamisées à la main, une par une, en déterminant la plus petite ouverture de tamis à travers laquelle passe chacune d'elles.

La pesée cumulative du contenu des tamis est réalisée au gramme près pour le gros granulat et au dixième de gramme près pour le granulat fin. Lorsque le tamisage s'effectue en plusieurs étapes, les pesées sont cumulatives.

La masse totale des pesées après le tamisage ne doit pas différer de plus de 0,3 % de la masse de la prise d'essai initiale avant tamisage.

#### 7.2 Lavage du granulat fin

Le lavage permet d'enlever la majeure partie des particules inférieures à 80 µm.

- Placer la prise d'essai dans un récipient approprié et ajouter suffisamment d'eau pour la recouvrir. L'utilisation de détergent ou d'un agent dispersant est interdite.
- Agiter le tout vigoureusement et décantier immédiatement l'eau de lavage sur le jeu de tamis, le tamis de 80 µm étant placé sous un tamis protecteur. Agiter suffisamment pour que toutes les particules passant le tamis de 80 µm se séparent complètement de celles qui y sont retenues et pour qu'elles demeurent en suspension de manière à pouvoir les retirer de l'eau de lavage par décantation. Toutefois, il faut éviter autant que possible d'enlever par décantation les grosses particules.
- Répéter les mêmes opérations jusqu'à ce que l'eau devienne limpide.

### 7.3 Tamisage à sec du granulat fin lavé

Le lavage ayant permis d'enlever la majeure partie des particules inférieures à 80 µm, un tamisage à sec doit suivre afin d'enlever les particules fines n'ayant pas été lavées.

- Ajouter à la prise d'essai lavée toutes les particules retenues sur les tamis superposés. Faire sécher celles-ci jusqu'à masse constante, laisser refroidir jusqu'à la température ambiante et tamiser en suivant les indications de l'article 7.1. Dans le cas particulier du granulat fin contenant des résidus d'enrobé, la température de séchage doit être limitée à 50 °C afin d'éviter que les particules ne s'agglomèrent.

## 8. Calcul et expression des résultats

Les résultats de l'analyse granulométrique d'un matériau granulaire sont calculés à partir des masses retenues cumulées et/ou retenues à chaque tamis par rapport à la masse sèche de la prise d'essai. Ils sont exprimés en pourcentage passant par rapport à l'échantillon total (résultats de l'analyse granulométrique combinée) ou par rapport à la teneur en gros granulats et granulats fins (résultats de l'analyse granulométrique séparée). Les résultats sont exprimés à l'unité près pour les tamis de dimension supérieure à 80 µm et à 0,1 % près pour le tamis au tamis 80 µm. Un exemple de calcul de pourcentage passant est donné à l'annexe A.

## 9. Rapport de l'essai

Le rapport d'essai doit contenir les informations suivantes :

- le numéro d'identification du matériau;
- la granularité en pourcentage passant par tamis.

## 10. Fidélité

### 10.1 Granulométrie par tamisage

Dans le cas du gros granulat d'une grosseur maximale de 20 mm, les indices de fidélité sont indiqués dans le tableau 2; les valeurs sont données pour différentes étendues de pourcentages cumulés de granulats passant un tamis.



### 10.2 Détermination du pourcentage de particules inférieures à 80 µm par lavage

L'écart type trouvé en pourcentage, quant à la reproductibilité de cet essai, est de 0,22 % pour un granulats de grosseur nominale maximale de 20,0 mm avec moins de 1,5 % passant au tamis de 80 µm. Par conséquent, les résultats de deux essais effectués conformément aux normes par deux laboratoires différents sur des échantillons semblables de gros granulats ne doivent pas différer de plus de 0,62 %. Quant à la répétabilité, l'écart en pourcentage est de 0,10 %, de sorte que les résultats de deux essais conformes à la méthode, effectués par un même opérateur sur le même gros granulats, ne doivent pas différer de plus de 0,28 %.

### 11. Approbation

La présente méthode d'essai a été approuvée par le responsable du Secteur sols, fondations et granulats de la Direction du laboratoire des chaussées.

Claude Robert, ing., M. Sc.  
Service des matériaux d'infrastructures

Signature

Tableau 1  
Masse minimale des prises d'essai du gros granulats et du granulats fin

Dimension nominale maximale des granulats (mm)	Masse minimale de la prise d'essai	
	Granulats fin	Gros granulats
2,5 <sup>(1)</sup>	200 g	
5	500 g	
10		1 kg
14		3 kg
20		5 kg
31,5		10 kg
40		15 kg
56		20 kg
80		60 kg
112		90 kg

1. Lorsque 95 % et plus des particules du matériau passent le tamis de 2,5 mm, la masse minimale de la prise d'essai peut être réduite à 100 g.

1. Révisé le 15 décembre 2009. Aucun changement à la norme; changement de responsable.

**Annexe 4.** Liste partielle des plantes retrouvées entre la Grève Morency et le quai de Notre-Dame-des-Neiges en septembre 2018.

<b>Plage et talus en érosion – flore indigène</b>	
<b>Nom français</b>	<b>Nom latin</b>
ammophile à ligule courte	<i>Ammophila breviligulata</i>
arroche hastée	<i>Atriplex prostrata</i>
berce laineuse	<i>Heracleum maximum</i>
caquillier édentulé	<i>Cakile edentula</i>
élyme des sables d'Amérique	<i>Leymus mollis subsp. mollis</i>
fétuque sp.	<i>Festuca sp.</i>
gesse maritime	<i>Lathyrus japonicus</i>
honckénye faux-pourpier	<i>Honckenya peploides</i>
lampourde glouteron	<i>Xanthium strumarium</i>
liseron des haies	<i>Calystegia sepium</i>
mertensie maritime	<i>Mertensia maritima</i>
onagre bisannuelle	<i>Oenothera biennis</i>
panic sp.	<i>Panic sp.</i>
patience sp.	<i>Rumex sp.</i>
potentille ansérine	<i>Potentilla anserina</i>
smilacine étoilée	<i>Maianthemum stellatum</i>
tussilage pas-d'âne	<i>Tussilago farfara</i>
<b>Plage et talus en érosion – flore introduite</b>	
achillée millefeuille	<i>Achillea millefolium</i>
armoïse de Steller	<i>Artemisia stelleriana</i>
armoïse vulgaire	<i>Artemisia vulgaris</i>
brome inerme	<i>Bromus inermis</i>
caragana arborescent	<i>Caragana arborescens</i>
chiendent commun	<i>Elymus repens</i>
laiteron rude	<i>Sonchus asper</i>
liondent d'automne	<i>Scorzoneroides autumnalis</i>
luzerne cultivée	<i>Medicago sativa subsp. Sativa</i>
morelle douce-amère	<i>Solanum dulcamara</i>
petite bardane	<i>Arctium minus</i>
rosier rugueux	<i>Rosa rugosa</i>
tabouret des champs	<i>Thlaspi arvense</i>
tanaisie vulgaire	<i>Tanacetum vulgare</i>
vélar à feuilles d'épervière	<i>Erysimum hieracifolium</i>

<b>Rochers et falaise rocheuse – flore indigène</b>	
amélanchier sp. (bas?)	<i>Amelanchier sp. (humilis?)</i>
angélique brillante	<i>Angelica lucida</i>
aster à ombelle	<i>Doellingeria umbellata var. umbellata</i>
camarine sp.	<i>Empetrum sp.</i>
campanule de giesecke	<i>Campanula gieseckeana</i>
coniosélinum de genesee	<i>Conioselinum chinense</i>
cornouiller du Canada	<i>Cornus canadensis</i>
corydale toujours verte	<i>Capnoides sempervirens</i>
épilobe à feuilles étroites	<i>Chamaenerion angustifolium subsp. Angustifolium</i>
fétuque sp.	<i>Festuca sp.</i>
fraisier des champs	<i>Fragaria virginiana subsp. virginiana</i>
framboisier sauvage	<i>Rubus idaeus subsp. Strigosus</i>
frêne rouge	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>
groseillier hérissé	<i>Ribes hirtellum</i>
impatiente du cap	<i>Impatiens capensis</i>
iris de hooker	<i>Iris hookeri</i>
livèche d'Écosse	<i>Ligusticum scoticum</i>
myrique baumier	<i>Myrica gale</i>
peuplier faux-tremble	<i>Populus tremuloides</i>
plantain maritime	<i>Plantago maritima</i>
polypode de virginie	<i>Polypodium virginianum</i>
potentille tridentée	<i>Sibbaldia tridentata</i>
prêle des champs	<i>Equisetum arvense</i>
puccinellie naine	<i>Puccinellia pumila</i>
rosier inerme	<i>Rosa blanda</i>
sanguisorbe du Canada	<i>Sanguisorba canadensis</i>
saule à tête laineuse	<i>Salix eriocephala</i>
verge d'or du Canada	<i>Solidago canadensis var. canadensis</i>
woodsie sp.	<i>Woodsia sp.</i>
zigadène glauque	<i>Anticlea elegans</i>
<b>Rochers et falaise rocheuse – flore introduite (adventices ou mauvaises herbes)</b>	
gaillet mollugine	<i>Galium mollugo</i>
linaire vulgaire	<i>Linaria vulgaris</i>
mélilot blanc	<i>Melilotus albus</i>
orpin âcre	<i>Sedum acre</i>
potentille de Pennsylvanie	<i>Potentilla pennsylvanica</i>

séneçon visqueux	<i>Senecio viscosus</i>
vesce jargeau	<i>Vicia cracca</i>
<b>Marais salé - flore indigène</b>	
glaux maritime	<i>Lysimachia maritima</i>
jonc de la Baltique	<i>Juncus balticus</i>
spartine alterniflore	<i>Sporobolus alterniflorus</i>
spartine étalée	<i>Sporobolus pumilus</i>
spartine pectinée	<i>Sporobolus michauxianus</i>
troscart maritime	<i>Triglochin maritima</i>
<b>Herbier de zostère - flore indigène</b>	
zostère marine	<i>Zostera marina</i>
<b>Marais salé et vasière maritime- algues</b>	
ascophylle noueuse	<i>Ascophyllum nodosum</i>
fucus denté	<i>Fucus distichus subsp. distichus</i>
fucus évanescent	<i>Fucus distichus subsp. evanescens</i>
fucus sp.	<i>Fucus sp.</i>

**Annexe 5.** Liste des oiseaux observés entre la Grève Morency et le quai de Notre-Dame-des-Neiges. (Source: eBird)

Espèces (nom français)	Espèces (nom latins)
Oie des neiges ( <i>Anser caerulescens</i> )	Harle sp. ( <i>Mergellus/Lophodytes/Mergus</i> sp.)
Oie de Ross ( <i>Anser rossii</i> )	Anatidé sp. ( <i>Anatinae</i> sp.)
Bernache cravant ( <i>Branta bernicla</i> )	Grèbe à bec bigarré ( <i>Podilymbus podiceps</i> )
Bernache du Canada ( <i>Branta canadensis</i> )	Grèbe esclavon ( <i>Podiceps auritus</i> )
Canard branchu ( <i>Aix sponsa</i> )	Pigeon biset ( <i>Columba livia</i> )
Sarcelle à ailes bleues ( <i>Spatula discors</i> )	Tourterelle triste ( <i>Zenaida macroura</i> )
Canard souchet ( <i>Spatula clypeata</i> )	Engoulevent d'Amérique ( <i>Chordeiles minor</i> )
Canard chipeau ( <i>Mareca strepera</i> )	Martinet ramoneur ( <i>Chaetura pelagica</i> )
Canard d'Amérique ( <i>Mareca americana</i> )	Colibri à gorge rubis ( <i>Archilochus colubris</i> )
Canard colvert ( <i>Anas platyrhynchos</i> )	Pluvier argenté ( <i>Pluvialis squatarola</i> )
Canard noir ( <i>Anas rubripes</i> )	Pluvier bronzé ( <i>Pluvialis dominica</i> )
Hybride Canard noir x C. colvert ( <i>Anas platyrhynchos</i> x <i>rubripes</i> )	Pluvier semipalmé ( <i>Charadrius semipalmatus</i> )
Canard noir ou C. colvert ( <i>Anas platyrhynchos/rubripes</i> )	Pluvier kildir ( <i>Charadrius vociferus</i> )
Canard pilet ( <i>Anas acuta</i> )	Courlis corlieu ( <i>Numenius phaeopus</i> )
Sarcelle d'hiver ( <i>Anas crecca</i> )	Barge hudsonienne ( <i>Limosa haemastica</i> )
Anatidé sp. (Canard barboteur sp.) ( <i>Anatidae</i> sp. (dabbling duck sp.))	Tournepierre à collier ( <i>Arenaria interpres</i> )
Fuligule à collier ( <i>Aythya collaris</i> )	Bécasseau maubèche ( <i>Calidris canutus</i> )
Fuligule milouinan ( <i>Aythya marila</i> )	Combattant varié ( <i>Calidris pugnax</i> )
Petit Fuligule ( <i>Aythya affinis</i> )	Bécasseau à échasses ( <i>Calidris himantopus</i> )
Fuligule milouinan ou Petit Fuligule ( <i>Aythya marila/affinis</i> )	Bécasseau sanderling ( <i>Calidris alba</i> )
Eider à tête grise ( <i>Somateria spectabilis</i> )	Bécasseau variable ( <i>Calidris alpina</i> )
Eider à duvet ( <i>Somateria mollissima</i> )	Bécasseau violet ( <i>Calidris maritima</i> )
Macreuse à front blanc ( <i>Melanitta perspicillata</i> )	Bécasseau de Baird ( <i>Calidris bairdii</i> )
Macreuse à ailes blanches ( <i>Melanitta deglandi</i> )	Bécasseau minuscule ( <i>Calidris minutilla</i> )
Macreuse à bec jaune ( <i>Melanitta americana</i> )	Bécasseau à croupion blanc ( <i>Calidris fuscicollis</i> )
<i>Melanitta</i> sp. ( <i>Melanitta</i> sp.)	Bécasseau à poitrine cendrée ( <i>Calidris melanotos</i> )
Harelde kakawi ( <i>Clangula hyemalis</i> )	Bécasseau semipalmé ( <i>Calidris pusilla</i> )
Petit Garrot ( <i>Bucephala albeola</i> )	Calidris sp. (peep) ( <i>Calidris</i> sp. (peep sp.))
Garrot à œil d'or ( <i>Bucephala clangula</i> )	Bécassin roux ( <i>Limnodromus griseus</i> )
Garrot d'Islande ( <i>Bucephala islandica</i> )	Bécassine de Wilson ( <i>Gallinago delicata</i> )
Garrot à œil d'or ou G. d'Islande ( <i>Bucephala clangula/islandica</i> )	Phalarope à bec large ( <i>Phalaropus fulicarius</i> )
Harle couronné ( <i>Lophodytes cucullatus</i> )	Chevalier grivelé ( <i>Actitis macularius</i> )
Grand Harle ( <i>Mergus merganser</i> )	Chevalier solitaire ( <i>Tringa solitaria</i> )
Harle huppé ( <i>Mergus serrator</i> )	Grand Chevalier ( <i>Tringa melanoleuca</i> )
Grand Harle ou H. huppé ( <i>Mergus merganser/serrator</i> )	Chevalier semipalmé ( <i>Tringa semipalmata</i> )

Petit Chevalier ( <i>Tringa flavipes</i> )	Pic mineur ( <i>Dryobates pubescens</i> )
Grand ou Petit Chevalier ( <i>Tringa melanoleuca/flavipes</i> )	Pic chevelu ( <i>Dryobates villosus</i> )
Bécasseau sp. ( <i>Scolopacidae</i> sp.)	Pic flamboyant ( <i>Colaptes auratus</i> )
Limicole sp. ( <i>Charadriiformes</i> sp.)	Crécerelle d'Amérique ( <i>Falco sparverius</i> )
Labbe sp. ( <i>Stercorarius</i> sp.)	Faucon émerillon ( <i>Falco columbarius</i> )
Guillemot marmette ( <i>Uria aalge</i> )	Faucon pèlerin ( <i>Falco peregrinus</i> )
Guillemot à miroir ( <i>Cephus grylle</i> )	Falco sp. ( <i>Falco</i> sp.)
Mouette tridactyle ( <i>Rissa tridactyla</i> )	Moucherolle à ventre jaune ( <i>Empidonax flaviventris</i> )
Mouette de Bonaparte ( <i>Chroicocephalus philadelphia</i> )	Moucherolle des aulnes ( <i>Empidonax alnorum</i> )
Mouette atricille ( <i>Leucophaeus atricilla</i> )	Moucherolle des aulnes ou M. des saules ( <i>Empidonax alnorum/traillii</i> )
Mouette de Franklin ( <i>Leucophaeus pipixcan</i> )	Moucherolle tchébec ( <i>Empidonax minimus</i> )
Goéland à bec cerclé ( <i>Larus delawarensis</i> )	Empidonax sp. ( <i>Empidonax</i> sp.)
Goéland argenté ( <i>Larus argentatus</i> )	Moucherolle phébi ( <i>Sayornis phoebe</i> )
Goéland arctique ( <i>Larus glaucoides</i> )	Tyran tritri ( <i>Tyrannus tyrannus</i> )
Goéland brun ( <i>Larus fuscus</i> )	Pie-grièche boréale ( <i>Lanius borealis</i> )
Goéland bourgmestre ( <i>Larus hyperboreus</i> )	Viréo à tête bleue ( <i>Vireo solitarius</i> )
Goéland marin ( <i>Larus marinus</i> )	Viréo mélodieux ( <i>Vireo gilvus</i> )
Goéland sp. ( <i>Larus</i> sp.) ( <i>Larus</i> sp.)	Viréo aux yeux rouges ( <i>Vireo olivaceus</i> )
Mouette ou Goéland sp. ( <i>Larinae</i> sp.) ( <i>Larinae</i> sp.)	Geai bleu ( <i>Cyanocitta cristata</i> )
Sterne caspienne ( <i>Hydroprogne caspia</i> )	Corneille d'Amérique ( <i>Corvus brachyrhynchos</i> )
Plongeon catmarin ( <i>Gavia stellata</i> )	Grand Corbeau ( <i>Corvus corax</i> )
Plongeon huard ( <i>Gavia immer</i> )	Alouette hausse-col ( <i>Eremophila alpestris</i> )
Fou de Bassan ( <i>Morus bassanus</i> )	Hirondelle bicolore ( <i>Tachycineta bicolor</i> )
Cormoran à aigrettes ( <i>Phalacrocorax auritus</i> )	Hirondelle de rivage ( <i>Riparia riparia</i> )
Grand Héron ( <i>Ardea herodias</i> )	Hirondelle rustique ( <i>Hirundo rustica</i> )
Bihoreau gris ( <i>Nycticorax nycticorax</i> )	Hirondelle à front blanc ( <i>Petrochelidon pyrrhonota</i> )
Urubu à tête rouge ( <i>Cathartes aura</i> )	Hirondelle sp. ( <i>Hirundinidae</i> sp.)
Balbusard pêcheur ( <i>Pandion haliaetus</i> )	Mésange à tête noire ( <i>Poecile atricapillus</i> )
Busard des marais ( <i>Circus hudsonius</i> )	Sittelle à poitrine blanche ( <i>Sitta carolinensis</i> )
Épervier brun ( <i>Accipiter striatus</i> )	Troglodyte des forêts ( <i>Troglodytes hiemalis</i> )
Autour des palombes ( <i>Accipiter gentilis</i> )	Roitelet à couronne dorée ( <i>Regulus satrapa</i> )
Pygargue à tête blanche ( <i>Haliaeetus leucocephalus</i> )	Roitelet à couronne rubis ( <i>Regulus calendula</i> )
Petite Buse ( <i>Buteo platypterus</i> )	Traquet motteux ( <i>Oenanthe oenanthe</i> )
Buse à queue rousse ( <i>Buteo jamaicensis</i> )	Merlebleu de l'Est ( <i>Sialia sialis</i> )
Buse pattue ( <i>Buteo lagopus</i> )	Grive fauve ( <i>Catharus fuscescens</i> )
Harfang des neiges ( <i>Bubo scandiacus</i> )	Grive à dos olive ( <i>Catharus ustulatus</i> )
Martin-pêcheur d'Amérique ( <i>Megasceryle alcyon</i> )	Paruline tigrée ( <i>Setophaga tigrina</i> )
Pic maculé ( <i>Sphyrapicus varius</i> )	Paruline à collier ( <i>Setophaga americana</i> )
Grive solitaire ( <i>Catharus guttatus</i> )	Paruline à tête cendrée ( <i>Setophaga magnolia</i> )

Merle d'Amérique ( <i>Turdus migratorius</i> )	Paruline à poitrine baie ( <i>Setophaga castanea</i> )
Moqueur chat ( <i>Dumetella carolinensis</i> )	Paruline à gorge orangée ( <i>Setophaga fusca</i> )
Étourneau sansonnet ( <i>Sturnus vulgaris</i> )	Paruline jaune ( <i>Setophaga petechia</i> )
Pipit d'Amérique ( <i>Anthus rubescens</i> )	Paruline à flancs marron ( <i>Setophaga pensylvanica</i> )
Jaseur boréal ( <i>Bombycilla garrulus</i> )	Paruline rayée ( <i>Setophaga striata</i> )
Jaseur d'Amérique ( <i>Bombycilla cedrorum</i> )	Paruline à couronne rousse ( <i>Setophaga palmarum</i> )
Gros-bec errant ( <i>Coccythraustes vespertinus</i> )	Paruline à croupion jaune ( <i>Setophaga coronata</i> )
Durbec des sapins ( <i>Pinicola enucleator</i> )	Paruline à gorge noire ( <i>Setophaga virens</i> )
Roselin pourpré ( <i>Haemorhous purpureus</i> )	Paruline du Canada ( <i>Cardellina canadensis</i> )
Sizerin flammé ( <i>Acanthis flammea</i> )	Paruline sp. ( <i>Parulidae</i> sp.)
Bec-croisé bifascié ( <i>Loxia leucoptera</i> )	Paruline couronnée ( <i>Seiurus aurocapilla</i> )
Tarin des pins ( <i>Spinus pinus</i> )	Paruline des ruisseaux ( <i>Parkesia noveboracensis</i> )
Chardonneret jaune ( <i>Spinus tristis</i> )	Paruline noir et blanc ( <i>Mniotilta varia</i> )
Plectrophane lapon ( <i>Calcarius lapponicus</i> )	Paruline obscure ( <i>Oreothlypis peregrina</i> )
Plectrophane des neiges ( <i>Plectrophenax nivalis</i> )	Paruline à joues grises ( <i>Oreothlypis ruficapilla</i> )
Bruant familial ( <i>Spizella passerina</i> )	Paruline triste ( <i>Geothlypis philadelphia</i> )
Bruant des plaines ( <i>Spizella pallida</i> )	Paruline masquée ( <i>Geothlypis trichas</i> )
Bruant hudsonien ( <i>Spizelloides arborea</i> )	Paruline flamboyante ( <i>Setophaga ruticilla</i> )
Bruant fauve ( <i>Passerella iliaca</i> )	Cardinal à poitrine rose ( <i>Pheucticus ludovicianus</i> )
Junco ardoisé ( <i>Junco hyemalis</i> )	Moineau domestique ( <i>Passer domesticus</i> )
Bruant à couronne blanche ( <i>Zonotrichia leucophrys</i> )	Goglu des prés ( <i>Dolichonyx oryzivorus</i> )
Bruant à gorge blanche ( <i>Zonotrichia albicollis</i> )	Carouge à épaulettes ( <i>Agelaius phoeniceus</i> )
Bruant des prés ( <i>Passerculus sandwichensis</i> )	Vacher à tête brune ( <i>Molothrus ater</i> )
Bruant chanteur ( <i>Melospiza melodia</i> )	Quiscale bronzé ( <i>Quiscalus quiscula</i> )
Bruant des marais ( <i>Melospiza georgiana</i> )	
Mésange à tête brune ( <i>Poecile hudsonicus</i> )	
Sittelle à poitrine rousse ( <i>Sitta canadensis</i> )	

**Annexe 6.** Liste des oiseaux observés entre la Grève Morency et le quai de Notre-Dame-des-Neiges en septembre 2018.

Espèces (nom français)	Espèces (nom latins)
Bernache du Canada	<i>Branta canadensis</i>
Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>
Canard noir	<i>Anas rubripes</i>
Pluvier argenté	<i>Pluvialis squatarola</i>
Pluvier bronzé	<i>Pluvialis dominica</i>
Pluvier semipalmé	<i>Charadrius semipalmatus</i>
Courlis corlieu	<i>Numenius phaeopus</i>
Bécasseau maubèche	<i>Calidris canutus</i>
Bécasseau sanderling	<i>Calidris alba</i>
Bécasseau variable	<i>Calidris alpina</i>
Bécasseau minuscule	<i>Calidris minutilla</i>
Bécasseau à croupion blanc	<i>Calidris fuscicollis</i>
Bécasseau semipalmé	<i>Calidris pusilla</i>
Bécassin roux	<i>Limnodromus griseus</i>
Chevalier grivelé	<i>Actitis macularius</i>
Goéland à bec cerclé	<i>Larus delawarensis</i>
Goéland argenté	<i>Larus argentatus</i>
Goéland marin	<i>Larus marinus</i>
Plongeon huard	<i>Gavia immer</i>
Cormoran à aigrettes	<i>Phalacrocorax auritus</i>
Grand Héron	<i>Ardea herodias</i>
Balbusard pêcheur	<i>Pandion haliaetus</i>
Busard des marais	<i>Circus hudsonius</i>
Épervier brun	<i>Accipiter striatus</i>
Pygargue à tête blanche	<i>Haliaeetus leucocephalus</i>
Martin-pêcheur d'Amérique	<i>Megaceryle alcyon</i>
Pic mineur	<i>Dryobates pubescens</i>
Faucon émerillon	<i>Falco columbarius</i>
Faucon pèlerin	<i>Falco peregrinus subsp. anatum</i>
Moucherolle des aulnes	<i>Empidonax alnorum</i>
Moucherolle du genre <i>Empidonax</i> sp.	<i>Empidonax</i> sp.
Moucherolle phébi	<i>Sayornis phoebe</i>
Geai bleu	<i>Cyanocitta cristata</i>
Corneille d'Amérique	<i>Corvus brachyrhynchos</i>

Grand Corbeau	<i>Corvus corax</i>
Traquet motteux	<i>Oenanthe oenanthe</i>
Merle d'Amérique	<i>Turdus migratorius</i>
Roselin pourpré	<i>Haemorhous purpureus</i>
Chardonneret jaune	<i>Spinus tristis</i>
Bruant familier	<i>Spizella passerina</i>
Junco ardoisé	<i>Junco hyemalis</i>
Bruant à gorge blanche	<i>Zonotrichia albicollis</i>
Bruant chanteur	<i>Melospiza melodia</i>
Quiscale bronzé	<i>Quiscalus quiscula</i>
Paruline obscure	<i>Oreothlypis peregrina</i>
Paruline flamboyante	<i>Setophaga ruticilla</i>
Paruline à tête cendrée	<i>Setophaga magnolia</i>
Paruline à croupion jaune	<i>Setophaga coronata</i>
Moineau domestique	<i>Passer domesticus</i>

## Protocole de plantation de spartine alterniflore et de zostère marine

Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire

Novembre 2018



### CONTEXTE

Les travaux de transplantation seront réalisés au printemps 2019, dans le marais du secteur des Grèves, près de l'embouchure de la Rivière des Trois Pistoles ainsi que dans l'herbier de zostère marine du même secteur. Les travaux ont pour objectif de planter environ 18 000 mottes d'environ 20 cm<sup>2</sup> de spartine et 4 250 mottes d'environ 20cm<sup>2</sup> de zostère en quinconce nous permettant d'obtenir une superficie totale d'approximativement 10 250 m<sup>2</sup> restaurés.

### LISTE DE MATÉRIELS

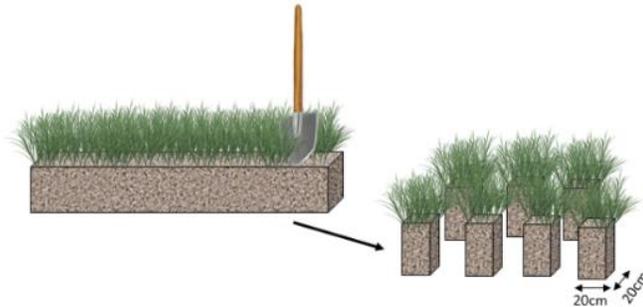
- Pelles carrées
- Gants
- Bacs plastiques
- Brouettes

### ÉTAPES À SUIVRE

L'extraction ainsi que la plantation doivent être réalisées à marée basse. L'équipe sera divisée en deux groupes, le groupe 1 sera affecté à l'extraction des mottes alors que le groupe 2 sera affecté à la plantation de celles-ci.

## EXTRACTION (SPARTINE)

- Identifier les radeaux de spartine à l'avance (de préférence non loin de la zone de transplantation) ;
- Lors de la journée de transplantation, diviser les radeaux en motte de 20X20cm (s'assurer d'avoir aussi le système racinaire/rhizome) ;



**Figure 1. Exemple d'extraction de mottes de spartine.**

- Déposer les mottes dans les bacs de plastique (environ 5 par bac) ;
- Transporter les bacs au site de plantation en suivant le même sentier afin de diminuer le piétinement du marais.

## EXTRACTION (ZOSTÈRE)

- Identifier les zones denses d'un herbier donneur de zostère marine à l'avance (de préférence non loin de la zone de transplantation) ;
- Lors de la journée de transplantation, extraire des mottes de 20X20cm (s'assurer d'avoir aussi le système racinaire/rhizome) ;

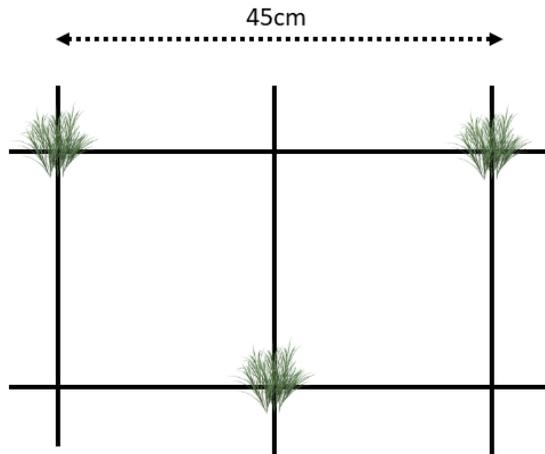


**Figure 2. Exemple d'extraction de mottes de zostère.**

- Déposer les mottes dans les bacs de plastique (environ 4 par bac) ;
- Transporter les bacs au site de plantation en favorisant l'utilisation d'un même sentier afin de diminuer le piétinement de l'herbier.

## PLANTATION

- Délimiter les zones de plantation avec des piquets pour pouvoir les repérer plus facilement ;
- Creuser des trous en quinconce avec une distance d'environ 45cm entre les trous, pour la spartine et 1m pour la zostère marine, avoir des trous suffisamment profonds pour que le système racinaire ainsi qu'une petite partie des plants soient complètement couverts par la vase (environ 3 mottes/m<sup>2</sup> pour la spartine et 1 motte/m<sup>2</sup> pour la zostère) ;



**Figure 3. Exemple de plantation de motte pour la spartine.**

- Planter les mottes dans les trous et combler les espaces vides avec la vase (s'assurer qu'il ne reste pas de poche d'air) en pressant fermement les mottes avec les mains ou les pieds pour expulser l'air et créer un effet de succion ;
- Installer les parcelles de suivi en prenant des points avec le GPS différentiel.

## **Protocole de plantation d'élyme des sables**

Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire

Novembre 2018



### CONTEXTE

Les travaux de plantation seront réalisés à l'été 2019, à Notre-Dame-des-Neiges dans le secteur des Grèves. Les travaux ont pour objectif de planter 8 850 plants sur une recharge en sable réalisée préalablement. Ceux-ci seront plantés en quinconce pour nous permettre d'obtenir une superficie approximative de 590 m<sup>2</sup> restaurés (environ 15 plants/m<sup>2</sup>).

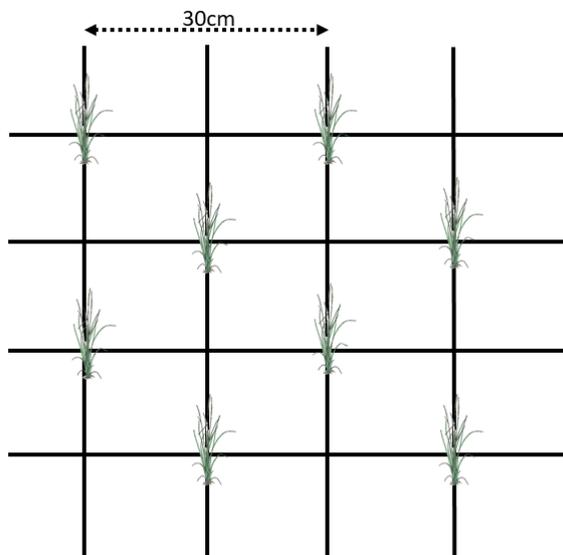
### LISTE DE MATÉRIELS

- Plantoirs ;
- Gants ;
- Cordes (pour délimiter la plantation) ;
- Système pour arroser la plantation.

### ÉTAPES À SUIVRE

Les travaux de plantation seront réalisés sur la recharge en sable dans les jours suivant sa mise en place.

- Creuser des trous en quinconce avec une distance d'environ 30cm entre ceux-ci à l'aide d'un plantoir. Avoir des trous suffisamment profonds pour que le système racinaire ainsi qu'une petite partie des plants soient complètement couverts ;



**Figure 4.** Exemple de plantation d'élyme des sables.

- Planter les plants dans les trous le plus délicatement possible et combler les espaces vides avec du sable (s'assurer qu'il ne reste pas de poche d'air) ;
- Installer des parcelles de suivi aléatoirement ;
- Délimiter la zone de plantation.

**Annexe 9.** Signatures de la caractérisation biophysique

Étienne Bachand, Géomorphologue M. SC

Jonathan Pothier, Biologiste

