

Rapport de restauration des habitats côtiers de l'Anse-du-Portage



Les photographies de l'ensemble du document sont une propriété du Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, à moins d'avis contraire indiqué directement sur le document.

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire :

Sophie Comtois, Biologiste

Étienne Bachand, Géographe

Jean-Étienne Joubert, Naturaliste

Philippe Bois, Technicien en écologie appliquée

Ce projet a été rendu possible grâce à une contribution du Programme Interactions communautaires, lié au Plan d'action Saint-Laurent 2011-2026, et mis en œuvre par les gouvernements du Canada et du Québec.

Partenaires et collaborateurs

1- Université du Québec à Rimouski

Antoine Morissette, Géomorphologue

2- Municipalité de Notre-Dame-du-Portage

Louis Breton, Directeur général de la municipalité de Notre-Dame-du-Portage

3- MRC de Rivière-du-Loup

Vincent Bélanger, Coordonnateur à la gestion des cours d'eau et à l'environnement pour la MRC de Rivière-du-Loup

Comité de révision

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

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier tous les bénévoles qui ont participé à l'effort de plantation. Merci également aux photographes qui ont permis de bien illustrer nos propos.

CITATION RECOMMANDÉE :

Comtois, S., É. Bachand et J-É. Joubert. 2016. Rapport de restauration des habitats côtiers de l'Anse-du-Portage. Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire. Rimouski, Québec. 44 p.

TABLE DES MATIÈRES

Équipe de réalisation.....	iii
Remerciements.....	iv
Table des matières	5
Liste des figures.....	6
Liste des tableaux	7
Mise en contexte.....	8
Description du site	10
Morphologie de la côte à l'Anse-du-Portage	12
Enjeux spécifiques.....	13
Restauration des habitats côtiers.....	19
Permis et autorisations	21
1- Fédéral.....	21
2- Provincial.....	21
3- Municipal.....	21
Choix du site de la plantation principale.....	22
Travaux de restauration	24
1- Plantation dans la bande riveraine.....	24
2- Transplantation expérimentale dans le marais.....	27
3- Espacement, densité et période optimale pour la plantation des différentes espèces de spartine	31
4- Suivi	31
Bibliographie	36
ANNEXE.....	39

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Localisation de l'Anse-du-Portage et de ses différents habitats côtiers. Les limites approximatives du parc de l'Anse sont indiquées en pointillé.	11
Figure 2. Identification des éléments morphologiques du système côtier de l'Anse-du-Portage	12
Figure 3. Signes de perturbation visibles dans les habitats côtiers de l'Anse-du-Portage. Microfalaise d'érosion active sur la terrasse de plage (A) et à l'interface entre les schorres inférieur et supérieur (B). Érosion en forme de trouée dans le schorre inférieur (C). Présence de sable et de débris marin sur la terrasse de plage (lobe transgressif), signe de transgression marine (submersion) (D).	16
Figure 4. Système à risque de submersion. La ligne rouge (ligne de rivage) représente la limite atteinte par les pleines mers supérieures de grandes marées (PMSGM).	17
Figure 5. Quelques problématiques locales, dont la présence de l'enrochement, l'espace restreint entre la côte et les infrastructures (A) et les sentiers improvisés (B : piéton ou C : vtt) qui compactent le sol et détruisent la végétation en place.....	17
Figure 6. Schéma illustrant le processus de coincement côtier (Source : Quintin, 2015).	18
Figure 7. Emplacement des sites de plantation, des bancs donneurs et division de la côte du parc de l'Anse	20
Figure 8. Dislocation et translation de l'enrochement vers le bas de la plage et abaissement de l'arrière-plage (bande riveraine) gazonnée.....	22
Figure 9. Plantation principale d'élyme des sables d'Amérique (A) et fermeture d'un sentier improvisé (B).	24
Figure 10. Construction d'un exclos pour protéger la nouvelle plantation contre le broutement par la sauvagine.....	28
Figure 11. Un des bancs donneurs (radeau) avec des plants de spartine de 10 à 15 cm de hauteur (A). Trouée dénudée dans le schorre inférieur qui correspond à un des sites de plantation (B). Plantation de grosses unités de transplantation (plus de 50 tiges/unité; C) et d'unités standards (site sud; 10 à 15 tiges/unité; D).....	29
Figure 12. Brèche profonde observée dans le schorre supérieur.	30
Figure 13. Évolution de la plantation d'élyme des sables d'Amérique au site principal. Photo du site immédiatement après à la plantation (juin 2015; A), lors du premier suivi (juillet 2015; B) et lors du 2 ^e suivi (octobre 2015; C).	33
Figure 14. Évolution de la plantation de spartine alterniflore dans le schorre inférieur du marais. Photo du site sud immédiatement après à la plantation (juin 2015; A), lors du premier suivi (juillet 2015; B) et lors du 2 ^e suivi (octobre 2015; C).	34

Figure 15. Évolution de la plantation de spartine pectinée et de carex sp. Photo d'un des sites lors du premier suivi (juillet 2015; A) et lors du 2^e suivi (octobre 2015; B).
..... 35

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Synthèse des résultats de la caractérisation des habitats côtiers de l'Anse-du-Portage	13
Tableau 2. Comparaison des statistiques de restauration en fonction de la technique employée.....	26
Tableau 3. Résultats préliminaires des premiers suivis des travaux de plantation	32
Tableau 4. Protocole de plantation d'élymes des sables d'Amérique et de rosiers inermes dans la bande riveraine (arrière-plage)	40
Tableau 5. Protocole de transplantation de spartine alterniflore dans le schorre inférieur par unités de transplantation (mottes).....	42

MISE EN CONTEXTE

Le projet de *Caractérisation biophysique de l'Anse-du-Portage et restauration d'habitats côtiers*, s'insère dans le cadre d'une collaboration avec la municipalité de Notre-Dame-du-Portage. Cette dernière planifie actuellement la revitalisation du parc de l'Anse, un terrain à vocation récréotouristique occupant les rives de l'Anse-du-Portage. La municipalité désire conserver le caractère naturel du site et souhaite un aménagement en harmonie avec les réalités côtières. C'est dans cette optique que l'expertise du Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire a été sollicitée afin de cibler des interventions visant la préservation et la valorisation du littoral côtier de l'Anse-du-Portage.

Comme la plupart des communautés côtières de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent, la municipalité de Notre-Dame-du-Portage fait face à des conditions climatiques changeantes, notamment l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des tempêtes, ainsi que la diminution du couvert de glace (MDDELCC, 2014; Senneville et al., 2014; OURANOS, 2015). Les aléas côtiers, exacerbés par les changements climatiques et la hausse anticipée du niveau marin, risquent d'augmenter la pression sur les littoraux et les infrastructures côtières (Savard et al., 2008; Bernatchez et al., 2014). Les récents évènements de tempête ont d'ailleurs démontré la vulnérabilité des côtes du Bas-Saint-Laurent (Bernatchez et al., 2008 et 2011; Quintin et al., 2013). Suite à ces évènements, un mouvement de panique s'est traduit par une artificialisation disproportionnée du littoral (Bernatchez et al., 2011; Bernatchez et Fraser, 2012). Les structures de protections rigides (muret en béton ou en bois, enrochement) procurent un sentiment illusoire de sécurité et de durabilité (Bernatchez et al., 2008; Friesinger et Bernatchez, 2010). Or les études le démontrent, les protections rigides ont des conséquences néfastes sur le littoral. Ces structures agissent comme un facteur aggravant qui amplifie l'effet des tempêtes et accentue les vulnérabilités du cadre bâti (routes, maison, etc.) à l'érosion côtière et à la submersion marine (Jolicoeur, et O'Carrol, 2007; Bernatchez et al., 2008; Suanez, 2009; Leclerc, 2010; Bernatchez et Fraser, 2012). D'ailleurs, lors de la tempête du 6 décembre 2010, le recul des terrains derrière les ouvrages de protection a été similaire et parfois supérieur à celui observé dans les secteurs sans ouvrage de protection (Quintin et al., 2013), ce qui remet en considération l'efficacité de telles mesures pour la protection des rives (Bernatchez et al., 2008; Bernatchez et Fraser, 2012; Quintin et al., 2013). À l'opposé, un habitat côtier en bon état forme un excellent système de défense côtière en absorbant l'énergie des vagues, protégeant ainsi les berges et les infrastructures adjacentes (Arkema et al., 2013; UICN France, 2013; Möller et al., 2014).

Dans le cadre du projet de *Caractérisation biophysique de l'Anse-du-Portage et restauration d'habitats côtiers*, le Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire a comme objectif de :

- 1- déterminer l'état du système côtier de l'Anse-du-Portage (réalisé en 2014, voir Comtois et al., 2015);
- 2- comprendre la dynamique locale (réalisé en 2014, voir Comtois et al., 2015);
- 3- poursuivre ses efforts de sensibilisation sur les bonnes pratiques d'aménagement et de restauration d'habitats littoraux auprès des communautés riveraines (tout au long du projet);
- 4- préserver les habitats littoraux de l'Anse-du-Portage grâce à une revégétalisation des portions dégradées du marais et de la plage (ce rapport);
- 5- conserver le rôle de protection des berges exercé naturellement par ces habitats;
- 6- développer une méthode de plantation pour les marais maritimes adaptée aux milieux tempérés des hautes latitudes (ce rapport);
- 7- documenter et transmettre aux communautés côtières les résultats obtenus suite à la restauration (rapport à suivre).

DESCRIPTION DU SITE

L'Anse-du-Portage se situe à l'extrémité nord-est de la municipalité de Notre-Dame-du-Portage, sur la rive sud de l'estuaire moyen du Saint-Laurent (Figure 1). Contrairement à la zone côtière du secteur urbanisé qui est fortement artificialisée, les berges de l'Anse-du-Portage sont naturelles en grande partie. Selon le plan d'affectation du territoire, ce secteur possède une vocation de conservation (MRC de Rivière-du-Loup, 2013). On y retrouve d'ailleurs le parc de l'Anse, qui offre un accès public au fleuve et comprend une piste cyclable de plus de 7 km, des panneaux d'interprétation, une aire de stationnement et des aires de pique-nique et de repos. Ce site naturel fait partie du réseau des haltes marines de la route des Navigateurs et de la route bleue, des circuits écotouristiques. Le parc est très fréquenté, tant par les résidents locaux que des visiteurs de passage.

L'Anse-du-Portage est une vaste étendue littorale de faible dénivelé. Une diversité d'habitats, dont un marais maritime et une terrasse de plage, occupe ces quelque 1000 mètres de côte. La présence du marais témoigne d'un hydrodynamisme local relativement calme, favorisé par la pointe rocheuse qui s'allonge au nord, les affleurements rocheux au large, ainsi que les nombreuses îles avoisinantes. Ces éléments topographiques offrent également une protection physique contre les intempéries marines, limitant localement les risques d'érosion et de submersion. Suite à la caractérisation effectuée par le Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, le site a été identifié comme un secteur particulièrement vulnérable à la submersion (Comtois et al., 2015). Lors de la tempête du 6 décembre 2010, une surcote d'environ un mètre (Lefavre, 2011; Quintin et al., 2013) s'était d'ailleurs traduite par une submersion de la côte et d'une section de la route du fleuve.

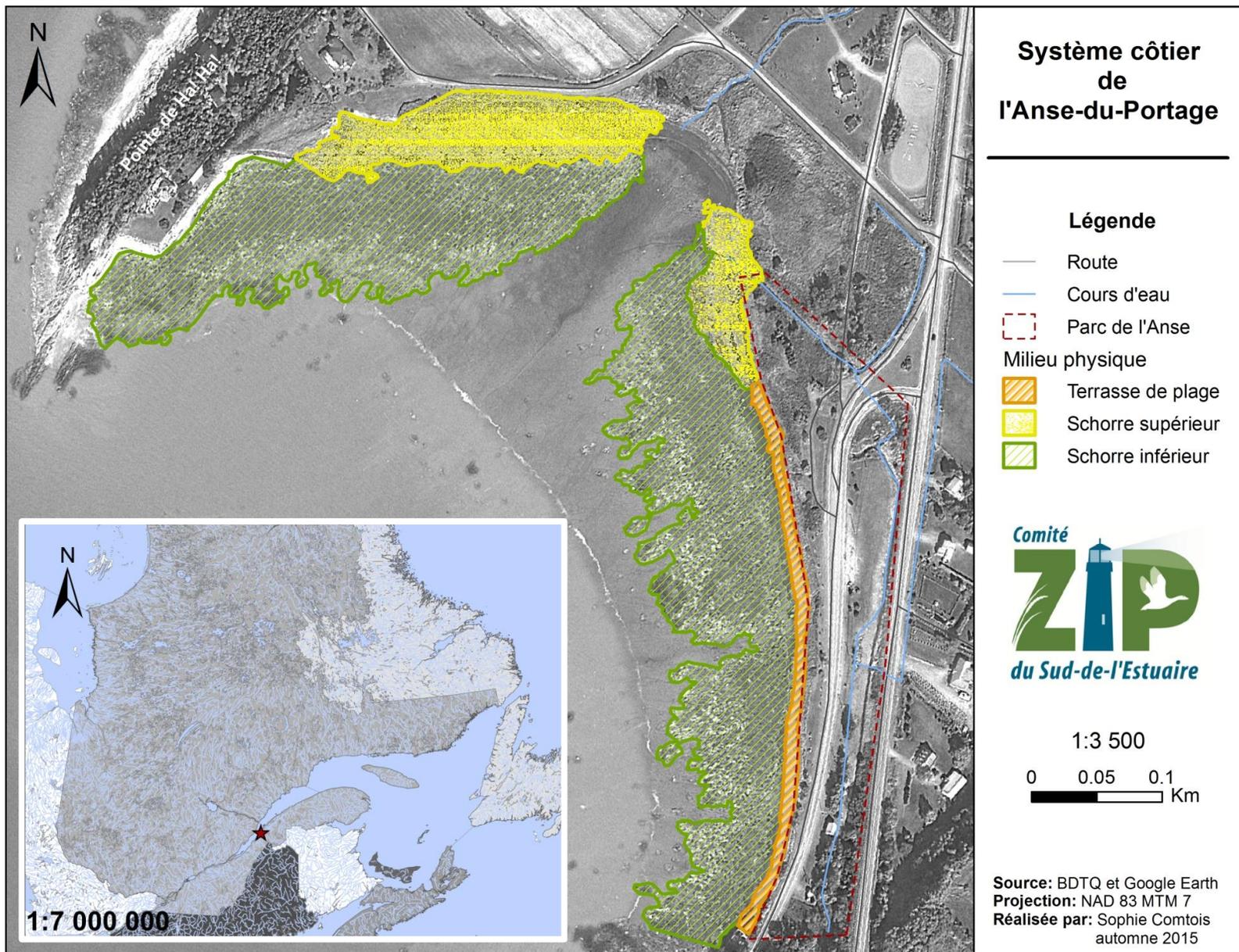


Figure 1. Localisation de l'Anse-du-Portage et de ses différents habitats côtiers. Les limites approximatives du parc de l'Anse sont indiquées en pointillé.

Morphologie de la côte à l'Anse-du-Portage



Figure 2. Identification des éléments morphologiques du système côtier de l'Anse-du-Portage

La zone côtière de l'Anse-du-Portage est un système mixte (terrasse de plage à marais maritime, voir Comtois et al., 2015) composé d'un haut estran (la plage) et d'un schorre inférieur à la place du bas estran. La flexure (ou point d'inflexion) qui sépare ces deux segments correspond à un changement de pente et de granulométrie sur la plage. Elle concorde approximativement avec le niveau moyen des mers (Figure 2).

La ligne de rivage correspond à la limite atteinte par les pleines mers supérieures de grandes marées (PMSGM). Son emplacement correspond à la limite de la végétation dense (Figure 2). Ailleurs dans le secteur de l'Anse, cette limite est située à la base de la microfalaise, à la base des ouvrages de protection (par exemple, la base de l'enrochement) ou la limite entre les schorres inférieurs et supérieurs (Bernatchez et Fraser, 2011).

La ligne de rivage est une limite mobile très dynamique, constamment modifiée par une panoplie de facteurs, dont les vagues, la marée, les tempêtes ou encore les interventions humaines (Van-Wierts, 2012). Elle est souvent utilisée comme ligne de référence en gestion de l'aménagement côtier, notamment pour déterminer le début de la zone constructible (MDDELCC, 2015). C'est à partir de la ligne de rivage que débute la haute plage (qui est suivi de l'arrière-plage), mais également la bande riveraine. Dans le présent document, la bande riveraine réfère à la section végétalisée localisée entre la plage et la route du Fleuve.

Enjeux spécifiques

Le travail de caractérisation réalisé en 2014 a permis de dresser un portrait complet des habitats côtiers de l'Anse-du-Portage, de leur état et de leur dynamique passée et actuelle (Comtois et al, 2015). Les résultats obtenus ont servi à déterminer les enjeux locaux, à cibler les secteurs appropriés pour les travaux de restauration et à définir les techniques de plantation adéquates. Le tableau 1 et les paragraphes qui suivent effectuent la synthèse des principaux résultats de la caractérisation.

Tableau 1. Synthèse des résultats de la caractérisation des habitats côtiers de l'Anse-du-Portage

Résumé des résultats de la caractérisation des habitats côtiers de l'Anse-du-Portage	
État global	<ul style="list-style-type: none">• Bonne santé des habitats• État naturel des habitats conservé
Caractéristiques particulières Figures 1 et 4	<ul style="list-style-type: none">• Gradient dynamique qui explique la différence de sensibilité des habitats aux aléas côtiers• Système particulièrement à risque de submersion due à sa faible élévation
Signes de perturbation Figure 3	<ul style="list-style-type: none">• Présence de microfalaises vives (signe d'érosion) par endroits• Présence de lobes de transgression (signe de submersion) sur la terrasse de plage• Érosion dans le schorre inférieur en forme de trouées
Problématiques locales Figure 5	<ul style="list-style-type: none">• Nombreux sentiers improvisés réduisant la capacité de rétention des sols par les plantes• Enrochement fragilisant le système• Infrastructures très près de la côte ce qui limite le potentiel de migration des habitats côtiers et favorise le phénomène de « <i>coincement côtier</i> »• Accessibilité au fleuve requise par les usagers• Les futurs aménagements du parc de l'Anse devront pouvoir supporter les aléas côtiers
Recommandations	<ul style="list-style-type: none">• Restauration permettant le maintien d'une dynamique côtière naturelle• Restauration conservant le caractère naturel de l'Anse

La caractérisation a permis de constater que les habitats côtiers de l'Anse-du-Portage sont **globalement en bonne santé** et ont conservé leur **état naturel**. Les espèces d'oiseaux rencontrées sur le site, tels les limicoles, le bruant de Nelson¹, le grand héron, le pygargue à tête blanche et le canard noir, sont gages de la qualité de

¹ Le bruant de Nelson a été observé lors des premières visites terrain effectuées au printemps 2015 et ne figure donc pas au rapport de caractérisation.

l'environnement (Gauthier et Aubry, 1995). Cependant, la qualité des habitats est inégale selon un axe nord-sud. L'intérieur de l'Anse est caractérisé par un **gradient dynamique**. Ce gradient affecte la morphologie des habitats côtiers et leur degré de sensibilité aux aléas côtiers. Les secteurs plus calmes (au nord) présentent un marais mature, avec un schorre supérieur et inférieur intégral. En se dirigeant vers le sud (secteurs plus dynamiques), le schorre supérieur disparaît et le schorre inférieur s'amincit graduellement (Figure 1). C'est à l'endroit où le marais est le moins développé qu'une microfalaise active (**signe d'érosion** – Figure 3A) ou des lobes transgressifs² (**signe de submersion** – Figure 3D) sont visibles sur la terrasse de plage. Dans le marais, d'autres signes de perturbation, comme de l'érosion du schorre inférieur en forme de trouées de quelques mètres ou une microfalaise active (Figure 3 b et c), sont visibles par endroits. La faible différence d'élévation entre le système côtier et l'arrière-plage³ (où sont situées les infrastructures comme la route du Fleuve ou l'école de l'Anse) montre cependant que la totalité de la côte de l'Anse-du-Portage est sujette à la **submersion** (Figure 4).

En effectuant la description qualitative des habitats de l'Anse-du-Portage, certaines problématiques ont été soulevées, notamment la présence de nombreux **sentiers improvisés** dans la bande riveraine³ (Figure 5B et 5C). En absence de sentiers balisés, ce qui circonscrirait les passages, les utilisateurs piétinent la végétation littorale en de nombreux endroits, fragilisant par le fait même les plantes qui deviennent moins efficaces à maintenir le sol en place. Par ailleurs, l'espace disponible entre la route du Fleuve et la ligne de rivage³ est limité, particulièrement dans le secteur sud de l'Anse (Figure 5A). Cette situation risque de favoriser processus de **coincement côtier** (*coastal squeeze*). Ce phénomène se produit lorsqu'une contrainte naturelle (falaise) ou artificielle (infrastructure) limite le potentiel de migration naturelle des écosystèmes côtiers vers les terres en réponse à la hausse du niveau de la mer (Figure 6). Les écosystèmes se trouvent alors coincés entre la mer et l'obstacle, ce qui entraîne leur dégradation, voire leur disparition (Doody, 2013; Pontee, 2013; Quintin, 2015; Quintin et al., 2014 et 2015). Concrètement, le phénomène de coincement côtier exacerbe la vulnérabilité des communautés et des infrastructures côtières aux risques côtiers (érosion et submersion). Selon des études récentes, il s'agirait d'une problématique préoccupante à l'échelle du Québec maritime (Quintin, 2015; Quintin et al., 2014 et 2015). Finalement, la présence de l'**enrochement** fragilise le système (Figure 5A et

² Un lobe transgressif se définit comme une accumulation de sédiments de plage composée habituellement de sable et gravier projetés au-delà de la ligne de rivage. Les lobes transgressifs ont été constatés lors de la première visite terrain effectuée au printemps 2015 et ne figurent donc pas au rapport de caractérisation.

³ Pour une description des termes en lien avec la morphologie de la côte, se référer à l'encadré *Morphologie de la côte à l'Anse-du-Portage* en page 12.

8). En causant la réflexion des vagues, les structures de protection rigides contribuent à l'abaissement vertical et au rétrécissement des plages (Bernatchez et al., 2011; Bernatchez et Fraser, 2012). C'est ce qui expliquerait les plus faibles valeurs de volume sédimentaire obtenues lors des levés topographiques pour les profils situés à l'endroit de l'enrochement (Comtois et al., 2015). Ces ouvrages diminuent donc la capacité de résilience des habitats côtiers lors d'évènements de tempête, exacerbent l'érosion, contribuent à augmenter le risque de submersion et conduisent à la perte d'habitats (Bernatchez et al., 2008; Bernatchez et Fraser, 2012).

La revitalisation du parc de l'Anse prévue par la municipalité et l'accessibilité au fleuve sont également des enjeux locaux importants. Les **futurs aménagements du parc** devront tenir compte de la dynamique côtière naturelle et être conçus de façon à pouvoir supporter les aléas côtiers. En contrepartie, les travaux de restauration proposés par le Comité ZIP devront cibler préférentiellement le secteur du parc de l'Anse afin de contribuer à maintenir la pérennité des futurs **aménagements**, et tenir compte des requêtes des usagers (accès au fleuve, conserver le caractère naturel du site).

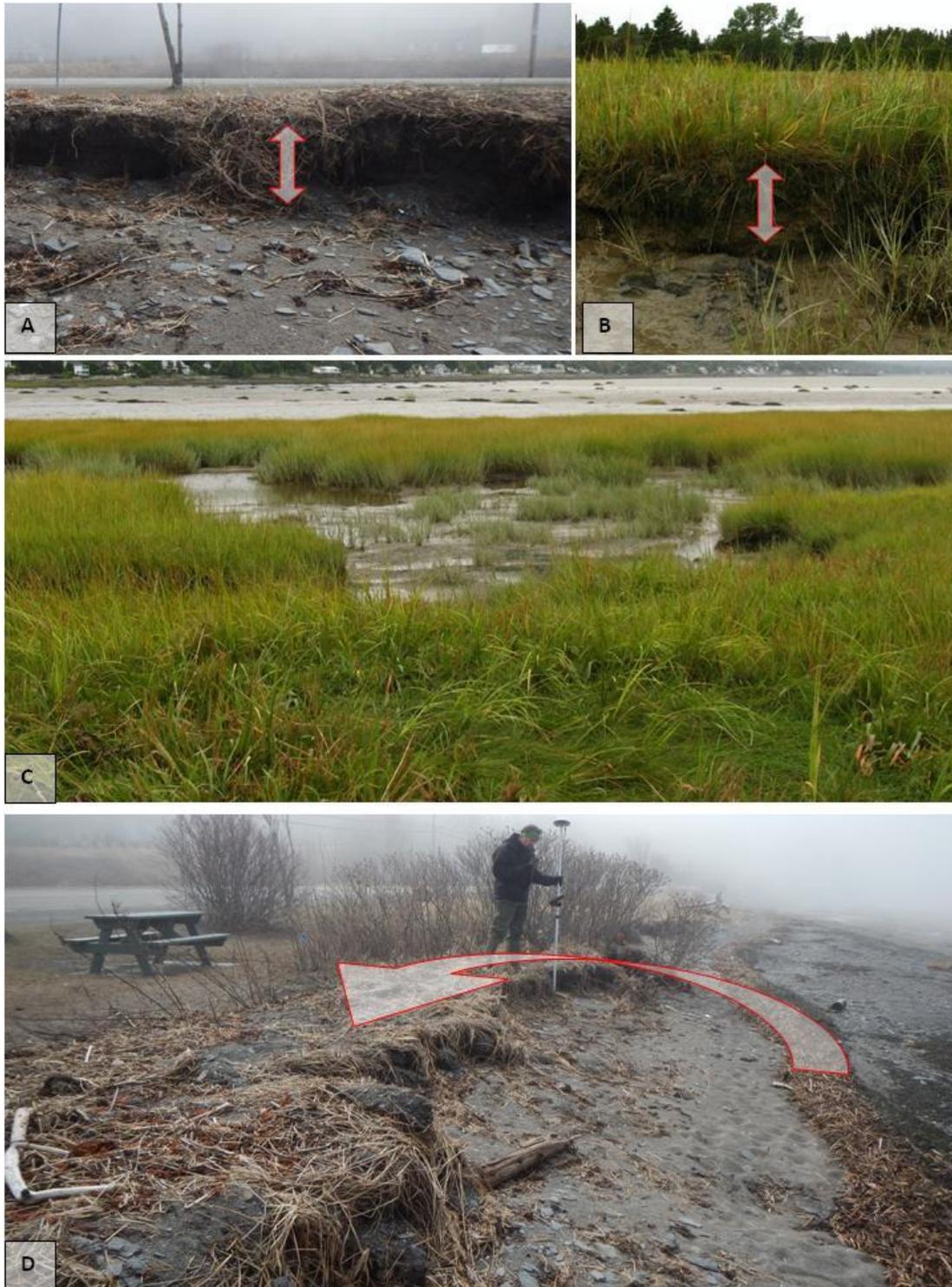


Figure 3. Signes de perturbation visibles dans les habitats côtiers de l'Anse-du-Portage. Microfalaise d'érosion active sur la terrasse de plage (A) et à l'interface entre les schorres inférieur et supérieur (B). Érosion en forme de trouée dans le schorre inférieur (C). Présence de sable et de débris marin sur la terrasse de plage (lobe transgressif), signe de transgression marine (submersion) (D).



Figure 4. Système à risque de submersion. La ligne rouge (ligne de rivage) représente la limite atteinte par les pleines mers supérieures de grandes marées (PMSGM).



Figure 5. Quelques problématiques locales, dont la présence de l'enrochement, l'espace restreint entre la côte et les infrastructures (A) et les sentiers improvisés (B : piéton ou C : vtt) qui compactent le sol et détruisent la végétation en place.

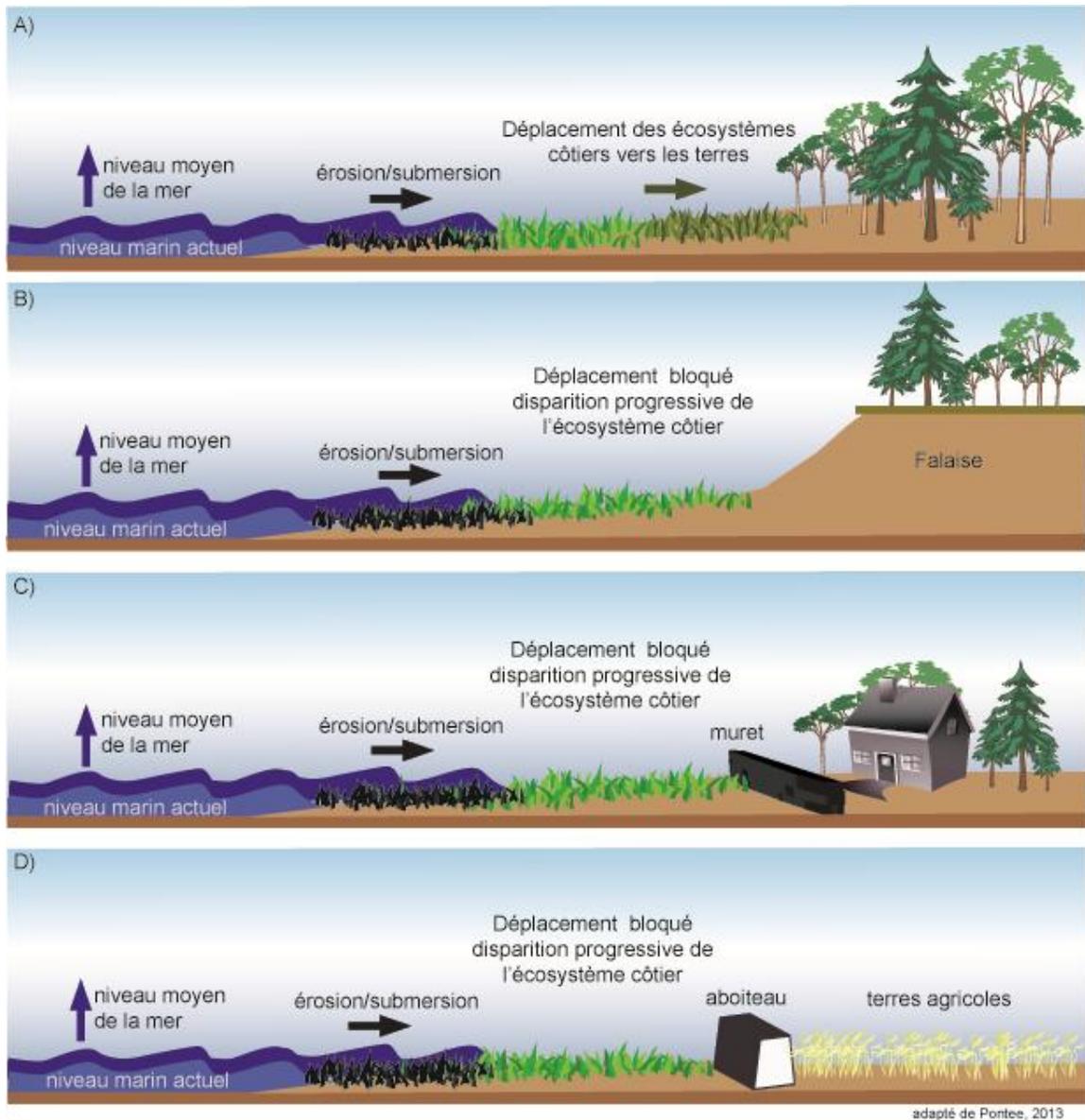


Figure 6. Schéma illustrant le processus de coincement côtier (Source : Quintin, 2015).

RESTAURATION DES HABITATS CÔTIERS

L'objectif de la restauration est de renforcer la dynamique naturelle et la capacité de résilience d'habitats côtiers sensibles, caractéristiques inhérentes à leur rôle de première structure de défense côtière. Un habitat côtier en équilibre joue le rôle de zone tampon entre le milieu marin et terrestre, en atténuant les effets de l'érosion littorale et en diminuant les dégâts liés à la submersion marine (Arkema et al., 2013; Gewin, 2013). La reconstitution d'habitats naturels participera ultimement à consolider les travaux d'aménagement public à venir dans le parc.

Pour atteindre ces objectifs, et considérant la qualité de l'état global du milieu, le Comité ZIP préconise la restauration de sections dégradées à l'aide de techniques douces. Ces techniques souples travaillent en harmonie avec la dynamique naturelle des côtes et présentent plusieurs avantages écologiques et économiques, comme un faible coût de réalisation. Le choix d'une plantation à l'aide d'espèces végétales indigènes adaptées aux conditions du marais et de la plage a été retenu. Les végétaux ciblés sont la spartine alterniflore (*Spartina alterniflora*) pour l'étage inférieur du marais, ainsi que la spartine pectinée (*Spartina pectinata*), l'élyme des sables d'Amérique (*Leymus mollis mollis*), le rosier inerme (*Rosa blanda*) et les carex (*Carex* sp.) pour la bande riveraine, qui comprend la haute plage et une partie de l'arrière-plage (l'emplacement des différents sites de plantation est illustré sur la figure 7). Ces espèces contribuent à capter et fixer les sédiments, ce qui favorise une accrétion verticale (élévation) et horizontale (élargissement) des habitats (Juneau et al, 2012).

La restauration du milieu s'est déroulée en juin 2015 et consistait en une plantation d'élyme des sables d'Amérique dans la bande riveraine, combinée à une plantation expérimentale de plusieurs espèces dans les différents étages du marais. Le suivi des travaux de restauration a débuté en juillet 2015 et se poursuivra jusqu'à l'automne 2016.

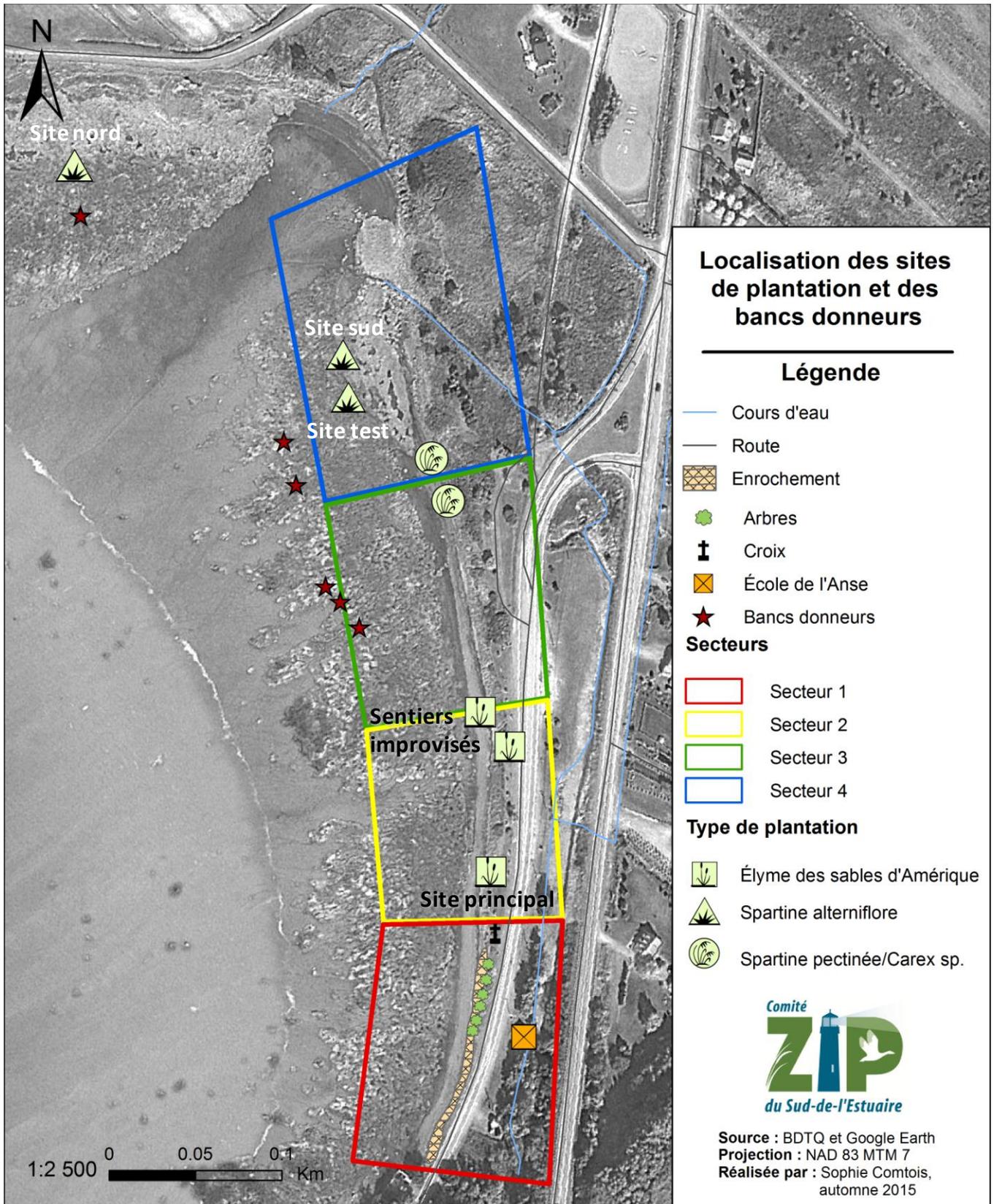


Figure 7. Emplacement des sites de plantation, des bancs donneurs et division de la côte du parc de l'Anse

Permis et autorisations

Puisque les travaux se déroulaient en partie dans la zone de balancement des marées et dans la bande riveraine, des demandes d'autorisation ont été effectuées auprès des autorités responsables.

1- Fédéral

Selon la Loi sur les pêches, des travaux réalisés dans ou à proximité d'un plan d'eau où vivent des poissons visés par une pêche commerciale, récréative ou autochtone peuvent nécessiter une autorisation si ces travaux sont susceptibles de causer des dommages sérieux au poisson. Le projet de restauration de l'Anse-du-Portage respecte certains critères et n'est donc pas assujéti à un examen de la part du Ministère des Pêches et des Océans (MPO).

2- Provincial

Une demande a été effectuée le 18 mars 2015 auprès du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) afin de savoir si les travaux de restauration prévus à l'Anse-du-Portage nécessitent l'obtention d'un permis. En effet, en vertu de l'article 22 de la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE), un certificat d'autorisation est requis préalablement à la réalisation de certains travaux ou activités en milieu riverain. Le 17 avril 2015, le MDDELCC émettait un avis de non-assujettissement, statuant que la nature des travaux projetés ne requiert pas de certificat d'autorisation.

À la même demande, le Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec (MFFP), répondait, en date du 23 mars 2015, qu'aucune autorisation n'est requise pour exécuter les travaux. Selon le MFFP, les activités prévues impliquent un risque moindre pour l'habitat du poisson et pour les aires de concentration d'oiseaux aquatiques (ACOA). Par conséquent, les travaux de restauration ne sont pas visés par l'interdiction prévue à l'article 128.6 de la Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune (L.R.Q., c. C-61,1).

3- Municipal

La MRC de Rivière-du-Loup et la municipalité de Notre-Dame-du-Portage ont approuvé les techniques de restauration proposées lors de séances ordinaires de leur conseil respectif. Les résolutions ont été adoptées et signées à l'automne 2013. Selon les termes des ententes, le projet ne contrevient pas à la réglementation en vigueur. Aucun permis n'a été nécessaire auprès de la MRC ou de la municipalité.

Choix du site de la plantation principale

À la lumière des constats apportés par la caractérisation, la rive du parc de l'Anse a été divisée en quatre zones selon le degré de sensibilité de la côte (Figure 7).

Le secteur 1 (rouge) présente le plus d'indices de perturbation avec l'absence de haute plage, une plage étroite et abaissée, un espace très restreint (moins de 5 mètres par endroits) entre la route et l'enrochement, un schorre supérieur absent et un schorre inférieur réduit. Une évolution particulièrement marquée de ce secteur s'est produite au cours de l'hiver 2014-2015⁴. L'enrochement s'est affaissé par endroits (les roches se sont disloquées et déplacées vers le bas de la plage). Des trous observés au niveau de l'arrière-plage (zone gazonnée entre la route et l'enrochement) indiquent qu'une importante quantité de matériaux (sol) sous-jacents a été emportée. Le vide ainsi créé a provoqué l'effondrement de la zone gazonnée (Figure 8).



Figure 8. Dislocation et translation de l'enrochement vers le bas de la plage et abaissement de l'arrière-plage (bande riveraine) gazonnée.

Le secteur 2 (jaune) présente une microfalaise vive et est aussi dépourvu de schorre supérieur. Des lobes transgressifs ont laissé des sédiments et des débris marins sur l'arrière-plage. De nombreux sentiers improvisés ont été créés, entraînant la compaction du sol et la détérioration de la végétation de la haute plage et de l'arrière-plage. L'arrière-plage est encore étroite et peu végétalisée, mais l'espace disponible offre suffisamment de latitude pour permettre une restauration.

⁴ Ces observations ont été effectuées au printemps 2015 et ne figurent donc pas au rapport de caractérisation.

Au secteur 3 (vert), le schorre supérieur est toujours absent, mais le schorre inférieur est plus étendu et la haute plage est bien végétalisée (microfalaise d'érosion limitée ou absente), sauf aux endroits où le piétinement répété a détruit une bonne partie de la végétation en place (sentiers improvisés). Des traces de submersion saisonnière sont également visibles sur l'arrière-plage.

Le secteur 4 (bleu) est le plus stable. C'est à partir d'ici qu'un schorre supérieur apparaît. La haute plage et l'arrière-plage sont complètement végétalisées et présentent une continuité avec le schorre supérieur. Les signes de dégradations se concentrent à l'interface entre les schorres supérieurs et inférieurs, où certaines surfaces sont dénudées de la végétation typique des marais.

L'enrochement et les caractéristiques hydrodynamiques du secteur 1 le rendent trop instable et non propice à la plantation. Le secteur 4 présente peu de signes de dégradations et un effort de restauration n'y est pas requis. C'est le secteur 2 qui a été ciblé pour effectuer la plantation principale d'élyme des sables au niveau de l'arrière-plage. L'espace y est suffisant pour pouvoir effectuer un aménagement adéquat et la présence de la microfalaise active en justifie la nécessité. La consolidation de ce secteur pourra, ultimement, participer à la protection et au maintien du secteur 3.

Travaux de restauration

Les travaux de plantation des végétaux ont été réalisés entre le 14 et le 17 juin 2015 inclusivement. La revégétalisation doit être effectuée préférentiellement au printemps, afin de permettre aux végétaux de s'implanter avant les tempêtes automnales

1- Plantation dans la bande riveraine

La plantation dans la bande riveraine impliquait principalement de l'élyme des sables d'Amérique (*Leymus mollis mollis*) et quelques plants de rosiers inermes (*Rosa blanda*). Les plants d'élyme sont livrés en caisse multicellules de 128 ou 72 plants par les Jardins de Métis, un fournisseur local. Les rosiers inermes en contenants de 1 litre proviennent de la Pépinière Aiglon, un fournisseur provincial spécialisé en plantes indigènes.

Le site principal de plantation d'élyme des sables est situé dans le secteur 2 (Figure 7 et 9A), soit sur l'arrière-plage gazonnée, à environ 1 mètre derrière la microfalaise active. Le système racinaire étoffé de l'élyme des sables permet de stabiliser le sol de façon beaucoup plus efficace que le gazon. Réaliser cette plantation à une certaine distance derrière la microfalaise offre une marge de sécurité pour protéger la nouvelle plantation d'un éventuel événement de tempête.



Figure 9. Plantation principale d'élyme des sables d'Amérique (A) et fermeture d'un sentier improvisé (B).

Au total, 2 360 plants d'élymes des sables ont été plantés (Tableau 2). Le site principal couvre une surface de 97,6 m². Les plants ont été repiqués pour obtenir une densité moyenne de 15 semis au m². On estime donc que 1 464 semis ont été nécessaires pour couvrir le site principal. Les 896 semis supplémentaires ainsi que

la vingtaine de rosiers ont été utilisés pour fermer des sentiers improvisés situés à proximité de la plantation principale (Figure 9B). Puisque les semis supplémentaires ont été plantés de façon discontinue en comblant plusieurs petites zones dénudées et en densifiant des secteurs peu végétalisés, l'estimation de la superficie et de la densité moyenne de plantation était difficilement mesurable et n'apparaît donc pas dans le tableau 2.

Le phosphore joue un rôle essentiel dans le développement du système racinaire. Pour vérifier l'efficacité de la fertilisation, 25 ml de poudre d'os (4-10-0) a été ajouté à environ 150 semis. La poudre d'os a été ajoutée directement dans le trou avant de mettre le plant. Les résultats seront comparés entre les secteurs fertilisés et non fertilisés lors du suivi.

Cette plantation a bénéficié de la présence de 4 bénévoles et de 2 employés municipaux, en plus des 4 employés du Comité ZIP. La municipalité a également mis un camion-citerne à la disponibilité de l'équipe, accélérant substantiellement l'étape préalable à la perforation des trous, puisqu'il est préférable d'arroser avant la plantation (voir le protocole détaillé au tableau 4 en annexe). La totalité des semis d'élyme des sables et des plants de rosiers a été plantée au cours de l'après-midi du dimanche 14 juin 2015.

Tableau 2. Comparaison des statistiques de restauration en fonction de la technique employée.

Technique		Habitat ciblé	Nombre de plants	Superficie couverte (m ²)	Densité moyenne (plants/m ²)
Plantation de semis d'élymes des sables d'Amérique	Site principal	Bande riveraine	1 464	97,6	15
	Sentiers improvisés		896	NA	NA
Transplantation plants de spartine pectinée ou de carex sp.		Prairie humide	30	5	6 ⁵

Technique		Habitat ciblé	Nombre d'unités	Superficie couverte (m ²)	Densité moyenne (unités/m ²)	Estimation du nombre de tiges/unités	Estimation du nombre de tiges (plants) total
Transplantation d'unités de spartines alterniflore	Site sud	Schorre inférieur	94	8,3	11,3	10 à 15	Entre 940 et 1 410
	Site test ⁶		38	5	7,6	> 50	Minimum de 1 900
	Site nord		75	16,2	4,6	20 à 25	Entre 1 500 et 1 875

⁵ La densité atteinte est faible parce que les secteurs ciblés étaient restreints, partiellement dénudés et encerclés par une végétation dense. Le but de cette plantation était plutôt d'accélérer la colonisation des petites zones perturbées tout en testant une technique de transplantation de plants individuels de spartine pectinée et de carex sp.

⁶ Le site test a été utilisé pour la transplantation d'unités de grandes dimensions.

2- Transplantation expérimentale dans le marais

Très peu de projets de restauration de marais ont été effectués au Québec. Les techniques d'extraction et de transplantation de plants ou d'unités de transplantation (motte) suivantes se basent essentiellement sur les recommandations effectuées par Gratton (1990) et reprises par le consultant ARGUS (1994 et 1998).

Dans le marais, une technique de transplantation a été préférée à la technique de plantation de semis. Il s'agit d'une méthode adéquate pour des projets de petite dimension (Gratton, 1990). Elle consiste à prélever des plants ou des unités de transplantation (motte) *in situ* à partir d'un milieu donneur en santé, pour les implanter dans le milieu receveur présentant des signes de perturbation. Afin d'augmenter les chances de réussite de la transplantation, il est toujours préférable que le site donneur soit situé à proximité de l'endroit à restaurer. Non seulement les plants récoltés seront bien adaptés aux conditions climatiques et de salinité locales, mais on évite ainsi les délais qui pourraient les affaiblir.

Au départ, le projet visait à effectuer une transplantation expérimentale sur les trois étages du marais, soit dans le schorre inférieur, le schorre supérieur et la prairie humide adjacente. Le but visé était de tester des techniques différentes, adaptées aux conditions de chaque milieu et d'en déterminer le taux de succès lors du suivi. Les paragraphes qui suivent détaillent les actions entreprises dans les différents étages du marais.

L'étage inférieur du marais de l'Anse-du-Portage (**schorre inférieur**) est composé d'un peuplement dense d'une espèce végétale unique, la spartine alterniflore. L'intense enchevêtrement des racines et des rhizomes et le substrat argileux rendent difficile l'extraction de plants individuels. Il est plus efficace de recourir au prélèvement d'unités de transplantation (mottes) que de plant unique dans ces conditions. Les unités de transplantation ont aussi l'avantage de pouvoir être conservées plus longtemps que des plants individuels, tant que le substrat reste humide. La pelle, ou autre outil utilisé pour le prélèvement de motte, doit avoir une largeur minimale d'environ 12 cm afin de s'assurer que l'unité de transplantation contienne au moins quelques plants intacts ce qui assure le succès de la reprise végétale.

Les bancs donneurs choisis sont des radeaux de spartines arrachés par les glaces et déposés sur le schorre inférieur du marais (Figure 7 et 11A). Les radeaux ciblés sont ceux de l'hiver précédent. N'étant pas encore fusionné au schorre inférieur, il est facile de les identifier et de les séparer en unité de transplantation. Cette technique a l'avantage de limiter le stress provoqué sur milieu naturel. Puisque les prélèvements

sont effectués à même les radeaux, le schorre sous-jacent n'est pas troué et la reprise végétale naturelle devrait être relativement rapide. Les plants des unités avaient en moyenne, une hauteur de 10 à 15 cm lors du prélèvement (Figure 11A).

La transplantation de mottes de spartine alterniflore s'est déroulée à plusieurs endroits (Site nord, site sud et site test; Figure 7). Les sites choisis étaient dénudés, mais toujours encerclés par de la végétation naturelle (Figure 11B). Cette végétation bien établie résiste bien à l'érosion et joue donc un rôle protecteur de la spartine nouvellement implantée en plus de participer à la recolonisation du secteur dénudé. Au total, c'est une superficie de près de 30 m² qui a été revégétalisée dans le schorre inférieur du marais. Le nombre d'unités de transplantation utilisé s'élève à 207, ce qui donne une densité moyenne de 7 unités/m² (Tableau 2). La grosseur des unités de transplantation était variable. Nous avons estimé le nombre de tiges (ou plants) par mottes entre 10 et 25 en moyenne. Les unités plantées dans le *Site sud* (Figure 11D) sont un peu plus petites (surface approximative de 12 cm X 12 cm; 10 à 15 tiges/mottes) que celles du *Site nord* (surface approximative de 17 cm X 17 cm; 20 à 25 tiges/motte). Cependant, nous voulions tester l'efficacité d'unités beaucoup plus imposantes. Sur le *Site test*, 40 unités présentant une surface minimale de 25 cm X 25 cm (minimum de 50 tiges/motte) chacune ont été disposées à la base de la microfalaise (Figure 11C). Le protocole utilisé pour la transplantation de spartine alterniflore est détaillé dans le tableau 5 en annexe.

La présence d'oies et de bernaches a été constatée dans le marais de l'Anse-du-Portage. Lors de leurs migrations automnales et printanières, ces oiseaux font halte dans les marais pour s'alimenter des rhizomes des spartines (Allard, 2008). Afin de vérifier si leur présence constitue un facteur limitant la réussite d'une transplantation, des exclos ont été érigés sur une partie de la plantation. Ces exclos consistent en une clôture de piquet de bois ou de métal, reliés par des cordes de nylon espacées aux 15 cm environ. Le tissage de corde se situe entre la surface du sol et le niveau de l'eau à marée haute (Figure 10). Cette protection empêche les oies d'atteindre et brouter la nouvelle plantation. Les exclos doivent être enlevés juste avant l'établissement des glaces et remis au printemps suivant, avant le retour des oies.



Figure 10. Construction d'un exclos pour protéger la nouvelle plantation contre le broutement par la sauvagine.



Figure 11. Un des bancs donneurs (radeau) avec des plants de spartine de 10 à 15 cm de hauteur (A). Trouée dénudée dans le schorre inférieur qui correspond à un des sites de plantation (B). Plantation de grosses unités de transplantation (plus de 50 tiges/unité; C) et d'unités standards (site sud; 10 à 15 tiges/unité; D).



Figure 12. Brèche profonde observée dans le schorre supérieur.

Contrairement à ce qui était prévu au projet initial, aucune restauration expérimentale n'a été effectuée dans le **schorre supérieur**. Les dommages observés dans cet étage du marais consistent essentiellement en des ouvertures sous forme de brèches profondes (Figure 12), peut-être causées par une migration d'une partie du schorre supérieur vers le large. Pour rétablir ces endroits, une quantité importante de sédiments (argile) aurait été nécessaire avant de pouvoir procéder à une transplantation de spartine étalée. Cette intervention aurait nécessité des moyens qui dépassaient le cadre du projet actuel.

Pour la **prairie humide**, juxtaposée au marais, c'est une transplantation de plants de spartine pectinée et de carex qui a été préconisée. Le banc donneur se trouve dans la baie de l'Amitié, située juste au nord de l'Anse-du-Portage. La méthode par plants individuels s'applique bien lorsque le sol de la colonie naturelle donneur est sablonneux, les plants sont alors faciles à dégager. Trente plants vigoureux ont été récoltés à la main ou à l'aide de truelle en prenant soin de conserver une bonne partie des rhizomes et des pousses qui y sont rattachées. Ces plants ont été transportés vers deux petites zones partiellement dénudées faisant partie du secteur 3 de l'Anse-du-Portage (Figure 7) et rapidement transplanté puisque les racines et rhizomes nus sont plus sensibles à la dessiccation que ceux conservés en unité de transplantation.

3- Espacement, densité et période optimale pour la plantation des différentes espèces de spartine

Très peu de travaux similaires ont été effectués et rapportés dans la littérature à notre connaissance. Ainsi, la période optimale de plantation ou l'espacement idéal (densité) entre les plants de spartine (toutes espèces confondues) n'a pas été déterminé pour des habitats à notre latitude. Compte tenu de la courte période de croissance dans notre région, il est probable que le printemps (avril, mai) soit la saison de plantation optimale pour permettre aux plants de bien s'enraciner avant l'hiver. Cependant, l'extraction d'unités de transplantation ou de plants *in situ* doit se faire après que la végétation naturelle ait débuté sa croissance, ce qui retarde le moment des travaux. Il est à noter que les mottes seraient plus résistantes à une transplantation hors de la période optimale, puisqu'elles subissent moins de stress lors de l'extraction (la motte conserve plusieurs plants ainsi qu'une bonne partie des racines et rhizomes intacts) comparativement aux plants individuels.

Selon nos visites préparatoires à la plantation, la végétation n'avait toujours pas débuté sa croissance en date du 22 avril 2015. Lors d'une deuxième visite le 19 mai 2015, la spartine alterniflore atteignait en moyenne 5 cm de hauteur. Lors de la plantation (mi-juin), la spartine alterniflore atteignant entre 10 et 15 cm de hauteur alors que la spartine pectinée et les carex sp. dépassaient les 30 cm. Selon ces résultats, la période optimale pour une transplantation à l'aide de plants *in situ* serait probablement entre la mi-mai et la mi-juin. Il est préférable de ne pas dépasser la fin juin pour s'assurer de laisser suffisamment de temps aux plants ou aux unités pour bien s'enraciner.

Selon Gratton (1990), l'espacement idéal estimé entre les plants ou les unités de transplantation se situe entre 0,5 m et 0,25 m dans les endroits susceptibles à l'érosion. Cet espacement équivaut à une densité de plantation entre 4 et 16 unités ou plants/m².

4- Suivi

Le suivi est primordial puisqu'il s'agit du moyen d'évaluer le taux de succès des opérations. Selon Gratton (1990), une première visite du site restauré est généralement requise dans les 4 à 6 semaines suivant les travaux. Ce premier suivi vise essentiellement deux buts, soit évaluer le taux de survie immédiatement après la transplantation et ajuster la plantation au besoin. Un bon taux de survie est indicateur du succès initial de l'opération, de la qualité des végétaux plantés et de la pertinence des techniques de plantation employées. Par ailleurs, la détection précoce d'une problématique particulière (déchaussement, accumulation de débris sur la plantation, mortalité élevée, etc.) permet une intervention rapide pour rectifier la situation et permettre la réussite de la plantation. Pour cette raison, advenant une tempête ou une autre situation extrême (une sécheresse par exemple) entre la période de fin des travaux et le moment prévu de la première visite de suivi, il est fortement recommandé de devancer le suivi.

Un premier suivi a été effectué le 22 juillet 2015, soit 5 semaines après la fin des travaux de plantation. Le deuxième suivi a été effectué 1^{er} octobre 2015, à la fin de la saison de croissance. Les résultats provisoires des premiers suivis sont présentés au tableau 3 et l'évolution des plantations est présentée en images aux figures 13, 14 et 15. Aucune problématique généralisée n'a été constatée sur le terrain lors de ces visites. Tous les végétaux plantés (sous forme de semis, plants et unités de transplantation) ont pris de la hauteur. La mortalité est négligeable en ce qui concerne les élymes des sables. La densité de plantation des unités de spartine alterniflore était très difficilement calculable lors du premier suivi et impossible à réaliser lors du second. En effet, dès la première visite de suivi, nous avons constaté que les plants des unités et la végétation naturelle à proximité de la plantation commençaient à se combiner par endroits. Il devient alors impossible de distinguer les mottes. Le pourcentage de recouvrement serait probablement plus adapté comme indice de suivi de la mortalité pour ce type de plantation.

Les plants transplantés dans la prairie humide (spartine pectinée et carex sp.) ont beaucoup poussé. Par contre, lors du 2^e suivi, nous avons constaté qu'un des deux secteurs végétalisés présentait de gros signes de perturbation. La végétation était couchée et des trous étaient visibles au sol, comme si certaines plantes avaient été extraites (Figure 15).

Tableau 3. Résultats préliminaires des premiers suivis des travaux de plantation

Espèce	Hauteur moyenne des plants (cm)			Densité moyenne de plantation (plants ou unités/m ²)		
	Lors de la plantation	Suivi 1	Suivi 2	Lors de la plantation	Suivi 1	Suivi 2
	17-06-2015	22-07-2015	01-10-2015	17-06-2015	22-07-2015	01-10-2015
Élyme des sables d'Amérique	15	33	37	15	15	14,3
Spartine alterniflore	10 à 15	25	30	7	NA	NA
Spartine pectinée et carex sp.	30	91	>100	6	6	NA



Note.

Le manque de contraste entre les plants d'élyme des sables d'Amérique nouvellement implantés et le gazon explique que les images de la figure 13 ne soient pas aussi représentatives du succès initial de la plantation d'élyme comparativement aux résultats présentés au tableau 3.

Le jaunissement des plants, visible sur la photo C, est normal et attendu pour ce moment de l'année (fin de la saison de croissance).

Figure 13. Évolution de la plantation d'élyme des sables d'Amérique au site principal. Photo du site immédiatement après à la plantation (juin 2015; A), lors du premier suivi (juillet 2015; B) et lors du 2^e suivi (octobre 2015; C).



Figure 14. Évolution de la plantation de spartine alterniflore dans le schorre inférieur du marais. Photo du site sud immédiatement après à la plantation (juin 2015; A), lors du premier suivi (juillet 2015; B) et lors du 2^e suivi (octobre 2015; C).



Figure 15. Évolution de la plantation de spartine pectinée et de carex sp. Photo d'un des sites lors du premier suivi (juillet 2015; A) et lors du 2^e suivi (octobre 2015; B).

BIBLIOGRAPHIE

Allard, M. 2008. Analyse spatio-temporelle de l'évolution des marais à scirpe de l'habitat migratoire de la Grande Oie des neiges à l'aide de l'imagerie IKONOS et de photographies aériennes. Mémoire de maîtrise, Université de Sherbrooke, 157 p.

ARGUS inc. 1994. Restauration d'une herbaçaie salée dans la réserve nationale de faune de la baie de L'Isle-Verte. Projet pilote. Rapport final. Québec. 65 p.

ARGUS inc. 1998. Perspectives d'aménagement et de restauration des marais à spartines du Québec. Rapport final. Québec. 159 p.

Arkema, K.K., G. Guannel, G. Verutes, S.A. Wood, A. Guerry, M. Ruckelshaus, P. Kareiva, M. Lacayo et J.M. Silver. 2013. Coastal habitats shield people and property from sea-level rise and storms. *Nature Climate Change* 3, 913–918.

Bernatchez, P., G. Boucher-Brossard, M. Corriveau et Y. Jolivet. 2014. Impacts des changements climatiques sur l'érosion des falaises de l'estuaire maritime et du golfe du Saint-Laurent (Rapport scientifique final pour Ouranos et le ministère de la Sécurité Publique). Rimouski, Québec : Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. 166 p. [Disponible en ligne : http://www.ouranos.ca/media/publication/331_RapportBernatchez2014.pdf]

Bernatchez, P. et C. Fraser. 2012. Evolution of Coastal Defence Structures and Consequences for Beach Width Trends, Québec, Canada. *Journal of Coastal Research* 28 (6): 1550 – 1566.

Bernatchez, P., C. Fraser, S. Friesinger, Y. Jolivet, S. Dugas, S. Drejza et A. Morissette. 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. Rapport de recherche remis au Consortium OURANOS et au FACC. 256 p.

Bernatchez, P., C. Fraser et D. Lefavre. 2008. Effet des structures rigides de protection sur la dynamique des risques naturels côtiers : érosion et submersion. Dans J. Locat, D. Perret, D. Turmel, D. Demers et S. Leroueil. 2008. *Comptes rendus de la 4e Conférence canadienne sur les géorisques : des causes à la gestion*. Presse de l'Université Laval, Québec, 594 p.

Bernatchez, P., C. Fraser, D. Lefavre et S. Dugas. 2011. Integrating anthropogenic factors, geomorphological indicators and local knowledge in the analysis of coastal flooding and erosion hazards. *Ocean and Coastal Management* 54 (8): 621–632.

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. 55 p.

Doody, J.P. 2013. Coastal squeeze and managed realignment in southern England, does it tell us anything about the future? *Ocean and Coastal Management* 79: 34-41.

Friesinger, S. et P. Bernatchez. 2010. Perceptions of Gulf of St. Lawrence coastal communities confronting environmental change : Hazards and adaptation, Quebec, Canada. *Ocean and Coastal Management*, 53(11) : 669–678.

Gauthier, J. et Y. Aubry. 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.

Gewin, V. 2013. Nature News. Natural defences can sharply limit coastal damage. Reefs, dunes and marshes are key to protecting lives and property against storm surges and long-term sea-level rise. [Disponible en ligne : <http://www.nature.com/news/natural-defences-can-sharply-limit-coastal-damage-1.13380>]

Gratton, L. 1990. Écologie et techniques de plantation pour les trois espèces de spartines des marais salés de l'estuaire du Saint-Laurent. Environnement Canada, Service Canadien de la faune Conservation et protection (Région du Québec). 33p.

Jolicoeur, S. et S. O'Corrol. 2007. Sandy barriers, climate change and long-term planning of strategic coastal infrastructures, Îles-de-la-Madeleine, Gulf of St. Lawrence (Québec, Canada). *Landscape and urban planning*. 81, 287-298.

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

Leclerc, A. M. 2010. Ouvrages de protection du littoral : effets sur la morphologie des plages et sur les communautés benthiques intertidales, région de Saint-Siméon et de Bonaventure, Baie des Chaleurs (Québec, Canada). Mémoire. Rimouski, Québec, Université du Québec à Rimouski, Département de biologie, chimie et géographie, 165 p.

Lefavre, D. 2011. Débordement et déferlement des eaux. Cas du 6 décembre 2010. INFOCÉANS, Bulletin d'information de la région du Québec. volume 14/numéro 1 [Disponible en ligne : <http://www.qc.dfo-mpo.gc.ca/infoceans/201102/article2-fra.asp>]

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). 2015. Guide d'interprétation, Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, Direction des politiques de l'eau, 131 p.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). 2014. État de l'eau et des écosystèmes aquatiques au Québec. Rapport. [Ressource électronique consultée en ligne le 16 décembre 2015 : <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/rapportsurleau/Etat-eau-ecosysteme-aquatique-rivesCotes.htm>]

Möller, I., M. Kudella, F. Rupprecht, T. Spencer, M. Paul, B. K. van Wesenbeeck, G. Wolters, K. Jensen, T. J. Bouma, M. Miranda-Lange et S. Schimmels. 2014. Wave attenuation over coastal salt marshes under storm surge conditions. *Nature Geoscience* 7, 727-731.

MRC de Rivière-du-Loup. 2013. Grandes affectations du territoire - Schéma d'aménagement et de développement révisé. Rivière-du-Loup. [Disponible en ligne : <http://riviereduloup.ca/mrc/?id=e2796&a=2013#schema>]

Ouranos. 2015. Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec. Edition 2015. Montréal, Québec : Ouranos. 415 p.

Pontee, N. 2013. Defining coastal squeeze: A discussion. *Ocean and Coastal Management* 84: 204-207.

Quintin, C. 2015. Des écosystèmes <squeezés> entre la mer et la terre : Quelles mesures de gestion à privilégier afin d'augmenter leur capacité de résilience et celle des communautés côtières à s'adapter aux effets des changements climatiques? Séminaire OURANOS. 11 novembre 2015. Montréal.

Quintin C., P. Bernatchez, S. Jolicoeur, M. Garneau, J-P. Savard, F. Morneau, Castonguay- J-P. Bélanger et B. Bérubé. 2014. Une analyse globale du coastal squeeze des écosystèmes côtiers du golfe et de l'estuaire du Saint-Laurent (GESL) : un outil de gestion pour le développement d'une stratégie d'atténuation de l'impact des changements climatiques (CC) sur les risques naturels côtiers. Affiche présentée dans le cadre du Symposium d'Ouranos, Québec.

Quintin C., P. Bernatchez, S. Jolicoeur, M. Garneau, J-P. Savard, F. Morneau, Castonguay- J-P. Bélanger et B. Bérubé. 2015. Des écosystèmes coincés entre la mer et la terre : Quelles mesures de gestion à privilégier afin d'augmenter leur résilience et celle des communautés côtières d'ici 2060 ? 10ième colloque sur les risques naturels, ACFAS, Rimouski, Québec.

Quintin, C., P. Bernatchez et Y. Jolivet. 2013. Impacts de la tempête du 6 décembre 2010 sur les côtes du Bas-Saint-Laurent et de la baie des Chaleurs. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières et Chaire de recherche en géoscience côtière, Université du Québec à Rimouski. Rapport remis au ministère de la Sécurité publique du Québec, février 2013, Volume I : 48p. + Volume II : 170 p.

Savard, J.-P., P. Bernatchez, F. Morneau, F. Saucier, P. Gachon, S. Senneville, C. Fraser et Y. Jolivet. 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 (Rapport scientifique final pour Ouranos). Montréal, Québec. 48 p. [Disponible en ligne :http://www.ouranos.ca/media/publication/20_Rapport_Savard_maritime_2008.pdf]

Senneville, S., S. St-Onge Drouin, D. Dumont, M.-C. Bihan-Poudec, Z. Belemalem, M. Corriveau, P. Bernatchez, S. Belanger, S. Tolszczuk-Leclerc et R. Villeneuve. 2014. Modélisation des glaces dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent dans la perspective des changements climatiques (Rapport final pour le Ministère des Transports du Québec). 384 p. [Disponible en ligne : <http://www.bv.transports.gouv.qc.ca/mono/1147874.pdf>]

Suarez, S. 2009. La question du bilan sédimentaire des côtes d'accumulation. Rôle des forçages naturels et anthropiques dans les processus morphodynamiques analysés à partir de quelques exemples pris en Méditerranée et en Bretagne. *Geomorphology*. Université de Caen, 220 p.

UICN France. 2013. Panorama des services écologiques fournis par les milieux naturels en France - volume 2.2 : les écosystèmes marins et côtiers. Paris, France.

Van-Wiersts, S. 2012. Développement et application d'un système mobile de laser terrestre pour quantifier le bilan sédimentaire des plages, Mémoire de maîtrise en géographie, janvier 2012, Université du Québec à Rimouski, 93 p.

ANNEXE

Tableau 4. Protocole de plantation d'élymes des sables d'Amérique et de rosiers inermes dans la bande riveraine (arrière-plage)

Procédure de plantation de l'élyme des sables	
	 <p style="text-align: right;">© Joan Sullivan</p>
<p>Les plants ont été transportés sur le site à l'aide d'un véhicule de location de style cargo.</p>	<p>Les racines des semis sont fragiles à la dessiccation. Arroser les semis et les conserver à l'ombre.</p>
	
<p>Sur la bande riveraine, le substrat est sablonneux. L'arroser permet d'augmenter la cohésion des sédiments, ce qui facilite la perforation de trous.</p>	<p>À l'aide d'une tarière, d'un poinçon ou d'une truelle, perforer des trous à une profondeur suffisante pour enfouir toutes les racines. Pour les rosiers, l'usage d'une pelle est nécessaire.</p>
 <p style="text-align: right;">© Marie-Josée Roy</p>	
<p>Le sol excavé est conservé afin de combler les espaces vides lors de la plantation.</p>	<p>Une partie de la plantation a été fertilisée en ajoutant 25 ml de poudre d'os (4-10-0) dans certains trous.</p>



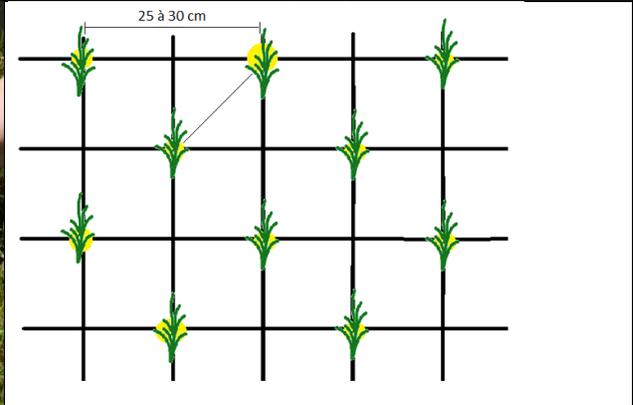
Les semis sont délicatement retirés de la caissette en tirant à partir de la base. Éviter de briser la masse contenant le système racinaire.



Les semis sont insérés et recouverts de sol de façon à ce que leur point de croissance actif à la base soit enfoui sous quelques cm de substrat.



Il est important de combler tous les espaces vides entre le semi et le sol. Le sol est ensuite bien tassé avec les doigts ce qui permet de bien ancrer les semis et assure une meilleure reprise racinaire.



Les semis sont plantés en quinconce et séparés d'au plus 25 à 30 cm. Toujours s'assurer qu'aucune racine ne soit apparente après la plantation.



Les plantations doivent être balisées afin d'éviter le piétinement.



Selon les conditions météorologiques, effectuer un arrosage en profondeur immédiatement après la plantation et dans les semaines suivantes selon les conditions météo.

Tableau 5. Protocole de transplantation de spartine alterniflore dans le schorre inférieur par unités de transplantation (mottes).

Procédure de transplantation de spartine alterniflore	
Extraction	
	
Comme les travaux doivent être réalisés à marée basse, on ne dispose que d'environ 5 heures par marée.	Quelques radeaux de spartine alterniflore déposés sur le marais végétalisé ont été identifiés comme banc d'emprunt.
	
Lors de récolte de plants ou de mottes en milieu naturel, il faut attendre que la végétation ait débuté sa croissance. La hauteur des plants extraits atteignait 10 à 15 cm.	À l'aide d'une pelle, le radeau a été sectionné sur toute sa hauteur pour obtenir des unités comptant 10 à 20 tiges chacune (dimension de surface approximative de 15 x 15 cm).
	
La division de radeaux en unités implique le sectionnement de racines et rhizomes. En	Certains radeaux étaient particulièrement épais, les unités ont été subdivisées au besoin pour

récoltant des unités de cette dimension, on s'assure de conserver assez de plants intacts.



Les unités sont ensuite transportées à l'aide de bacs vers la zone de plantation.

conserver une unité de 15 à 20 cm de hauteur, ce qui simplifiait les manipulations subséquentes.



Afin de réduire l'impact du piétinement, les déplacements et le nombre de corridors entre le banc donneur et de plantation ont été minimisés.

Transplantation



À l'aide d'une pelle ou d'une truelle, des trous de diamètre et profondeur suffisant pour contenir les unités ont été creusés.



L'usage de fertilisant n'est pas requis pour la plantation dans le schorre inférieur. Les réserves d'éléments nutritifs dans ce type de marais ne sont jamais déficitaires.



Chaque unité est insérée dans une cavité en prenant soin de combler les vides avec de la vase.



Les unités sont ensuite fermement pressées avec les mains ou les pieds pour expulser l'air et créer un effet de succion. Il est primordial de s'assurer qu'il n'y ait pas de vide (poches d'air) autour des unités. Le tassement du sol permet de bien

	<p>ancrer les unités (augmente la cohésion) et une meilleure reprise racinaire.</p>
	
<p>Les unités sont enfouies à une profondeur excédant leur hauteur de quelques centimètres seulement (maximum 2 cm). On évite ainsi de les ensevelir, mais on s'assure qu'elles soient déchaussées lors des prochaines marées hautes.</p>	<p>La transplantation s'est faite en quinconce et les trous étaient espacés d'environ 25 cm pour obtenir une densité moyenne de 7 unités/m².</p>
	
<p>Chaque unité de transplantation a été balisée pour plus de clarté pendant la transplantation et aider au dénombrement des unités plantées. Les balises doivent être enlevées avant l'arrivée de la marée haute.</p>	<p>Finalement, une partie de la plantation a été protégée par une clôture destinée à empêcher le broutage par les oies. L'utilité de cette étape sera établie lors du suivi.</p>