

**Atténuation des impacts du coincement côtier par la
restauration d'un marais côtier endigué,**

Saint-André, MRC de Kamouraska

Caractérisation biophysique

RAPPORT FINAL



Mars 2020

CITATION RECOMMANDÉE :

Quintin, C., Joubert, J-É., Truchon, F., Lafond, F. et É. Bachand, 2020. Atténuation des impacts du coincement côtier par la restauration d'un marais côtier endigué, Saint-André, MRC de Kamouraska : Caractérisation biophysique. Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire. Rimouski, Québec. 97p. + annexes.

Les photographies de l'ensemble du document sont la propriété 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 de Kamouraska et la municipalité de Saint-André pour leur précieuse collaboration à cette première phase de ce vaste projet de restauration côtière ainsi que les propriétaires des terrains du secteur ciblé par le projet et les organisations telles que l'Organisme de bassins versants de Kamouraska, L'Islet et Rivière-du-Loup (OBAKIR) pour leur partage de connaissances sur le milieu.

Nous remercions également André Michaud et Patrick Harbour de Canards Illimités Canada et Luc Sirois de l'Université du Québec à Rimouski pour leur accompagnement dans les démarches du projet et des conseils apportés dans la proposition des actions de restauration.

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

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire :

Chantal Quintin, Géographe
Jean-Étienne Joubert, Naturaliste
François Truchon, Géographe
Étienne Bachand, Géomorphologue
Philippe Bois, Technicien en géomatique
Francis Bonnier-Roy, Géomorphologue
Jonathan Pothier, Biologiste
Roxanne Noël, Biologiste
Félix Lafond, Technicien en environnement
Samuel Bolduc, Technicien en environnement

Partenaires et collaborateurs

Pêches et Océans Canada
Ministère de la Faune, des Forêts et des Parcs
Municipalité de Saint-André
Municipalité régionale de comté (MRC) de Kamouraska
Première Nation Malécite de Viger
Organisme de bassins versants de Kamouraska, L'Islet et Rivière-du-Loup (OBAKIR)
Table de concertation régionale du Sud de l'estuaire moyen (Conseil du Saint-Laurent)
Canards Illimités Canada
Régis Potvin, ingénieur
Luc Sirois, Université du Québec à Rimouski
Propriétaires des terres agricoles du secteur ciblé

Révision du texte

Étienne Bachand, directeur adjoint, Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire
Catherine Desrochers, coordonnatrice aux communications, Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire

Table des matières

Résumé.....	1
Mise en contexte	3
1. Description de l'aire d'étude	5
1.1. Localisation de l'aire d'étude	5
1.2. Caractéristiques de la cellule hydrosédimentaire.....	6
1.3. Conditions hydrodynamiques	7
1.3.1. Vitesse et direction des vents	7
1.3.2. Vagues et transport sédimentaire	7
1.3.3. Marées	8
1.3.4. Glaces	9
1.3.5. Caractéristiques physico-chimiques des eaux du Saint-Laurent	11
1.4. Contexte géologique et géomorphologique	12
1.5. Territoires et espèces d'intérêt.....	13
1.5.1. Territoires et espèces à statut particulier.....	13
1.5.2. Espèces d'intérêt socio-économique.....	14
1.5.3. Espèces exotiques envahissantes	16
1.6. Affectation du territoire	17
2. Méthodologie.....	18
2.1. Caractérisation biologique	18
2.1.1. Inventaires floristiques et ornithologiques.....	18
2.1.2. Inventaire ichtyologique	22
2.2. Caractérisation géomorphologique	25
2.2.1. Segmentation de la zone côtière	25
2.2.2. Évolution historique de la côte	27
2.2.3. Levés d'imagerie aérienne	27
2.2.4. Caméras de suivi	29
3. Résultats.....	30
3.1. Caractérisation biologique	30
3.1.1. Inventaire floristique	30

3.1.2.	Inventaire ichtyologique	47
3.1.3.	Inventaire ornithologique	52
3.2.	Caractérisation géomorphologique	54
3.2.1.	Segmentation de la zone côtière	54
3.2.2.	Évolution historique de la côte	60
3.2.3.	Levés d'imagerie aérienne	66
3.2.4.	Analyse préliminaire des images captées par les caméras de suivi	66
4.	Synthèse des résultats	68
5.	Conception et aménagement faunique	69
5.1.	Présentation générale des actions de restauration proposées	69
5.1.1.	Relocalisation de l'aboteau	71
5.1.2.	Reconstitution de marais	73
5.1.3.	Revégétalisation des terres agricoles récupérées	75
5.1.4.	Transplantation de spartine alterniflore	77
5.1.5.	Contrôle du roseau commun	79
5.1.6.	Autres plantes exotiques envahissantes	87
5.2.	Calendrier des travaux et du suivi	87
	Conclusion	89
	Références	90
	Annexes	98

Liste des figures

Figure 1. Localisation de l'aire d'étude et de la zone de restauration projetée	5
Figure 2. Cellule hydrosédimentaire de Saint-André (Drejza et coll., 2014)	6
Figure 3. Direction et vitesse des vents à la station Île Rouge de 1988 à 2016 (Environnement CA, 2018).....	7
Figure 4. Débordement côtier survenu à Saint-André le 6 décembre 2010 (Claude Morin).	9
Figure 5. Signe d'arrachement glacielle dans le marais de Saint-André, automne 2019....	10
Figure 6. Données historiques glacielles de l'estuaire du Saint-Laurent entre 1969 et 2016	11
Figure 7. Zonation de l'estuaire moyen en fonction de la bathymétrie et du gradient amont - aval des conditions physico-chimiques (Gagnon, 1998).....	11
Figure 8. Succession de sous-régions naturelles façonnées par les événements passés dans l'aire d'étude (photo : LDGIZC-UQAR, 2017).....	12
Figure 9. Territoires et espèces à statut particulier se retrouvant dans l'aire d'étude....	13
Figure 10. Exemple de pêche à l'anguille à l'aide d'un engin fixe à Saint-André (Douville, 2017)	14
Figure 11. Ancien bâtiment de pêche à l'anguille, automne 2019.....	15
Figure 12. Localisation des engins de pêche à l'anguille entre 1930 et 1995	15
Figure 13. Affectation du territoire de l'aire d'étude à Saint-André	17
Figure 14. Types de culture dans l'aire d'étude, automne 2019	17
Figure 15. Emplacement de l'inventaire floristique à Saint-André.....	19
Figure 16. Point de contrôle floristique au niveau de la ligne de rivage	20
Figure 17. Identification de plantes sur le terrain	21
Figure 18. Inventaires ichtyologiques au moyen d'un verveux, de la senne et de bourolles	23
Figure 19. Emplacement des trois types d'engins de pêche lors de la campagne de terrain réalisée entre les 8 et 10 octobre 2019	24
Figure 20. Succession de la végétation du marais salé.....	26
Figure 21. Composantes principales de la plateforme SIMBA	28

Figure 22. Caméras de suivi et règle de niveau d'eau à Saint-André	29
Figure 23. Communautés végétales identifiées lors de l'inventaire floristique réalisé en septembre 2019 (photo oblique LDGIZC-UQAR, 2017)	30
Figure 24. Schorre inférieur	31
Figure 25. Emplacement du schorre médian sur une photographie aérienne à basse altitude	33
Figure 26. Lobe transgressif	34
Figure 27. Schorre supérieur avec une marelle	36
Figure 28. Schorre supérieur perturbé par le roseau commun et l'érosion côtière	36
Figure 29. Terrasse de plage	37
Figure 30. Roselière et arbres sur l'aboiteau	38
Figure 31. Prairie semi-humide d'arrière-côte	40
Figure 32. Prairie semi-humide d'arrière-côte en bande riveraine du canal de l'aboiteau	40
Figure 33. Présence de plantes halophytes près d'une culture de soja	41
Figure 34. Roseau commun sur l'aboiteau	44
Figure 35. Localisation du roseau commun dans l'aire d'étude	45
Figure 36. Salicaire commune dans la bande riveraine	46
Figure 37. Poissons capturés selon la diversité et la quantité par engins de pêche, octobre 2019.....	48
Figure 38. Taille des individus selon les espèces de poisson capturées	50
Figure 39. Jeune bar rayé et épinoches à neuf épines	52
Figure 40. Dépression de grattage et de bain de sable du dindon sauvage.....	54
Figure 41. Caractérisation côtière selon son état et le type dans la zone caractérisée....	56
Figure 42. Photographies des types de côtes et de leur état dans l'aire d'étude	57
Figure 43. Photographies de l'état de l'aboiteau réalisées en 2017 par la MRC de Kamouraska.....	58
Figure 44. État de l'aboiteau de la zone caractérisée en 2017 par la MRC de Kamouraska ...	59
Figure 45. Évolution historique de la ligne de rivage de l'aire d'étude dans la cellule hydrosédimentaire de Saint-André	62
Figure 46. Variation de l'évolution historique de la superficie du schorre inférieur et supérieur selon deux périodes d'année entre 1961 et 2015	64
Figure 47. Évolution historique du schorre inférieur entre 1961 et 2015.....	64

Figure 48. Évolution du schorre supérieur entre 1961 et 2015	65
Figure 49. Évolution du milieu entre 1961 et 2015 en lien avec les activités anthropiques	65
Figure 50. Modèle d'élévation de terrain et orthophotographie de la zone de restauration projetée.....	66
Figure 51. Fluctuation synchronisée des niveaux d'eau entre la marée et le canal de drainage agricole, en période de marée basse (haut) et de marée haute (bas)	67
Figure 52. Schéma conceptuel transversal par secteur de l'aménagement faunique proposé	69
Figure 53. Localisation des actions de restauration proposées dans la zone à l'est (haut), au centre (centre) et à l'ouest (bas)	70
Figure 54. Plan de la relocalisation de l'aboteau, extrait des plans et devis.....	72
Figure 55. Profil type de l'aboteau projeté, extrait des plans et devis.....	72
Figure 56. Schéma conceptuel transversal du marais reconstitué et de sa végétalisation	74
Figure 57. Schéma conceptuel transversal de la revégétalisation des terres agricoles récupérées	76
Figure 58. Localisation de la transplantation de spartine alterniflore	78
Figure 59. Localisation des actions de contrôle du roseau commun pour la zone à l'est (haut), au centre (centre) et à l'ouest (bas).....	81
Figure 60. Schéma conceptuel transversal des actions de contrôle du roseau commun	85
Figure 61. Dispositif de bâchage avec plantation	86

Liste des tableaux

Tableau 1. Données hydrographiques pour le secteur de Saint-André. Toutes ces hauteurs sont en fonction du niveau zéro des cartes (Pêches et Océans Canada)....	8
Tableau 2. Liste des plantes vasculaires et algues du schorre inférieur.....	32
Tableau 3. Liste des plantes vasculaires du schorre médian.....	33
Tableau 4. Liste des plantes vasculaires du schorre supérieur.....	35
Tableau 5. Liste des plantes vasculaires de la terrasse de plage.....	38
Tableau 6. Liste des plantes vasculaires de l'aboiteau et de la bordure du canal	39
Tableau 7. Liste des plantes vasculaires de la prairie humide et des bandes riveraines agricoles	42
Tableau 8. Liste des espèces de poisson inventoriées	47
Tableau 9. Répartition des types de côtes selon son état dans l'aire d'étude	55
Tableau 10. État de l'aboiteau de la zone caractérisée en 2017 par la MRC de Kamouraska	58
Tableau 11. Taux de déplacement de la ligne de rivage selon trois périodes d'année entre 1961 et 2015	61
Tableau 12. Actions de restauration proposées.....	69
Tableau 13. Détails sur la végétalisation du nouvel aboiteau	71
Tableau 14. Détails de la végétalisation du marais reconstitué.....	73
Tableau 15. Détails sur la revégétalisation des terres agricoles récupérées	75
Tableau 16. Détails de la transplantation de spartine alterniflore.....	77
Tableau 17. Détails des actions de contrôle du roseau commun.....	80
Tableau 18. Calendrier provisoire des actions de restauration.....	88

RÉSUMÉ

La municipalité de Saint-André possède une grande diversité d'habitats et de paysages côtiers. La présence combinée de vastes marais salés à spartine, d'un archipel d'îles (p. ex. Les Pèlerins), de plages sablo-graveleuses et d'habitats terrestres d'arrière-côte (friches, prairies agricoles, boisés et collines forestières) en fait une région riche pour la faune et la flore.

En 2019, un regroupement de propriétaires terriens de la municipalité de Saint-André avec l'appui de la MRC de Kamouraska signifie leur intérêt de relocaliser l'aboiteau¹ sur un segment côtier entre les rivières Fouquette et des Caps. La présence d'érosion sur cet aboiteau et le débordement occasionnel des eaux de l'estuaire du Saint-Laurent sur une partie des terres cultivables justifient cette action de remise à la mer d'une partie des terres agricoles.

Dans le cadre d'un projet financé par Pêches et Océans Canada, l'équipe du Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, en collaboration avec la municipalité de Saint-André, la MRC de Kamouraska et Canards Illimités Canada a réalisé la caractérisation biophysique du milieu menant à la planification d'un aménagement faunique sur près de 5 hectares (ha).

La caractérisation biophysique fut réalisée durant l'été 2019. Les résultats révèlent que le milieu côtier de Saint-André est un milieu riche au niveau faunique et floristique par la présence d'une diversité d'habitats côtiers dont un vaste marais salé comportant tous les étagements. Ces habitats sont, par ailleurs, sensibles aux effets des changements climatiques et aux pressions exercées par les activités humaines actuelles et passées, dont l'agriculture.

Suite à l'analyse des résultats, un segment côtier de 2 km constituant la zone de restauration projetée, a été privilégié comme secteur d'intervention en raison des observations suivantes :

- Marais salé converti en terre agricole suite à la construction d'un aboiteau en 1986;
- Présence de plantes indicatrices de marais salé sur les terres agricoles en basse altitude;

¹Un aboiteau est constitué d'un remblai avec clapets combinées à un réseau de canaux de drainage. Il permet d'assécher les terres en bordure du fleuve et ainsi cultiver de nouvelles terres.

- Présence d'espèces de poisson tolérantes à l'eau saumâtre dans le canal de drainage de l'aboteau;
- Débordements côtiers occasionnels au-dessus de l'aboteau en raison de son état;
- Dégradation des étagements inférieur et médian du marais salé;
- Connectivité partielle entre les eaux du canal de drainage de l'aboteau et celles de la marée;
- Coincement côtier engendrant une perte de superficie de l'habitat du poisson;
- Présence d'espèces de poissons à statut particulier dans le marais salé;
- Forte présence de roseau commun, une plante exotique envahissante sur l'étage supérieur du marais salé, sur l'aboteau et son canal ainsi qu'en bordure des terres agricoles.

Un aménagement faunique visant à augmenter la capacité de résilience environnementale du milieu est proposé. Cet aménagement cible les terres récupérées au nord du nouvel aboteau ainsi que les habitats côtiers dégradés. Il consiste en la reconstitution d'un marais salé, la plantation d'espèces végétales indigènes sur le nouvel aboteau et sur les terres agricoles récupérées, le contrôle du roseau commun par diverses méthodes et la restauration de la connectivité de l'habitat du poisson dans le marais salé par transplantation directe de spartine alterniflore.

Ces actions permettront de récupérer 5 ha d'habitats côtiers et ainsi doubler sa superficie actuelle passant de 6,4 ha à 11 ha. Ce gain environnemental augmentera la capacité de résilience de l'ensemble de l'écosystème côtier dans son adaptation aux changements climatiques.

MISE EN CONTEXTE

Les marais salés à spartine sont reconnus comme des milieux à très haut potentiel écologique. Bien qu'ils soient riches pour plusieurs espèces, ces marais subissent des pressions associées aux activités humaines et aux changements climatiques pouvant nuire aux populations animales et végétales qui en dépendent. Les principaux effets pouvant causer préjudices à l'intégrité écologique des marais salés sont leur envahissement par le roseau commun, l'érosion côtière et le coincement côtier.

Depuis 2011, le Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire (ZIPSE) travaille activement avec les organisations du milieu et les communautés côtières à la restauration d'habitats côtiers. Près d'une quinzaine de projets représentant plus de 5,8 ha d'habitats côtiers ont été restaurés dans divers milieux notamment, les marais salés, les herbiers aquatiques et les plages.

À l'automne 2019, le Comité ZIPSE a amorcé le projet intitulé : Atténuation des impacts du coincement côtier par la restauration d'un marais côtier endigué, Saint-André, MRC de Kamouraska. Le secteur ciblé s'étend sur un segment côtier de 2 km totalisant une superficie de près de 5 ha qui contient une grande diversité d'habitats côtiers. Cette mosaïque d'habitats constitue un écosystème clé quant à la préservation d'habitats essentiels pour différentes espèces animales et végétales, dont certaines à statut précaire. L'abondance de poissons y a d'ailleurs favorisé l'établissement de plusieurs pêches à la fascine par le passé. Les sols fertiles de la plaine littorale de débordement du Saint-Laurent ont amené l'établissement d'une communauté agricole avec, comme particularité, l'utilisation des aboiteaux pour assécher les terres. L'état actuel de l'aboiteau remet en cause son efficacité à protéger les terres agricoles. Il est dégradé par l'érosion; des brèches ont été formées par l'énergie des vagues et plusieurs agriculteurs observent des débordements côtiers occasionnels. La présence de l'aboiteau joue également un rôle de barrière à la migration naturelle du marais contribuant ainsi, dans une perspective de changements climatiques, à accentuer le coincement côtier et à engendrer une perte de sa superficie et, éventuellement, sa disparition.

Soucieuses de répondre aux préoccupations des agriculteurs et conscientes des pressions qui menacent l'intégrité du marais, la MRC de Kamouraska et la municipalité de Saint-André ont initié récemment une démarche de réflexion sur l'avenir de l'aboiteau avec l'ensemble des propriétaires de la municipalité. Neuf propriétaires ont établi le consensus d'abandonner l'aboiteau actuel pour en construire un nouveau vers l'intérieur des terres sur un segment de 2 km constituant ainsi un « don à la mer » de près de 5 ha de terres agricoles.

Financé par le Fonds pour la restauration côtière de Pêches et Océans Canada, le projet d'une durée de trois ans vise à atténuer l'impact du coincement côtier par la restauration du marais côtier endigué. Plus spécifiquement, le projet a comme objectifs de :

- Renaturaliser l'aboteau actuel pour favoriser la dynamique naturelle;
- Recréer un habitat du poisson et revégétaliser les zones dégradées pour assurer une connectivité entre les habitats;
- Contrôler les plantes exotiques envahissantes pour augmenter la biodiversité.

Le Comité ZIPSE a procédé au début de l'automne 2019 à la caractérisation biophysique du milieu. Cette étape cruciale permet d'identifier les actions adéquates à entreprendre en fonction des caractéristiques du milieu. Cette première étape de trois mènes à des actions de restauration qui s'effectueront en 2020. Un suivi de ces actions sera par la suite réalisé l'année suivant les actions de restauration.

La caractérisation biophysique comprend des inventaires botanique, ornithologique et ichtyologique, une caractérisation géomorphologique de la côte, une analyse historique à l'aide de photographies aériennes ainsi que des levés d'imagerie à basse altitude.

1. DESCRIPTION DE L'AIRE D'ÉTUDE

1.1. Localisation de l'aire d'étude

L'aire d'étude est située sur la rive sud de l'estuaire moyen, dans la MRC de Kamouraska, et plus spécifiquement dans la municipalité de Saint-André (**Figure 1**). Elle s'étend sur 3 km de linéaire côtier entre la rivière Fouquette à l'ouest et la rivière des Caps à l'est. Dans l'aire d'étude, un segment de 2 km représente la zone de restauration projetée. Cette zone est bordée à l'est par le cap rocheux près de la rivière des Caps et à l'ouest par un ancien bâtiment de pêche à l'anguille situé à 1 km à l'est de l'embouchure de la rivière Fouquette.

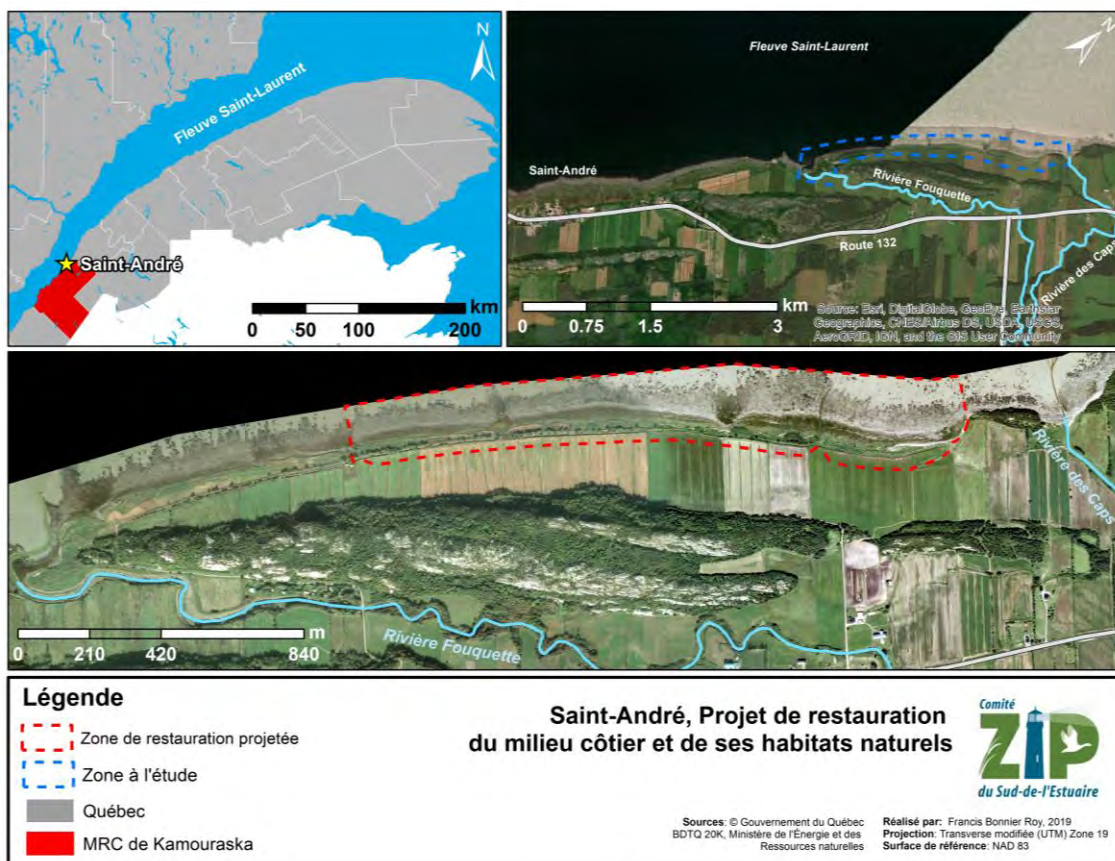


Figure 1. Localisation de l'aire d'étude et de la zone de restauration projetée

1.2. Caractéristiques de la cellule hydrosédimentaire

L'aire d'étude appartient à la cellule hydrosédimentaire de Saint-André et plus largement à l'unité hydrosédimentaire des Pèlerins (**Figure 2.** et Drejza et coll., 2014). La cellule de Saint-André est une vaste étendue littorale de faible dénivelé constituée essentiellement de marais salés dont le courant de dérive littoral principal se fait en direction sud-ouest. Malgré la proximité des rivières des Caps et Fouquette, sources potentielles de sédiment, et la présence au large de l'archipel Les Pèlerins pouvant atténuer l'énergie des vagues, des taux d'érosion variant entre -0,39 à -0,86 m/an ont été enregistrés entre la partie inférieure et supérieure des marais (Drejza et coll., 2014).



Figure 2. Cellule hydrosédimentaire de Saint-André (Drejza et coll., 2014)

1.3. Conditions hydrodynamiques

1.3.1. Vitesse et direction des vents

La **Figure 3** présente la vitesse du vent (km/h) selon la direction sur une rose des vents à la station Île Rouge d'Environnement Canada entre 1988 et 2016. Cette île, en face de l'embouchure du fjord du Saguenay, est située à environ 40 km au nord-est de l'aire d'étude. La majorité des épisodes de vent de forte intensité, supérieurs à 60km/h, proviennent du secteur nord-ouest. La côte rectiligne et face au nord-ouest sont vulnérables aux vagues de tempête provenant de cette direction. Un archipel d'îles allongé selon l'axe NE-SO, Les Pèlerins, situé à environ 3 km de l'aire d'étude ainsi que l'Île aux Lièvres située à 15 km au large limitent le fetch, qui serait sans celles-ci d'environ 30 km au nord-ouest.

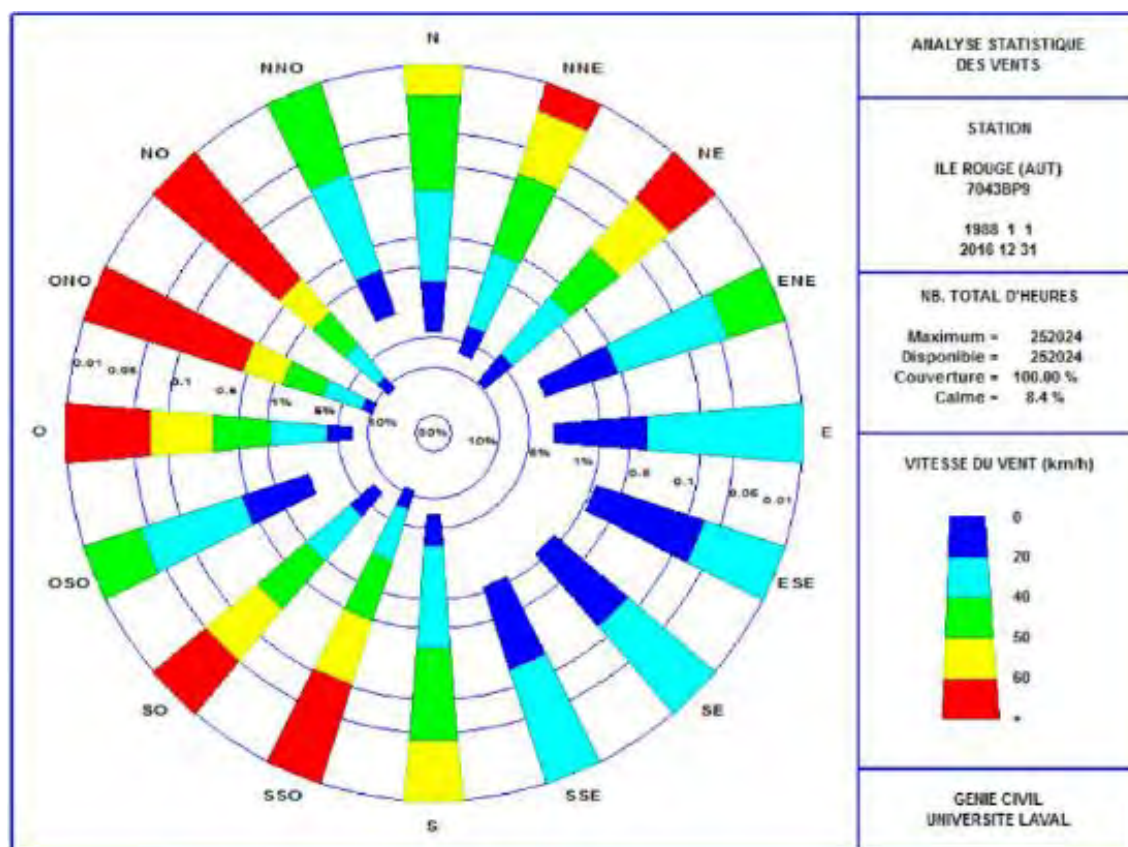


Figure 3. Direction et vitesse des vents à la station Île Rouge de 1988 à 2016 (Environnement Canada, 2018)

1.3.2. Vagues et transport sédimentaire

La zone côtière de l'aire d'étude est influencée par les courants de marée, les courants marins, mais surtout par les courants de dérive littorale. Ces courants ne déplacent pas une grande quantité d'eau, mais jouent un rôle important dans la sédimentation et la configuration côtière.

Ils transportent les sédiments le long du littoral. La direction du courant change selon la direction du vent et le patron de réfraction des vagues, mais pour l'aire d'étude sa direction dominante se fait vers le sud-ouest.

1.3.3. Marées

Le **Tableau 1** contient les données hydrographiques de la station de Rivière-du-Loup, située à environ 15 km à l'est de l'aire d'étude. L'aire d'étude est soumise à un cycle de marée de type semi-diurne, dont le marnage varie entre une amplitude de 3,8 m en période de marée moyenne à 5,6 m lors de grandes marées.

Tableau 1. Données hydrographiques pour le secteur de Saint-André (Pêches et Océans Canada)

Toutes ces hauteurs sont en fonction du niveau zéro des cartes

Localité	Saint-André		
Port de référence	Rivière-du-Loup		
Station	3130		
Type de marée	Semi-diurne		
Marnage	Marée moyenne		3,8 m
	Grande marée		5,6 m
Hauteur	Pleine mer supérieure	Marée moyenne	4,6 m
		Grande marée	5,7 m
	Basse mer inférieure	Marée moyenne	0,8 m
		Grande marée	0,2 m
Extrêmes enregistrés	Extrême de pleine mer		6,1 m
	Extrême de basse mer		-0,6 m
Niveau moyen des mers			2,7 m

En général, les marées les plus faibles de l'année se produisent aux solstices d'hiver et d'été et les plus fortes aux équinoxes du printemps et de l'automne. La hauteur maximale atteinte par la colonne d'eau lors des pleines mers supérieures de grandes marées est de 6,1 m au-dessus du zéro des cartes. Toutefois, certains facteurs climatiques tels que le vent et la pression atmosphérique peuvent amplifier le niveau d'eau. À titre d'exemple, lors de la tempête du 6 décembre 2010, un dépassement anormal historique du niveau de la marée haute a engendré des débordements côtiers à Saint-André (**Figure 4**).



Figure 4. Débordement côtier survenu à Saint-André le 6 décembre 2010 (Claude Morin).

1.3.4. Glaces

La glace littorale commence à se former le long des rives de Saint-André au mois de décembre. Entre décembre et mars, la banquise peut atteindre plusieurs kilomètres de largeur, jouant ainsi un rôle protecteur à la côte (Gagnon, 1998). Bien qu'il puisse y avoir des épisodes de redoux favorisant le démantèlement de la banquise en période hivernale, le démantèlement des glaces

début normalement en mars, principalement lors des grandes marées d'équinoxe. Cette période joue un rôle majeur dans l'évolution des habitats côtiers, notamment les marais. La glace peut éroder la surface du marais, transporter les sédiments de toutes tailles, des argiles jusqu'aux blocs, et les déposer lorsqu'elle fond sur place (Dionne, 1986). La glace contribue donc autant à la sédimentation qu'à l'érosion des marais (**Figure 5**). Elle contribue également à la formation de marelles, un micro habitat fort important dans la diversité des marais salés (Dionne, 1986; Fournier et coll., 1987).



Figure 5. Signe d'arrachement glacial dans le marais de Saint-André, automne 2019

Selon Galbraith et coll. (2017), la saison glacielle a subi des changements importants au cours des dernières décennies. La **Figure 6** présente les données historiques glacielles de l'estuaire du Saint-Laurent, soit 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 une diminution des surfaces englacées. 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 coll., 2017).



Figure 6. Données historiques glacielles de l'estuaire du Saint-Laurent entre 1969 et 2016
 La couleur représente 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, le rouge une durée courte et un volume plus petit. Modifié de : Galbraith et coll., 2017

1.3.5. Caractéristiques physico-chimiques des eaux du Saint-Laurent

Les eaux du secteur à l'étude font partie de l'estuaire moyen, une zone de transition occasionnée par le mélange progressif des eaux douces et chaudes du fleuve Saint-Laurent et des eaux salées et froides provenant du golfe. Selon la bathymétrie et le changement des caractéristiques physico-chimiques des eaux, l'estuaire moyen se divise en trois zones (**Figure 7**). Les eaux du secteur à l'étude font partie de la zone polyhaline. Celle-ci est caractérisée, en été, par des eaux relativement froides (10 à 16 °C), saumâtres (salinité de 18 à 26 ‰) et peu turbides (1,0 à 10 mg·l⁻¹) en surface et des eaux froides (autour de 5 °C), salées (28 à 31 ‰) et limpides (autour de 1,0 mg·l⁻¹) dans le fond des chenaux. Ce mélange s'accompagne d'une remise en suspension des sédiments qui, avec le renversement des courants et l'augmentation du gradient de salinité, engendre une forte turbidité des eaux. Ainsi on observe des concentrations de matières particulaires en suspension importante.

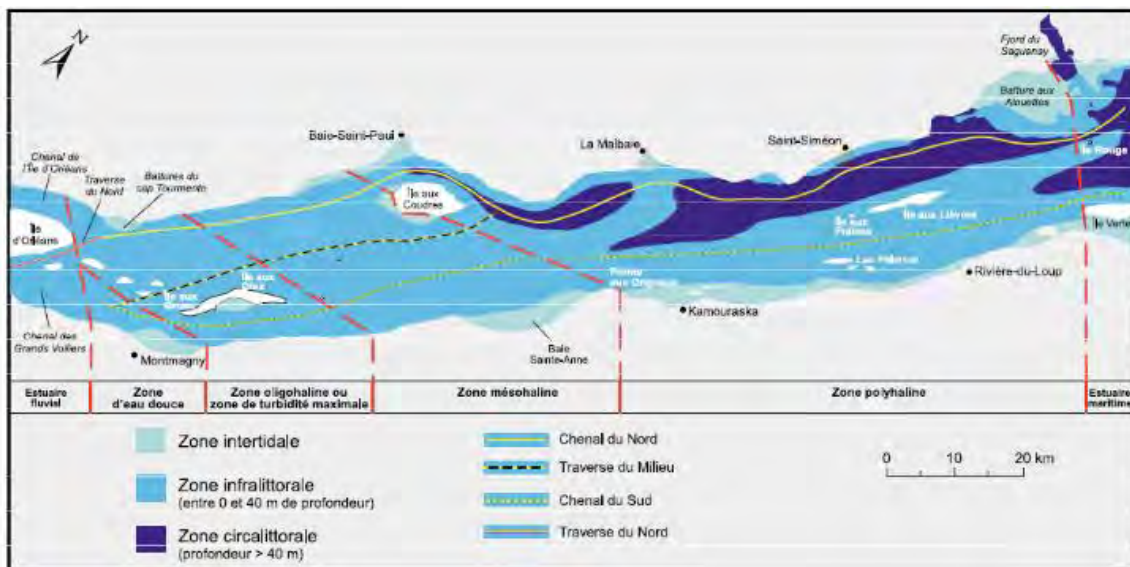


Figure 7. Zonation de l'estuaire moyen en fonction de la bathymétrie et du gradient amont - aval des conditions physico-chimiques (Gagnon, 1998)

1.4. Contexte géologique et géomorphologique

Le paysage côtier du secteur à l'étude a été façonné suite à plusieurs événements passés tels que le dernier épisode glaciaire et la variation du niveau de la mer. Il est présentement marqué par une succession de sous-régions naturelles distinctives soit, les îles, le littoral et la plaine littorale (**Figure 8**). L'archipel Les Pèlerins qui s'étend sur 7,5 km parallèlement au fleuve est localisé à 4 km au large de Saint-André, comprend 5 îlots mis en évidence par l'érosion différentielle lors des périodes préglaciaires. Rapidement la zone d'eau peu profonde fait place à un vaste estran argileux. Il peut atteindre près de 500 m à marée basse. La plaine littorale qui correspond à l'ancien fond de mer est située dans le prolongement de l'estran. Il comprend actuellement les terres cultivées de l'aire d'étude. La plaine littorale est par la suite suivie d'un escarpement rocheux parallèle à la côte qui s'étire sur près de 3 km et qui peut atteindre une altitude maximale de 60 m. Cette crête rocheuse appelée monadnock ou cabouron est constituée de roches métamorphiques de dureté supérieure (quartz et grès) qui ont su résister aux processus d'érosion depuis des millénaires.

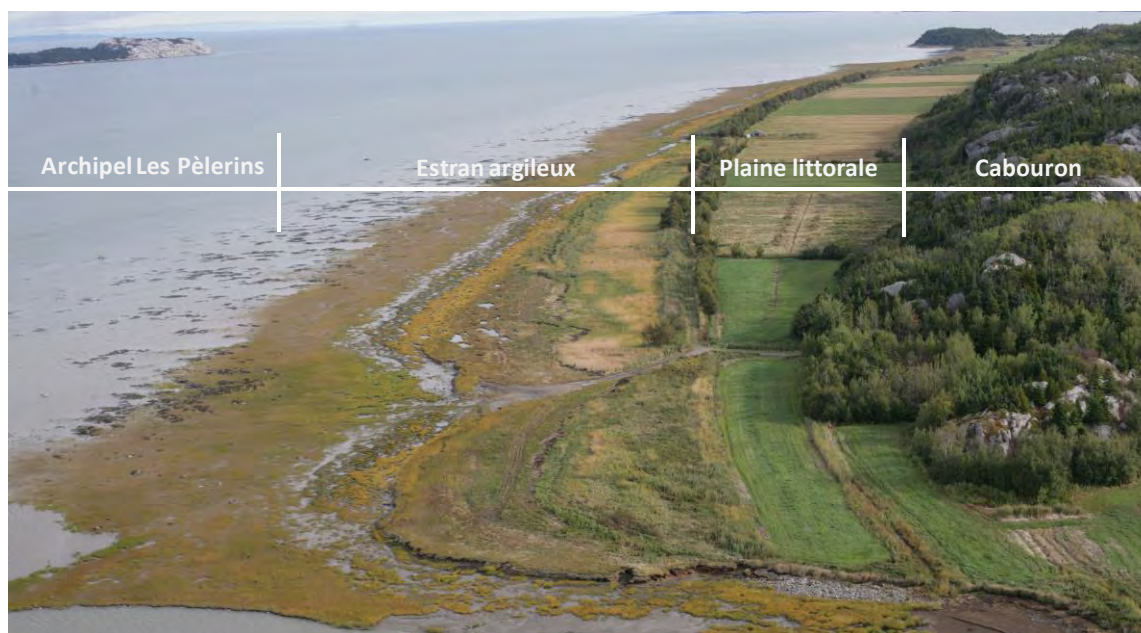


Figure 8. Succession de sous-régions naturelles façonnées par les événements passés dans l'aire d'étude (photo : LDGIZC-UQAR, 2017)

1.5. Territoires et espèces d'intérêt

1.5.1. Territoires et espèces à statut particulier

L'aire d'étude comprend une riche diversité d'habitats naturels (**Figure 9**). Cette diversité d'habitats favorise la présence de nombreuses espèces. On retrouve plusieurs espèces de poissons à statut particulier dont l'éperlan arc-en-ciel, le bar rayé, l'anguille d'Amérique, l'aloise savoureuse et l'esturgeon noir. D'ailleurs, ce secteur fait partie du banc de Rivière-du-Loup, une zone de productivité et de biodiversité importante (« hotspot »). La diversité d'habitats attire aussi une grande diversité d'oiseaux. Le secteur se retrouve dans une aire de concentration d'oiseaux aquatiques (ACOA) et est bordé à son extrémité ouest par la réserve naturelle de la rivière Fouquette. À proximité, on peut aussi retrouver des oiseaux plus rares tels que le faucon pèlerin et le bruant de Nelson et la présence de trois héronnières dans l'archipel Les Pèlerins.

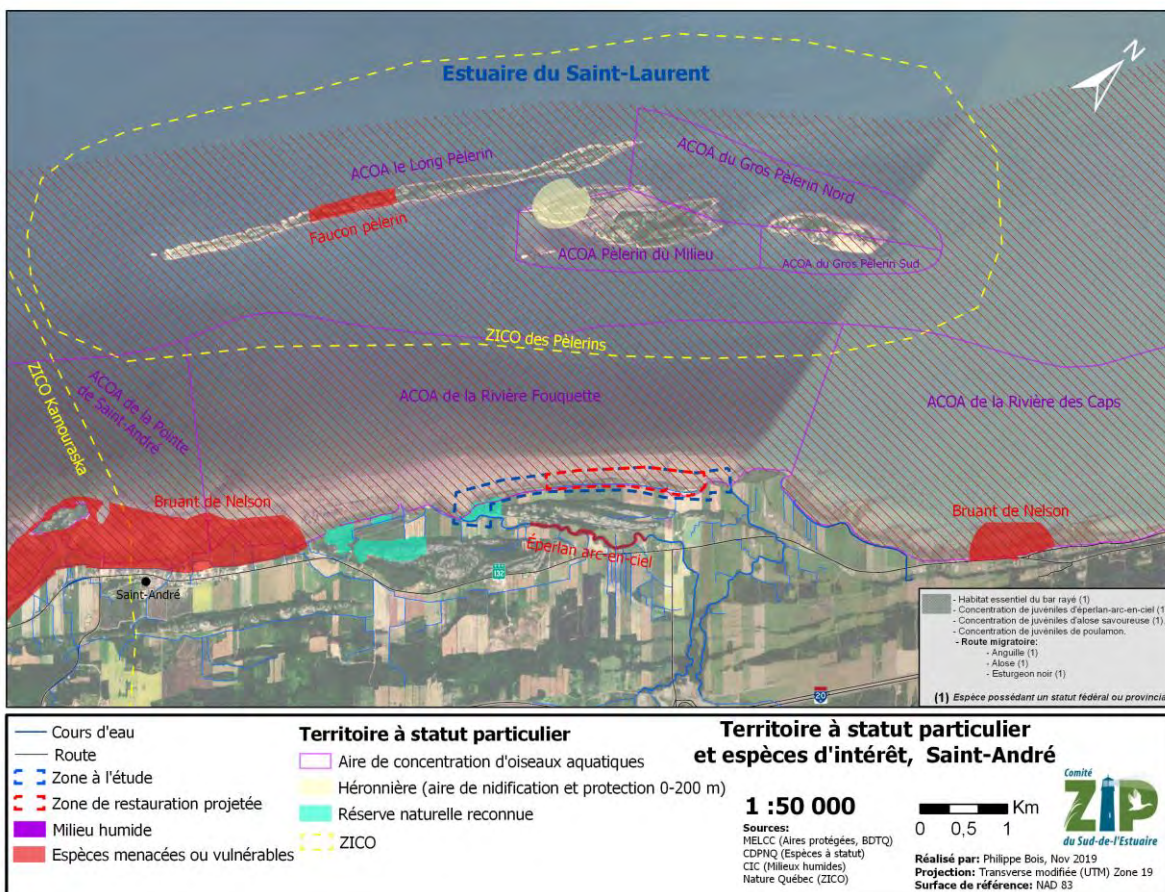


Figure 9. Territoires et espèces à statut particulier se retrouvant dans l'aire d'étude

1.5.2. Espèces d'intérêt socio-économique

Pêche à l'anguille d'Amérique

La pêche est une activité emblématique sur le territoire du Kamouraska et plus particulièrement celle à l'anguille. L'anguille d'Amérique est capturée en automne à l'aide d'engins de pêche fixe intertidale (**Figure 10**).



Figure 10. Exemple de pêche à l'anguille à l'aide d'un engin fixe à Saint-André (Douville, 2017)

En 1724, on dénombrait dix-sept pêcheries fixes installées dans la seigneurie de Kamouraska (Douville, 2017). Aujourd'hui, on compte huit pêcheurs actifs entre Rivière-Ouelle et Saint-André (Ibid). Le déclin de la pêche à l'anguille s'est amorcé à partir des années 1970. Les principales causes probables du déclin de la population sont multiples. Parmi celles-ci, mentionnons que la pollution du fleuve ainsi que la modification de l'habitat et l'entrave aux migrations ont porté atteinte à la population engendrant un statut de l'espèce tant au fédéral qu'au provincial. Sur le territoire à l'étude, on observe encore des vestiges d'une période où la pêche à l'anguille était plus prospère (**Figure 11**). Une cartographie des engins de pêche sur photographies aériennes de 1930, 1961, 1990 et des émissions de permis en 1995 montre l'évolution du nombre d'engins de pêche sur le secteur à l'étude ainsi que leur emplacement (**Figure 12**).



Figure 11. Ancien bâtiment de pêche à l'anguille, automne 2019

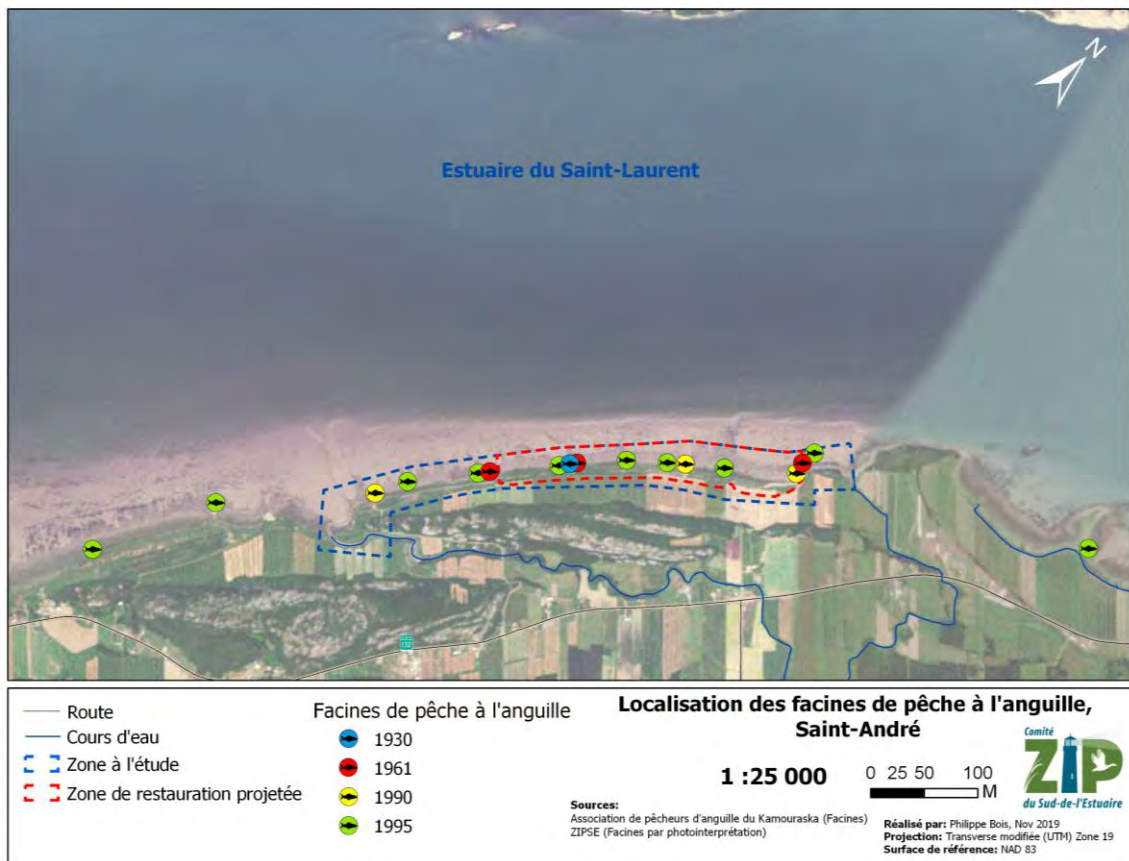


Figure 12. Localisation des engins de pêche à l'anguille entre 1930 et 1995

Récolte de plantes de bord de mer

Quelques entreprises réalisent l'extraction de plantes de bord de mer sur les habitats côtiers de l'aire d'étude pour des fins alimentaires, horticoles, pharmaceutiques ou artistiques. Il s'agit de récolte manuelle faite par des cueilleurs et cueilleuses. Les entreprises enregistrées spécialisées en récolte et transformation de plantes de bord de mer le font dans le but d'approvisionner les restaurateurs, les commerçants régionaux et les particuliers. Les Jardins de la Mer, l'Algue d'Or et la Cabotine sont, entre autres, les principaux petits cueilleurs régionaux. Les méthodes de récolte préconisées par ces entreprises sont d'ailleurs axées sur le respect de la ressource et des activités de sensibilisation à la cueillette responsable sont mises de l'avant (Claudie Gagné des Jardins de la mer, comm. pers. et sites Web des compagnies).

1.5.3. Espèces exotiques envahissantes

Bien que les paramètres physico-chimiques de l'eau de l'estuaire moyen dans lequel est incluse l'aire d'étude ne favorisent pas la présence d'une faune exotique envahissante en contrepartie, la présence de plantes exotiques envahissantes est observée. Selon les suivis de plantes exotiques envahissantes menés par les organismes de bassins versants de Kamouraska, l'Islet et Rivière-du-Loup (Ouellet et Randall, 2014), de la Côte-du-Sud (Bousquet, 2015) et par le Comité ZIPSE (Joubert, 2014, 2015, 2016b, 2017, 2018 et 2019), le roseau commun (*Phragmites australis subsp. australis*) et la renouée du Japon (*Reynoutria japonica*) constituent les espèces les plus problématiques de la région du Bas-Saint-Laurent.

Le roseau commun nuit à l'habitat du poisson dans les marais salés qu'il occupe puisqu'il envahit et assèche les marelles ou mares d'eau saumâtre (Lavoie, 2019) de l'étage supérieur (schorre supérieur). Ce phénomène est préoccupant puisque les suivis du Comité ZIPSE montrent que le roseau commun envahit déjà de vastes superficies de marais salé entre La Pocatière et Rivière-du-Loup. Le roseau commun et la renouée du Japon sont les espèces exotiques végétales envahissantes les plus fréquentes et couvrent parfois de grandes superficies, portant aussi atteinte à la flore indigène. De plus, le comité régional sur les plantes exotiques envahissantes du Kamouraska, qui a effectué le contrôle et le suivi de quelques colonies de ces espèces, est préoccupé par la perte de biodiversité que peut engendrer le roseau commun sur les marais à spartine étalée (*Sporobolus pumilus*) du Kamouraska (A. Parent et M. Ouellet, comm. pers., 2019).

1.6. Affectation du territoire

L'affectation du territoire de l'aire d'étude est composée d'un milieu agricole et de conservation (**Figure 13**). L'agriculture est omniprésente dans la plaine littorale. À partir du milieu du 19e siècle, les agriculteurs ont pu cultiver de nouvelles terres grâce aux aboiteaux. Dans les décennies qui suivirent, et ce, jusqu'au début des années 1980, cette pratique s'est intensifiée. Dans l'aire d'étude, l'aboiteau construit en 1986 représente environ 3 km linéaires. Les terres agricoles sont vouées principalement à la culture fourragère, occasionnellement à celle du soya et du maïs (**Figure 14**).

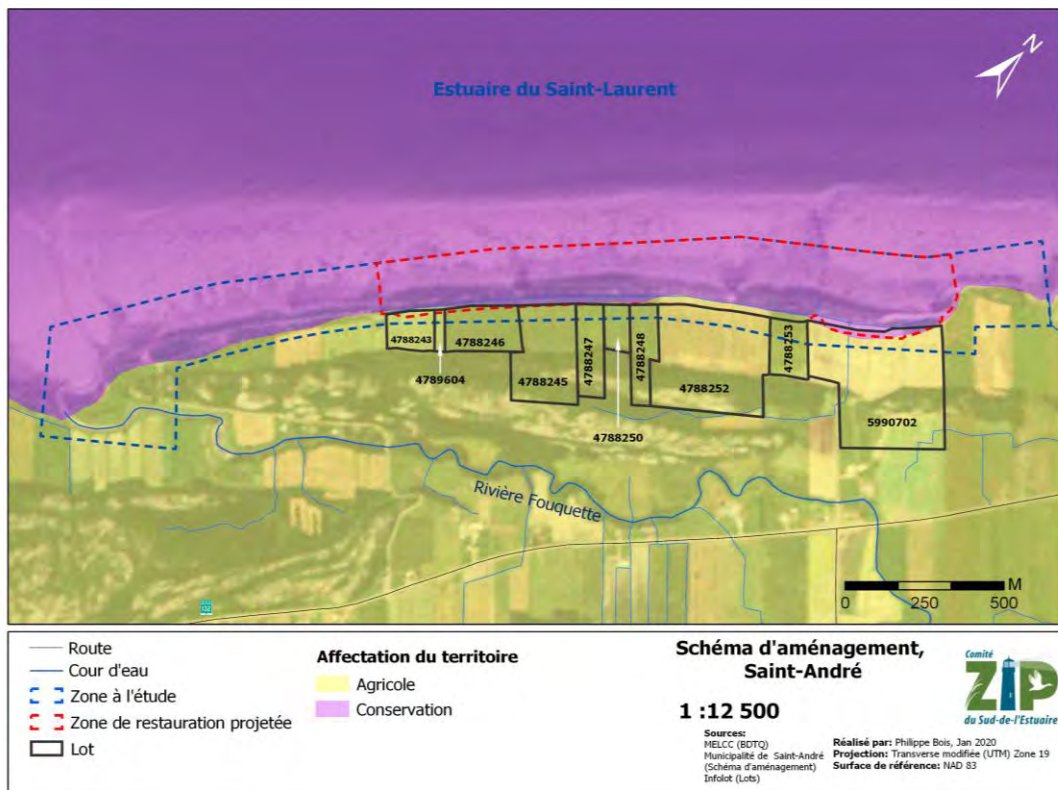


Figure 13. Affectation du territoire de l'aire d'étude à Saint-André



Figure 14. Types de culture dans l'aire d'étude, automne 2019

2. MÉTHODOLOGIE

La caractérisation de l'aire d'étude se divise en deux volets : biologique et géomorphologique. La caractérisation biologique inclut des inventaires botaniques, ornithologiques et ichtyologiques. La caractérisation géomorphologique englobe une segmentation de la zone côtière, une analyse historique de l'évolution de la côte et des levées d'imagerie en basse altitude.

2.1. Caractérisation biologique

Afin de connaître les bénéfices qu'apporteront les actions de restauration à la végétation et à la faune, il est primordial de bien connaître l'état des populations des espèces végétales, ichthyennes et aviaires déjà présentes sur le site. C'est pourquoi les premiers inventaires ont été réalisés l'année précédant la restauration des habitats, soit à l'automne 2019.

2.1.1. Inventaires floristiques et ornithologiques

Des inventaires floristiques et ornithologiques ont été réalisés lors de la caractérisation du littoral entre la rivière des Caps et la rivière Fouquette (**Figure 15**). Les relevés visuels ornithologiques ont été effectués par un ornithologue sur cinq jours au moment de la migration automnale, soit les 17 et 18 septembre et les 8, 9 et 10 octobre 2019. Les inventaires floristiques ont été réalisés par un technicien et un naturaliste en inventaire botanique lors des 17 et 18 septembre 2019.

La méthode d'inventaire d'oiseaux s'est orientée sur des relevés visuels et auditifs mobiles (en marchant dans les habitats) ponctués de points d'observation et d'écoute fixes de temps variable. Lors des inventaires diurnes, effectués entre 7h30 et 16h30, tous les oiseaux vus ou entendus ont été dénombrés à l'aide de jumelle grossissante et de lunette terrestre d'approche (téléscope) ou estimés à l'oreille. Les identifications spécifiques ont été réalisées avec l'aide de plusieurs guides d'identification dont principalement le guide des oiseaux de l'est de l'Amérique du Nord de Sibley (2016).

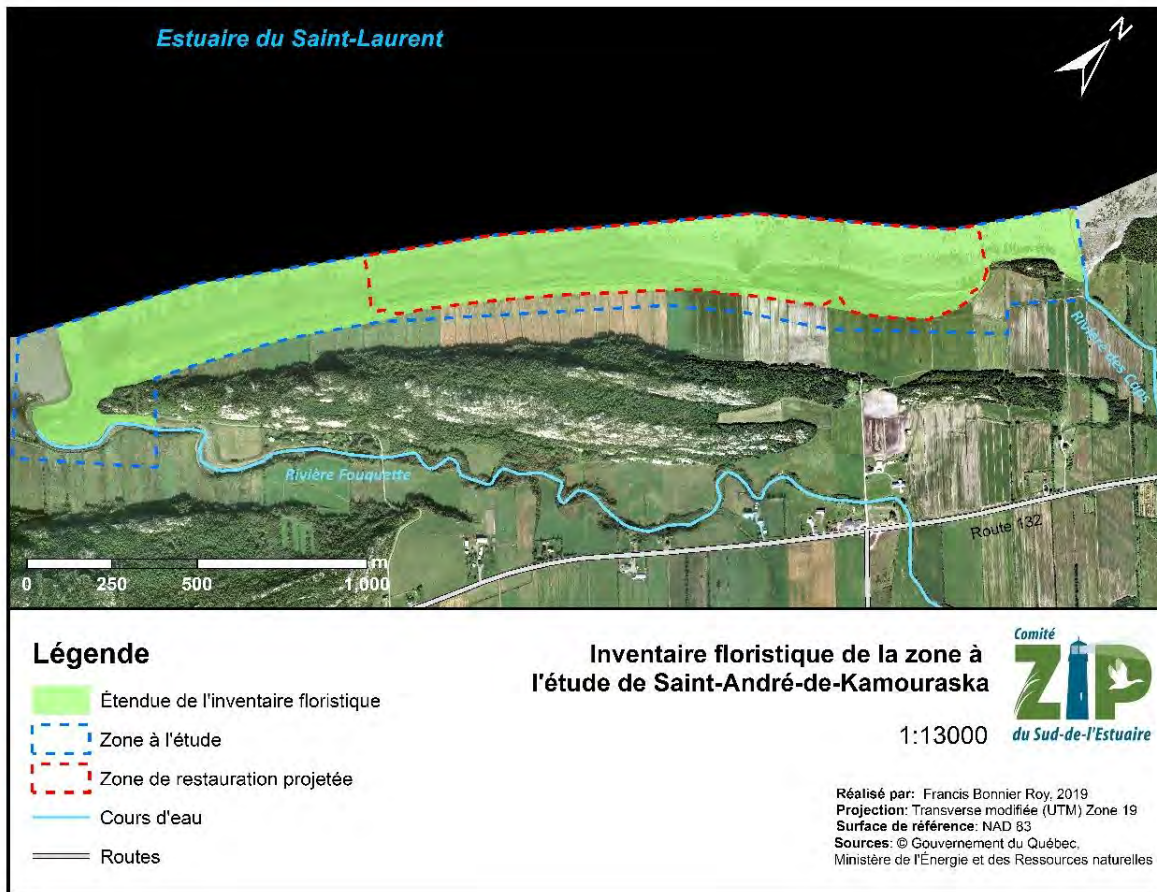


Figure 15. Emplacement de l'inventaire floristique à Saint-André

Les inventaires floristiques ont été menés de deux manières. La première technique consistait à marcher aléatoirement dans les différents habitats en longeant principalement la ligne atteinte par les hauts niveaux d'eau moyens. Cette ligne a pu être repérée à la limite entre les deux principaux étages du marais salé, soit l'interface de contact entre l'étage inférieur du marais salé (schorre inférieur) et l'étage supérieur du marais salé (schorre supérieur). Il était également possible de remarquer cette limite par un talus d'érosion côtière ou une côte semi-végétalisée par une communauté végétale de transition (schorre médian) avec parfois une seconde microfalaise entre le schorre médian et le supérieur (Dionne, 2004).

Pour l'inventaire de l'habitat de plage, cette ligne a été identifiée par la limite inférieure de l'élyme des sables d'Amérique (Gratton et coll. 2007). La limite supérieure de tous ces habitats, soit le trait de côte, a été remarquée lorsque les plantes maritimes disparaissaient laissant le terrain aux plantes d'eau douce. Il s'agissait alors de l'arrière-côte (*Ibid.*). La seconde technique d'inventaire consistait à aller valider sur le terrain chaque grande communauté végétale distincte

(**Figure 16**), cartographiée au préalable par photo-interprétation avec un système d'information géographique (SIG), par points de contrôle à l'aide d'un DGPS.



Figure 16. Point de contrôle floristique au niveau de la ligne de rivage

La plupart des espèces ont été identifiées sur place (**Figure 17**), mais quelques spécimens ont été récoltés pour identification ultérieure. L'identification des plantes est basée sur une multitude de sources (Newcomb, 1983; Fleurbec, 1985 et 1987; Marie-Victorin, 1995; eFlora.org, 2004; Arsenault et coll., 2013; Lapointe, 2014 et FloraQuebeca, 2019) et les dernières mises à jour taxonomiques de Brouillet et coll., 2010. L'identification des limites des zones de la succession de la végétation littorale a été réalisée selon la méthode de Bazoges, Lachance et Villeneuve (2015), celle de Gratton et coll. (2007) avec l'appui d'autres sources comme Dionne (2004) et à partir des informations retrouvées dans le Rapport synthèse de l'état du Saint-Laurent publié par le Centre Saint-Laurent en 1996.



Figure 17. Identification de plantes sur le terrain

La distinction des communautés végétales d'ensemble a été déterminée à l'aide de la présence de plantes indicatrices typiques à chacune d'entre elles. Notamment, les paliers du marais salé (schorres inférieur, médian et supérieur) ont été déterminés à l'aide de la présence, de l'absence ou de la dominance de certaines plantes halophiles aux tolérances différentes de salinité (Fleurbec, 1985). La liste suivante illustre la méthode utilisée pour caractériser chaque communauté :

- Schorre inférieur : spartine alterniflore (*Sporobolus alterniflora*) dominante et monospécifique (accompagnée d'algues brunes à l'occasion);
- Schorre médian : spartine alterniflore accompagnée de spergulaire des marais salés (*Spergularia salina*) et de quelques autres, mais en excluant la spartine étalée (*Sporobolus pumilus*);
- Schorre supérieur : spartine étalée dominante (*Sporobolus pumilus*), la verge d'or toujours verte et bien d'autres s'y joignent;
- Terrasse de plage : l'élyme des sables d'Amérique (*Leymus mollis subsp. mollis*), le caquiller édentulé (*Cakile edentulata*) et l'honckényc faux-pourpier (*Honckenya peploides*);
- Aboiteau : Les espèces du supralittoral telle que l'angélique brillante (*Angelica lucida*) ou arbustives telle que le groseiller hérissé (*Ribes hirtellum*) et le rosier rugueux (*Rosa rugosa*);

- Prairie semi-humide d'arrière-côte : L'épilobe à feuilles étroites (*Chamerion angustifolium*), de l'aster subbulé (*Symphyotrichum subulatum* var. *subulatum*), de la verge d'or à feuilles de graminée (*Euthamia graminifolia*), de l'eupatoire maculée (*Eutrochium maculatum* var. *maculatum*), du sangisorbe du Canada (*Sanguisorba canadensis*), de la verge d'or du Canada (*Solidago canadensis*) et du calamagrostide du Canada (*Calamagrostis canadensis*). Cette communauté végétale borde le canal de drainage le long de l'aboteau du côté des terres agricoles. Celle-ci est composée entre autres de plantes facultatives de milieux humides dulcicoles et un assemblage de prairie typique au nord-est du Bas-Saint-Laurent.

2.1.2. Inventaire ichtyologique

Pendant l'inventaire ichtyologique, trois engins de pêche ont été utilisés, soit le verveux, la senne et la bourolle (**Figure 18**). Chaque engin a échantillonné un habitat différent des autres, ce qui permet de réaliser un portrait plus global de la faune ichtyenne de l'aire d'étude (**Figure 19**). Le protocole d'échantillonnage et l'identification ichtyologique a suivi la méthode établie par le Comité ZIPSE (Noël, Pothier et Joubert, 2018) basée sur plusieurs sources de la littérature existante (Massé et Leclerc, 2008, 2012 et 2015; Desroches et Picard, 2013; Massé et Grondin, 2017; Pêches et Océans Canada, 2017 et Nozères, 2017).

Le verveux, engin fixe, a été positionné dans la slikke au bout d'une pointe rocheuse près du marais salé afin de piéger des poissons plus gros et mobiles en provenance des eaux de l'estuaire et les poissons quittant le marais salé à marée baissante. Il a été installé pour une période couvrant trois cycles de marée. Une visite de celui-ci a été faite à chaque marée basse afin d'identifier, dénombrer et mesurer (trente individus par espèce) les poissons capturés *in situ*.

La senne de rivage ou senne à ménés, dont l'utilisation visait à attraper de petits poissons moins mobiles dans la végétation du marais salé, a également été utilisée. Trois sessions de traits de senne ont donc été réalisées entre chaque visite du verveux à marée montante dans le schorre inférieur. Tout comme pour le verveux, les poissons capturés ont été identifiés, dénombrés et mesurés (trente individus par espèce) *in situ*.

Les bourolles ont été utilisées afin de capturer les petites espèces résidentes dans les petits plans d'eau saumâtres où la senne et le verveux ne pouvaient être utilisés. Quatre bourolles ont été ancrées dans des marelles du schorre supérieur et dans le canal de drainage agricole de l'aboteau. Les bourolles ont été déplacées une fois vers un emplacement différent du canal ou d'autres marelles et donc, relevées deux fois. Elles ont été appâtées avec des morceaux de poisson frais provenant d'une poissonnerie. Le protocole suivi pour les bourolles s'inspire de Pêches et Océans Canada (2017).



Figure 18. Inventaires ichtyologiques au moyen d'un verveux, de la senne et de bourolles

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 Pêches et Océans Canada. La campagne de terrain a été réalisée du 8 au 10 octobre 2019. 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 en ayant moins de chance de les blesser.

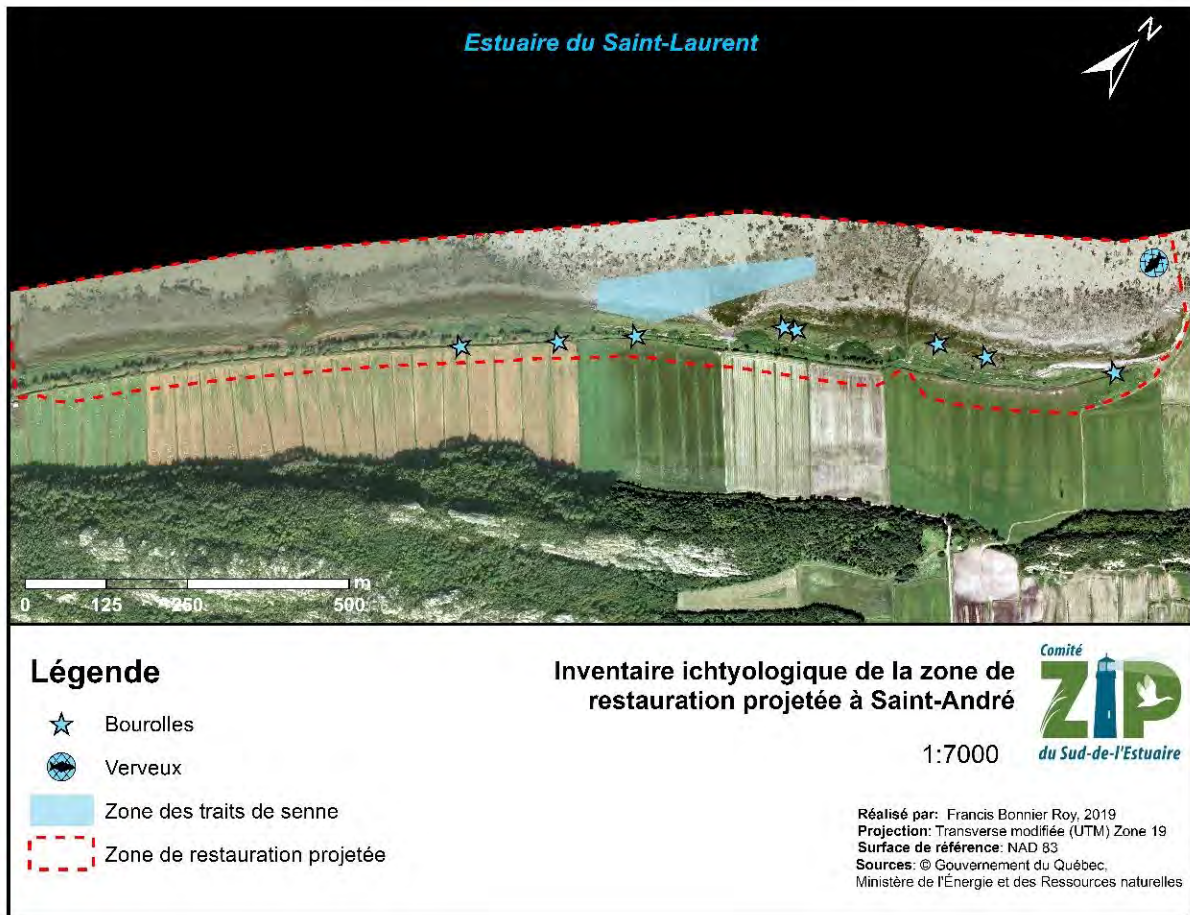


Figure 19. Emplacement des trois types d'engins de pêche lors de la campagne de terrain réalisée entre les 8 et 10 octobre 2019

2.2. Caractérisation géomorphologique

Avant de réaliser les travaux de restauration côtière, il est primordial de bien connaître la dynamique hydrosédimentaire du secteur d'intervention afin d'identifier les actions de restauration adéquates en fonction des conditions hydrodynamiques et géomorphologiques *in situ*. Une segmentation de la zone côtière a d'abord été réalisée afin d'identifier les 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. Enfin, un levé d'imagerie aérienne à basse altitude a été complété afin d'obtenir une orthomosaïque à haute résolution et actuelle.

2.2.1. Segmentation de la zone côtière

La caractérisation de la zone côtière s'est effectuée le 18 septembre 2019. Le littoral de la cellule hydrosédimentaire de Saint-André a été divisé en plusieurs segments uniformes sur la base de critères géomorphologiques (types de côte). La ligne de référence se rapportant à la caractérisation côtière pour les marais salés correspond à la limite entre le schorre supérieur et le schorre inférieur (**Figure 20**). 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 structure de protection, lorsque présent.

Un système de classification de l'état des côtes, basé sur le pourcentage de recouvrement de végétation de la ligne de référence, a également été appliqué lors de la caractérisation *in situ*. Un pourcentage de végétalisation de plus de 75 % 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. La caractérisation de l'aboteau n'a pas pu être réalisée dans le cadre de cette campagne de terrain en raison de la densité de la végétation qui ne permettait pas de visualiser son état. Les observations de son état proviennent d'un relevé réalisé par la MRC en 2017.

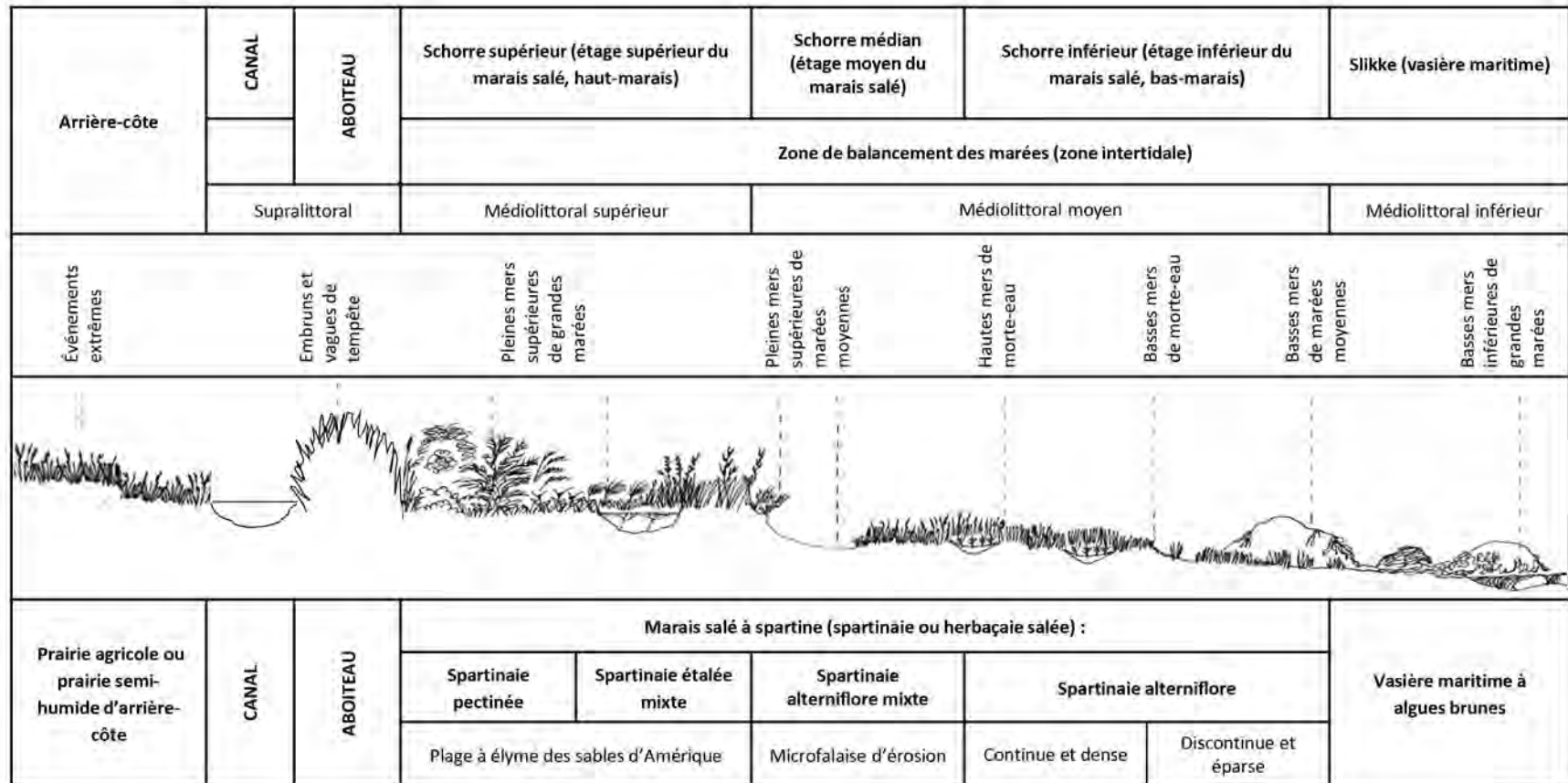


Figure 20. Succession de la végétation du marais salé
(Modifiée de Joubert et Bruaux 2009)

2.2.2. Évolution historique de la côte

Afin de révéler de possibles modifications naturelles et anthropiques qu'aurait subie la côte antérieurement, un travail de photo-interprétation a été réalisé sur une série de photographies aériennes de l'année 1961, puis d'orthophotographies aériennes de 1990 et de 2015.

Ligne de rivage

La ligne de rivage a été tracée sur trois périodes (1961, 1990 et 2015). Sur une côte sableuse, 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. Sur une côte à marais salé, cette ligne correspond au niveau des pleines mers supérieures de marées moyennes soit à la limite entre le schorre inférieur et le schorre supérieur. Cette délimitation est identifiée sur les photographies aériennes en se basant sur des changements de teinte, de ton (valeur de gris) et de texture. L'interprétation chronologique permet de voir l'évolution historique de la côte en mesurant le déplacement (m/an) de la ligne de rivage à l'intérieur d'un Système d'Information Géographique (SIG) permettant d'obtenir une précision d'au moins 50 cm. Cette marge d'erreur est liée à la manipulation et à la qualité des photographies. L'extension DSAS 4.3 a ensuite permis de calculer les taux de déplacement entre les lignes de rivage sur des transects positionnés à un intervalle de 10 m.

Marais salé

Une évolution surfacique du marais salé a été réalisée sur trois périodes (1961-1990-2015) afin de déterminer les changements de la superficie de cet habitat côtier. L'analyse du marais a été divisée en deux parties. Le schorre inférieur, qui se situe sous le niveau des pleines mers supérieures de marées moyennes, et le schorre supérieur, qui se situe entre les pleines mers supérieures de grandes marées et le schorre inférieur. Les éléments tracés ont été importés dans QGIS 3.2.1 afin d'utiliser les outils « *Symmetrical difference* » et « *Intersection* » qui ont permis de connaître les zones de gain, de perte et de stabilité entre 1961 et 2015.

2.2.3. Levés d'imagerie aérienne

Afin d'obtenir une caractérisation écogéomorphologique précise de la zone de restauration projetée, un levé d'imagerie aérienne à haute résolution a été effectué. Les données récoltées permettent d'obtenir un aperçu des changements morphologiques et des communautés végétales présentes et son recouvrement.

Deux levés d'imagerie aérienne ont été réalisés sur l'ensemble de la zone de restauration projetée les 19 septembre et 10 octobre 2019. La plateforme *Système d'Imagerie Mobile de*

Basse Altitude (SIMBA) permet de prendre des photographies aériennes à haute résolution et à basse altitude pour la caractérisation et le suivi des sites de restauration côtière (**Figure 21**). La plateforme, basée sur le principe *Structure from Motion* (SfM), est tractée à l'aide d'un cerf-volant. Lorsque le cerf-volant est en vol, l'opérateur doit marcher parallèlement à la côte en s'assurant de bien couvrir la zone. Des points de contrôle sont pris sur des cibles au sol avec un DGPS afin d'assurer une précision centimétrique. Les images récoltées par SIMBA permettent de générer une orthomosaïque à l'aide du logiciel Agisoft Metashape Professional 1.5.2. Ceci permet d'obtenir un état de référence de la zone de restauration projetée avant les travaux.

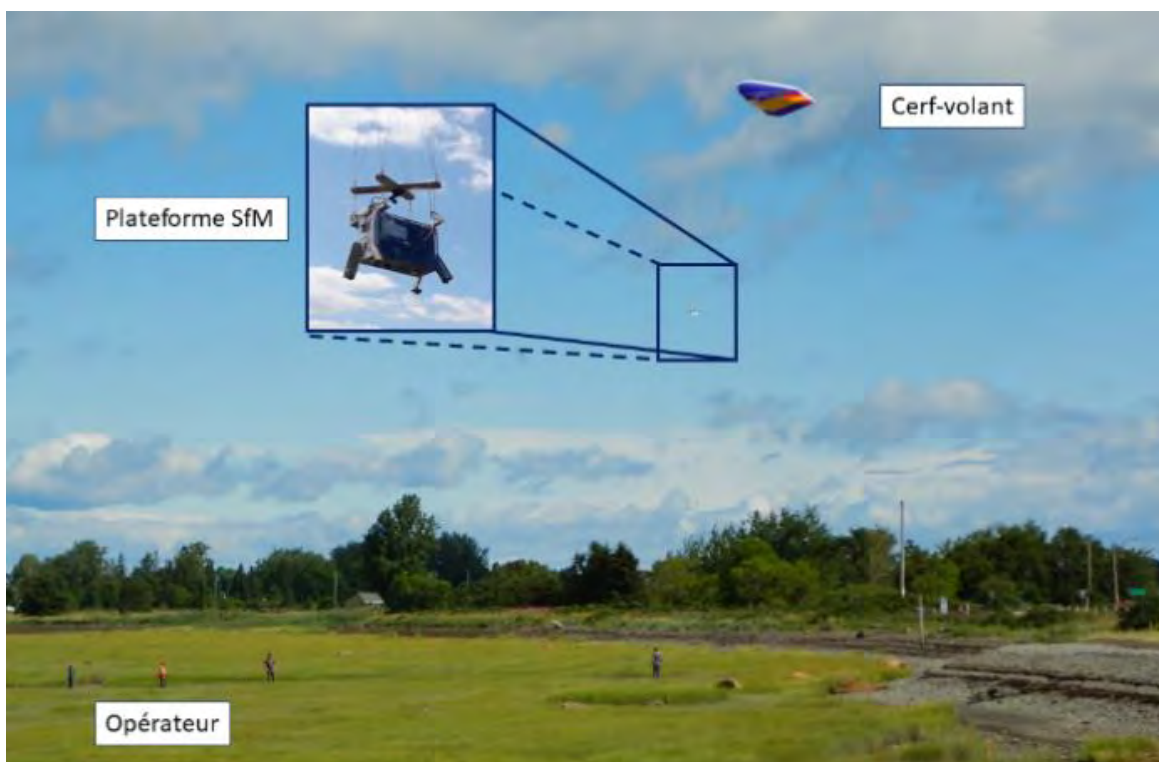


Figure 21. Composantes principales de la plateforme SIMBA

2.2.4. Caméras de suivi

Deux caméras de suivi ont été installées le 21 octobre 2019 (**Figure 22**) sur l'aboiteau actuel à environ 10 pieds au-dessus du sol. Les caméras orientées à l'est et à l'ouest captent une image aux 15 minutes. Une règle graduée de 1,5 mètre a également été installée afin d'associer un niveau d'eau sur chacune des images. Un assemblage des images est par la suite réalisé à partir du logiciel *VirtualDub* 1.10.4. de manière à animer les images comme une vidéo. Cela permet ainsi de voir en image la dynamique côtière.



Figure 22. Caméras de suivi et règle de niveau d'eau à Saint-André

3. RÉSULTATS

3.1. Caractérisation biologique

Les résultats de la caractérisation biologique se déclinent sous trois grands volets, soit : l'inventaire floristique, l'inventaire ichtyologique et l'inventaire ornithologique.

3.1.1. Inventaire floristique

Les inventaires floristiques ont permis d'identifier les espèces exotiques envahissantes, les communautés végétales atypiques ou représentatives du milieu et les plantes à statut particulier. Notons que la connaissance des espèces locales va servir d'inspiration pour guider l'aménagement écosystémique et la restauration de l'habitat du poisson. Lors des inventaires floristiques des 17 et 18 septembre, 104 espèces de plantes vasculaires et 3 espèces d'algues ont été dénombrées et classifiées en cinq communautés végétales distinctes, dont les schorres inférieur, médian et supérieur, la terrasse de plage, l'aboteau et la prairie semi-humide d'arrière-côte (**Figure 23**). La liste complète de l'inventaire est présentée à l'annexe 1.

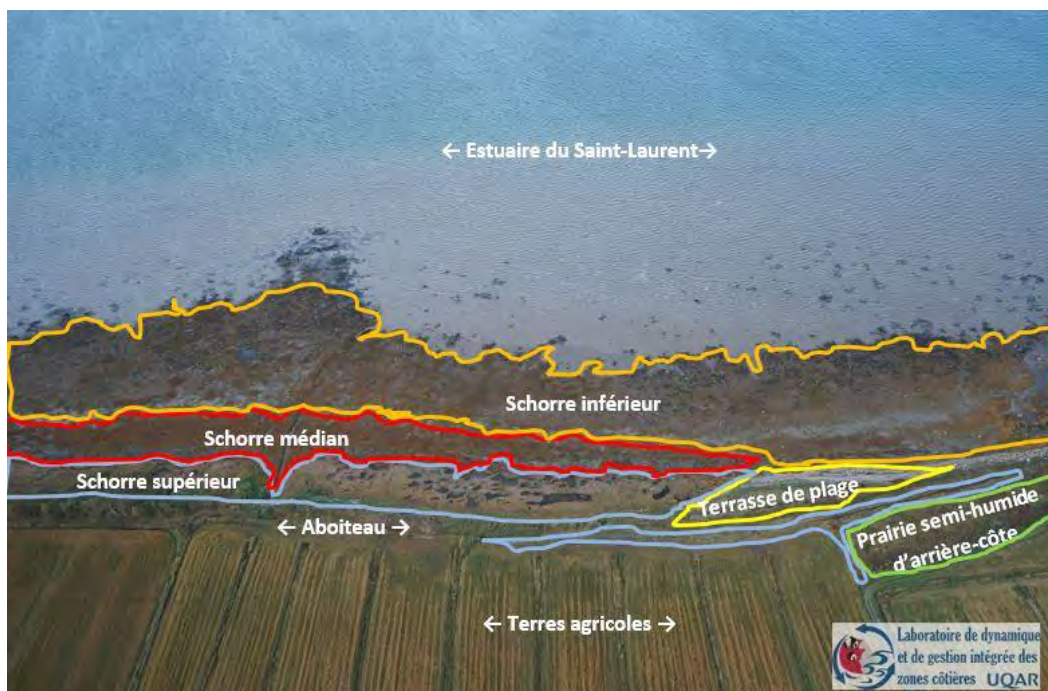


Figure 23. Communautés végétales identifiées lors de l'inventaire floristique réalisé en septembre 2019 (photo oblique LDGIZC-UQAR, 2017)

Le schorre inférieur

Le schorre inférieur est dominé par la spartine alterniflore (*Sporobolus alterniflorus*), (**Figure 24** et **Tableau 2**). Généralement continu dans son ensemble, il est d'une largeur considérable. Des zones d'érosion sont cependant remarquées au niveau de la ligne de rivage présentant par endroit une microfalaise ou talus d'érosion. La slikke, ou vasière maritime dénudée, est peu végétalisée et n'est donc pas traitée dans cet inventaire, mais elle est parfois colonisée par le fucus sp. Vers le bas de la communauté végétale, des algues ochrophytes² se cramponnent sur les blocs glaciels.



Figure 24. Schorre inférieur

² Algues brun-doré

Tableau 2. Liste des plantes vasculaires et algues du schorre inférieur

Nom latin	Nom français
<i>Sporobolus alterniflorus</i>	spartine alterniflore
<i>Ascophyllum nodosum</i>	ascophylle noueuse
<i>Fucus spiralis</i>	fucus spiralé

Le schorre médian

Dans la partie la plus élevée du schorre inférieur, une microfalaise d'érosion peu apparente marque le début d'un autre palier de végétation. Le schorre supérieur est habituellement présent, mais à certains endroits la présence du schorre médian a été observée. La **Figure 25** montre bien les changements de coloration entre les trois étagements. Submergé seulement lors des hauts niveaux d'eau des marées moyennes, on y trouve la spartine alterniflore (*Sporobolus alterniflorus*) plus ou moins dominante, accompagnée de salicorne (*Salicornia sp.*), de spergulaire des marais salés (*Spergularia salina*) et de quelques autres plantes tolérant plusieurs submersions mensuelles (**Tableau 3**). Ce palier sur la zone d'étude est parfois totalement ou partiellement érodé et la végétation y est soit éparsée ou absente. Le schorre médian a fait l'objet de plusieurs études dans d'autres secteurs le long du Saint-Laurent (Dionne, 2000; Garneau, 1984).

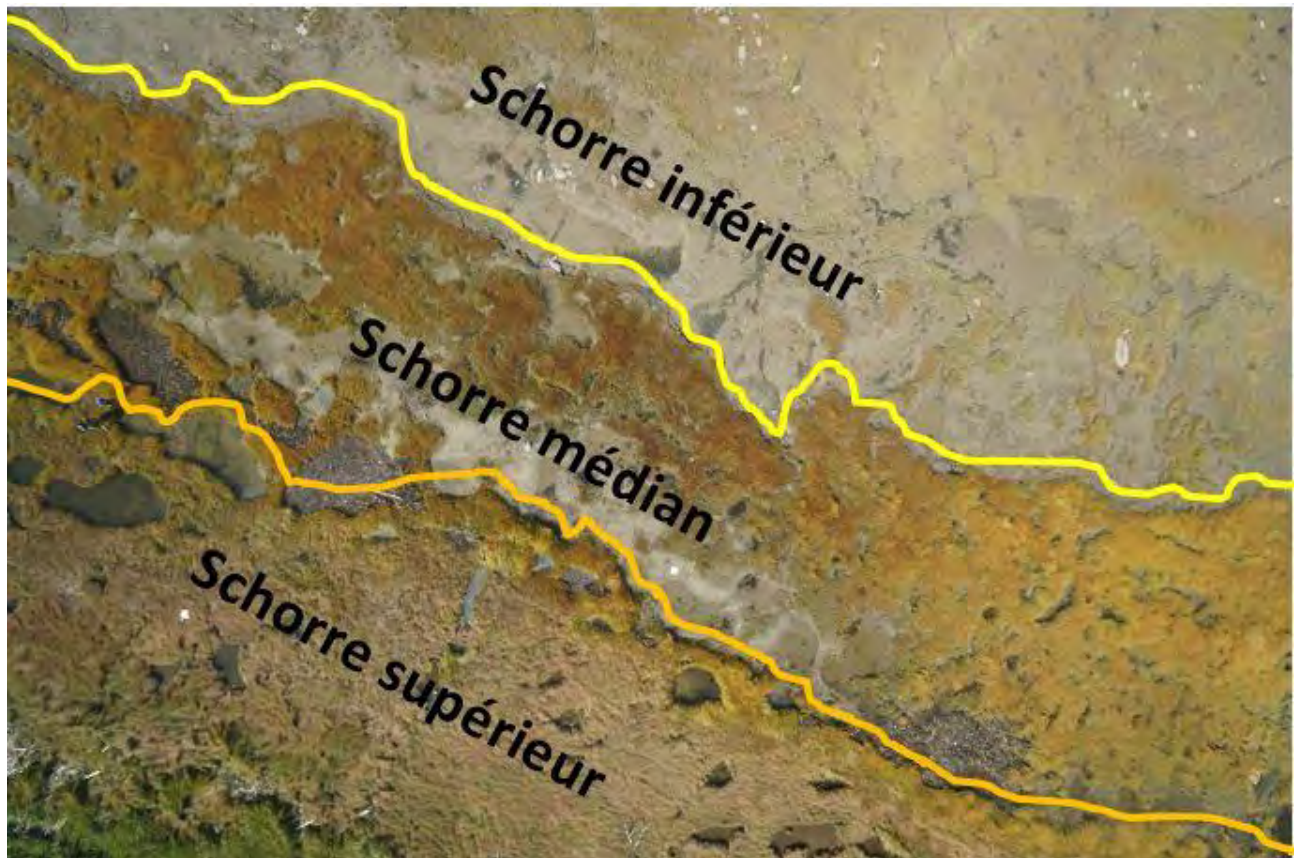


Figure 25. Emplacement du schorre médian sur une photographie aérienne à basse altitude

Tableau 3. Liste des plantes vasculaires du schorre médian

Nom latin	Nom français
<i>Limonium carolinianum</i>	limonium de Caroline
<i>Plantago maritima</i>	plantain maritime
<i>Salicornia sp.</i>	salicorne sp.
<i>Spergularia salina</i>	spergulaire des marais salés
<i>Sporobolus alterniflorus</i>	spartine alterniflore

Le schorre supérieur

Le schorre supérieur représente l'étagement du marais salé avec des signes de perturbations naturelles. Outre l'érosion côtière laissant une microfalaise apparente sur cet étagement au niveau de sa connexion avec le schorre médian ou inférieur, des lobes transgressifs, accumulations de sédiment qui transgressent les niveaux habituels; signe de hausse du niveau marin (Etongué Roche et Moufao, 2002 et Bouchard et Dionne, 2000) (**Figure 26**) et d'importantes laisses de marée (algues arrachées de l'infralittoral, débris ligneux de tailles diverses, déchets, herbacées arrachées, etc.) ont été observés. Sans ces perturbations, le schorre supérieur est alors dominé par la spartine étalée (*Sporobolus pumilus*), la ruppie maritime (*Ruppia maritima*), le limonium de Caroline (*Limonium carolinianum*), la verge d'or toujours verte (*Solidago sempervirens*) et le glaux maritime (*Lysimachia maritima*) (**Tableau 4**).



Figure 26. Lobe transgressif

Tableau 4. Liste des plantes vasculaires du schorre supérieur

Nom latin	Nom français
<i>Atriplex prostrata</i>	arroche hastée
<i>Bolboschoenus maritimus</i>	scirpe maritime
<i>Carex paleacea</i>	carex paléacé
<i>Elymus repens</i>	chiendent commun
<i>Enteromorpha sp.</i>	entéromorphe sp.
<i>Galeopsis tetrahit</i>	galéopside à tige carrée
<i>Halerpestes cymbalaria</i>	renoncule cymbalaire
<i>Hordeum jubatum</i>	orge queue-d'écureuil
<i>Juncus balticus</i>	jonc de la Baltique
<i>Juncus gerardi</i>	jonc de Gérard
<i>Limonium carolinianum</i>	limonium de Caroline
<i>Lysimachia maritima</i>	glaux maritime
<i>Phragmites australis subsp. australis</i>	roseau commun
<i>Plantago maritima</i>	plantain maritime
<i>Raphanus raphanistrum</i>	radis sauvage
<i>Ruppia maritima</i>	ruppie maritime
<i>Salicornia sp.</i>	salicorne sp.
<i>Schoenoplectus pungens</i>	scirpe piquant
<i>Solidago sempervirens</i>	verge d'or toujours verte
<i>Spergularia salina</i>	spergulaire des marais salés
<i>Sporobolus michauxianus</i>	spartine pectinée
<i>Sporobolus pumilus</i>	spartine étalée
<i>Triglochin maritima</i>	troscart maritime

L'ensemble de l'étagement est parsemé de marelles (**Figure 27**), parfois interconnectées et profondes (max. 80 cm). La végétation typique du schorre supérieur est généralement continue dans l'ensemble, surtout dans la partie est de la zone d'étude. Cependant, plus à l'ouest, d'immenses colonies de roseau commun (*Phragmites australis subsp. australis*) dominent le schorre supérieur et envahissent graduellement l'habitat du marais salé à spartine étalée. Par ailleurs, de nombreuses autres zones de perturbations sont observées. Des changements drastiques de recouvrement végétal ont alors lieu. Les sédiments et les débris ligneux transportés par les hauts niveaux d'eau étouffent la végétation d'origine. Sur les débris de la laisse de mer, la dominance des espèces change pour l'arroche hastée (*Atriplex hastata*), qui profite de ce paillis naturel pour y pousser. Lorsque les colonies de roseau proviennent de l'aboiteau, le schorre supérieur à spartine étalée se retrouve confiné à une mince bande à risque d'envahissement et d'érosion (**Figure 28**).



Figure 27. Schorre supérieur avec une marelle



Figure 28. Schorre supérieur perturbé par le roseau commun et l'érosion côtière

La terrasse de plage et l'aboiteau

La plupart des espèces de cette communauté végétale sont communes aux terrasses de plage et à l'aboiteau. Cet ensemble est très diversifié, plus particulièrement sur l'aboiteau (**Figure 29** et **Tableau 6**). Dominées par l'élyme des sables d'Amérique (*Leymus mollis subsp. mollis*), le chiendent commun (*Elymus repens*) et l'arroche hastée (*Atriplex hastata*), les terrasses de plages présentent un recouvrement végétal continu.



Figure 29. Terrasse de plage

Tableau 5. Liste des plantes vasculaires de la terrasse de plage

Nom latin	Nom français
<i>Angelica lucida</i>	angélique brillante
<i>Atriplex prostrata</i>	arroche hastée
<i>Bromus inermis</i>	brome inerme
<i>Cakile edentula</i>	caquillier édentulé
<i>Calamagrostis breviligulata subsp. breviligulata</i>	ammophile à ligule courte
<i>Elymus repens</i>	chiendent commun
<i>Honckenya peploides</i>	honckénye faux-pourpier
<i>Leymus mollis subsp. mollis</i>	élyme des sables d'Amérique
<i>Melilotus albus</i>	mélilot blanc
<i>Phragmites australis subsp. australis</i>	roseau commun
<i>Potentilla anserina</i>	potentille ansérine
<i>Rosa blanda</i>	rosier inerme
<i>Rosa rugosa</i>	rosier rugueux
<i>Solanum dulcamara</i>	morelle douce-amère
<i>Sonchus arvensis</i>	laiteron des champs

La végétation de l'aboiteau varie d'est en ouest. La végétation arbustive comme le rosier rugueux (*Rosa rugosa*) et herbacée comme le brome inerme (*Bromus inermis*), le chardon vulgaire (*Cirsium vulgare*) ou le calamagrostide du Canada (*Calamagrostis canadensis*) laisse place aux arbres comme le frêne rouge (*Fraxinus pennsylvanica*) ou le bouleau à papier (*Betula papyrifera*) et au roseau commun en se déplaçant vers l'ouest (**Figure 30** et **Tableau 6**).



Figure 30. Roselière et arbres sur l'aboiteau

Tableau 6. Liste des plantes vasculaires de l'aboteau et de la bordure du canal

Nom latin	Nom français
<i>Amelanchier sp.</i>	amélanchier sp.
<i>Angelica lucida</i>	angélique brillante
<i>Arctium lappa</i>	grande bardane
<i>Betula papyrifera</i>	bouleau à papier
<i>Bidens hyperborea</i>	bident hyperboréal
<i>Bromus inermis</i>	brome inerme
<i>Calamagrostis breviligulata subsp. breviligulata</i>	ammophile à ligule courte
<i>Calamagrostis canadensis</i>	calamagrostide du Canada
<i>Cornus stolonifera</i>	cornouiller stolonifère
<i>Doellingeria umbellata</i>	aster à ombelles
<i>Elymus repens</i>	chiendent commun
<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	frêne rouge
<i>Galium mollugo</i>	gaillet mollugine
<i>Heracleum maximum</i>	berce laineuse
<i>Impatiens capensis</i>	impatiente du Cap
<i>Lathyrus japonicus</i>	gesse maritime
<i>Leymus mollis subsp. mollis</i>	élyme des sables d'Amérique
<i>Melilotus albus</i>	mélilot blanc
<i>Phragmites australis subsp. australis</i>	roseau commun
<i>Poa sp.</i>	pâturin sp.
<i>Populus balsamifera</i>	peuplier baumier
<i>Populus tremuloides</i>	peuplier faux-tremble
<i>Potentilla anserina</i>	potentille ansérine
<i>Prunus virginiana</i>	cerisier de Virginie
<i>Ribes hirtellum</i>	groseillier hérissé
<i>Rosa blanda</i>	rosier inerme
<i>Rosa rugosa</i>	rosier rugueux
<i>Rubus idaeus</i>	framboisier rouge
<i>Rumex sp.</i>	patience sp.
<i>Silene vulgaris</i>	silène enflé
<i>Solanum dulcamara</i>	morelle douce-amère
<i>Sonchus arvensis</i>	laiteron des champs
<i>Sorbus sp.</i>	sorbier sp.
<i>Spiraea alba var. latifolia</i>	spirée à larges feuilles
<i>Vicia cracca</i>	vesce jargeau

La prairie semi-humide d'arrière-côte

La communauté végétale désignée comme prairie semi-humide d'arrière-côte comprend à la fois une friche herbacée observée à l'est de la zone étudiée (**Figure 31**) et l'ensemble des bandes riveraines des terres agricoles longeant les canaux de drainage de l'aboiteau (**Figure 32**). La présence d'espèces facultatives des milieux humides comme l'eupatoire maculée (*Eutrochium maculatum* var. *maculatum*) et des scirpes (*Scirpus* sp.) aux côtés d'espèces de prairie sèche comme l'épilobe à feuilles étroites (*Chamaenerion angustifolium*), le chardon vulgaire (*Cirsium vulgare*) et plusieurs graminées caractérisent cet ensemble semi-humide.



Figure 31. Prairie semi-humide d'arrière-côte



Figure 32. Prairie semi-humide d'arrière-côte en bande riveraine du canal de l'aboiteau

Fait très intéressant, la spergulaire des marais salés, une plante obligée des milieux humides salés, ainsi que d'autres plantes halophytes indiquent la présence d'un marais saumâtre à proximité d'une culture de soja (**Figure 33**).



Figure 33. Présence de plantes halophytes près d'une culture de soja

Vers l'ouest de la zone, la végétation se diversifie et il est difficile d'établir une dominance claire. La prairie agricole où est cultivé le soja, l'orge, le maïs et un mélange pour le fourrage borde la bande riveraine du canal de l'aboiteau où une multitude d'espèces de milieu humide ont été identifiées comme des lycopes (*Lycopus sp.*) ou le rorripe des marais (*Rorippa palustris*). Dans les raies de curage, canaux de drainage qui mènent au canal principal de l'aboiteau, la diversité végétale est augmentée par certaines fougères comme l'onoclée sensible (*Onoclea sensibilis*), le carex crépu (*Carex crinita*) et bien d'autres (**Tableau 7**).

Tableau 7. Liste des plantes vasculaires de la prairie humide et des bandes riveraines agricoles

Nom latin	Nom français
<i>Achillea millefolium</i>	achillée millefeuille
<i>Alnus incana subsp. rugosa</i>	aulne rugueux
<i>Amelanchier sp.</i>	amélanchier sp.
<i>Anaphalis margaritacea</i>	immortelle blanche
<i>Angelica lucida</i>	angélique brillante
<i>Artemisia vulgaris</i>	armoise vulgaire
<i>Atriplex prostrata</i>	arroche hastée
<i>Bolboschoenus maritimus</i>	scirpe maritime
<i>Bromus inermis</i>	brome inerme
<i>Calamagrostis breviligulata subsp. breviligulata</i>	ammophile à ligule courte
<i>Calamagrostis canadensis</i>	calamagrostide du Canada
<i>Carex crinita</i>	carex crépu
<i>Carex paleacea</i>	carex paléacé
<i>Chamaenerion angustifolium</i>	épilobe à feuilles étroites
<i>Cirsium vulgare</i>	chardon vulgaire
<i>Claytonmunda claytoniana</i>	osmonde de Clayton
<i>Cornus stolonifera</i>	cornouiller stolonifère
<i>Doellingeria umbellata</i>	aster à ombelles
<i>Echinochloa crus-galli</i>	échinochloa pied-de-coq
<i>Elymus repens</i>	chiendent commun
<i>Epilobium ciliatum</i>	épilobe cilié
<i>Euphrasia nemorosa</i>	euphrase des bois
<i>Euthamia graminifolia</i>	verge d'or à feuilles de graminée
<i>Eutrochium maculatum var. maculatum</i>	eupatoire maculée
<i>Fragaria sp.</i>	fraisier sp.
<i>Galeopsis tetrahit</i>	galéopside à tige carrée
<i>Galium mollugo</i>	gaillet mollugine
<i>Hordeum jubatum</i>	orge queue-d'écureuil
<i>Impatiens capensis</i>	impatiente du Cap
<i>Juncus balticus</i>	jonc de la Baltique
<i>Juncus bufonius</i>	jonc des crapauds
<i>Juncus gerardi</i>	jonc de Gérard
<i>Lathyrus japonicus</i>	gesse maritime
<i>Linaria vulgaris</i>	linaire vulgaire
<i>Lolium arundinaceum</i>	fétuque élevée
<i>Lotus corniculatus</i>	lotier corniculé
<i>Lycopus americanus</i>	lycope d'Amérique
<i>Lycopus europaeus</i>	lycope d'Europe
<i>Lythrum salicaria</i>	salicaire commune
<i>Maianthemum stellatum</i>	smilacine étoilée

Nom latin	Nom français
<i>Matteuccia struthiopteris</i>	matteuccie fougère-à-l'autruche
<i>Medicago sativa</i>	luzerne cultivée
<i>Onoclea sensibilis</i>	onoclée sensible
<i>Panicum virgatum</i>	panic raide
<i>Phalaris arundinacea</i>	alpiste roseau
<i>Phleum pratense</i>	fléole des prés
<i>Phragmites australis subsp. australis</i>	roseau commun
<i>Pilosella aurantiaca</i>	épervière orangée
<i>Plantago major</i>	plantain majeur
<i>Poa sp.</i>	pâturin sp.
<i>Raphanus raphanistrum</i>	radis sauvage
<i>Rorippa palustris</i>	rorippe des marais
<i>Rubus idaeus</i>	framboisier rouge
<i>Ruppia maritima</i>	ruppie maritime
<i>Salicornia sp.</i>	salicorne sp.
<i>Salix sp.</i>	saule sp. (arbuste)
<i>Sambucus racemosa subsp. pubens</i>	sureau rouge
<i>Sanguisorba canadensis</i>	sanguisorbe du Canada
<i>Scirpus sp.</i>	scirpe sp.
<i>Scorzoneroides autumnalis</i>	liondent d'automne
<i>Silene latifolia</i>	silène blanc
<i>Silene vulgaris</i>	silène enflé
<i>Solidago canadensis</i>	verge d'or du Canada
<i>Solidago hispida</i>	verge d'or hispide
<i>Sonchus arvensis</i>	laiteron des champs
<i>Sorbus sp.</i>	sorbier sp.
<i>Spergularia salina</i>	spergulaire des marais salés
<i>Spiraea alba var. latifolia</i>	spirée à larges feuilles
<i>Sporobolus alterniflore</i>	spartine alterniflore
<i>Sporobolus michauxianus</i>	spartine pectinée
<i>Sporobolus pumilus</i>	spartine étalée
<i>Stachys palustris</i>	épiaire des marais
<i>Symphyotrichum puniceum</i>	aster ponceau
<i>Symphyotrichum subulatum var. subulatum</i>	aster subulé
<i>Taraxacum officinale</i>	pissenlit officinal
<i>Thelypteris palustris</i>	thélyptère des marais
<i>Trifolium pratense</i>	trèfle rouge
<i>Urtica dioica</i>	ortie dioïque
<i>Vicia cracca</i>	vesce jargeau

Espèces exotiques envahissantes

L'ensemble de l'aire d'étude est aux prises avec la présence d'une espèce exotique envahissante digne de mention : le roseau commun (*Phragmites australis subsp. Australis*) (**Figure 34**). Des colonies envahissent toutes les communautés végétales, à l'exception du schorre inférieur. C'est un total de 36 800 m² qui est occupé par le roseau commun sur l'aire d'étude (**Figure 35**). La présence du roseau commun est davantage concentrée à l'ouest de l'aire d'étude. On retrouve l'espèce sur l'ensemble des habitats côtiers ainsi que dans les raies de curage et les canaux de drainage des terres agricoles. À l'est de l'aire d'étude son étendue est plus ponctuelle et concentrée en plus petites colonies.



Figure 34. Roseau commun sur l'aboteau

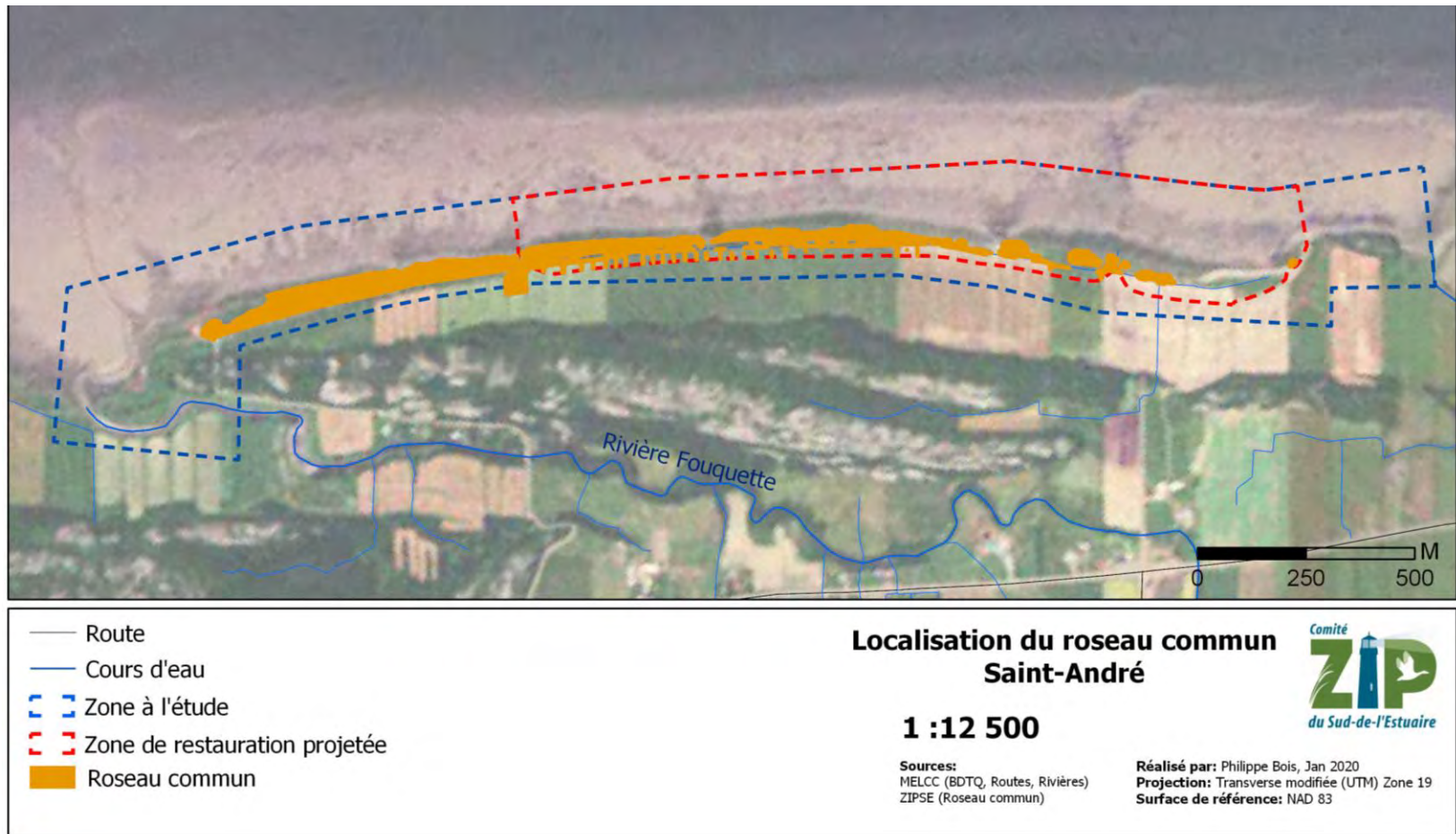


Figure 35. Localisation du roseau commun dans l'aire d'étude

Cinq autres espèces de plantes exotiques envahissantes ont été identifiées : l'alpiste roseau (*Phalaris arundinacea*), la salicaire commune (*Lythrum salicaria*), l'échinochloa pied-de-coq (*Echinochloa crus-galli*), le chiendent commun (*Elymus repens*) et le gaillet mollugine (*Gallium mollugo*). D'autres espèces, comme le pissenlit officinal (*Taraxacum officinale*) et le laiteron des champs (*Sonchus arvensis*) ne méritent pas de mention particulière considérant leur faible densité dans l'aire d'étude et le faible risque d'envahissement en zone humide. Le chiendent (*Elymus repens*) est également présent sur l'ensemble de l'aire d'étude, exception faite du schorre inférieur, et plus particulièrement dans la communauté végétale des terrasses de plage. Bien que ce dernier ne met pas en péril la diversité végétale dans les communautés où il est observé, sa présence en densité importante sur les terrasses de plage porte à croire qu'il pourrait limiter la présence d'autres graminées indigènes telles que l'élyme des sables d'Amérique (*Leymus mollis subsp. mollis*) et l'ammophile à ligule courte (*Calamagrostis breviligulata subsp. breviligulata*). L'échinochloa pied-de-coq (*Echinochloa crus-galli*) et le gaillet mollugine (*Galium mollugo*) sont principalement présents du côté de la prairie agricole et de l'aboteau et ne représentent pas un enjeu pour la biodiversité considérant leur faible densité. On retrouve quelques individus et colonies isolées d'alpiste roseau (*Phalaris arundinacea*) et de salicaire commune (*Lythrum salicaria*) (**Figure 36**) au niveau de la prairie semi-humide d'arrière-côte et de l'aboteau et ces derniers ne représentent pas non plus un enjeu pour la biodiversité sur l'aire d'étude.



Figure 36. Salicaire commune dans la bande riveraine

3.1.2. Inventaire ichthyologique

Un total de 879 poissons a été capturé et relâché après identification lors de l'inventaire réalisé entre les 8 et 10 octobre 2019. Seuls les 30 premiers individus de chaque espèce ont été mesurés. L'identification des individus a permis de confirmer huit espèces de poissons alors qu'une autre espèce ne put qu'être identifiée au genre et une autre à la famille (**Tableau 8**).

Tableau 8. Liste des espèces de poisson inventoriées

Nom français	Nom latin	Nombre total
Bar rayé	<i>Morone saxatilis</i>	264
Épinoche à neuf épines	<i>Pungitius pungitius</i>	227
Éperlan arc-en-ciel	<i>Osmerus mordax</i>	184
Poulamon Atlantique	<i>Microgadus tomcod</i>	125
<i>Gasterosteus sp.</i>	<i>Gasterosteus sp.</i>	56
Épinoche à trois épines	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	10
Plie rouge	<i>Pseudopleuronectes americanus</i>	6
Fondule barré	<i>Fundulus diaphanus</i>	3
Plie lisse	<i>Pleuronectes putnami</i>	3
Plie sp.	<i>Pleuronectes ou Pseudopleuronectes sp.</i>	1

La **Figure 37** présente les sommes de chaque espèce capturée par engin de pêche. C'est dans la slikke et le bas du schorre inférieur à spartine alterniflore que la plus grande diversité d'espèces de poissons a été remarquée grâce aux relevés dans le verveux. C'est aussi l'endroit où il y a eu le plus grand nombre d'individus capturés. Hormis un poulamon Atlantique (*Microgadus tomcod*) capturé à la senne, les plies et le poulamon ont été récoltées que dans le verveux. C'est donc aussi dans le verveux qu'a été capturé le plus grand nombre de poissons avec 565 individus (**Figure 37**). L'action des traits à la senne, c'est-à-dire, trois traits par jours sur trois jours consécutifs, a récolté 117 poissons. La pêche avec bourolles a montré que le nombre de poissons était plus grand dans les marelles que dans le canal de l'aboiteau. L'épinoche à neuf épines était d'ailleurs plus nombreuse dans les marelles du schorre supérieur que tout autre habitat échantillonné par les bourolles et aucune autre espèce d'épinoche ne fréquentait les marelles. En contrepartie, les traits de senne montrent que les épinoches du genre *Gasterosteus* ont été plus nombreuses dans la végétation du marais salé du schorre inférieur qu'ailleurs. L'herbier aquatique que crée le marais à spartine alterniflore à marée haute semble être un habitat préférentiel pour ces petites épinoches.

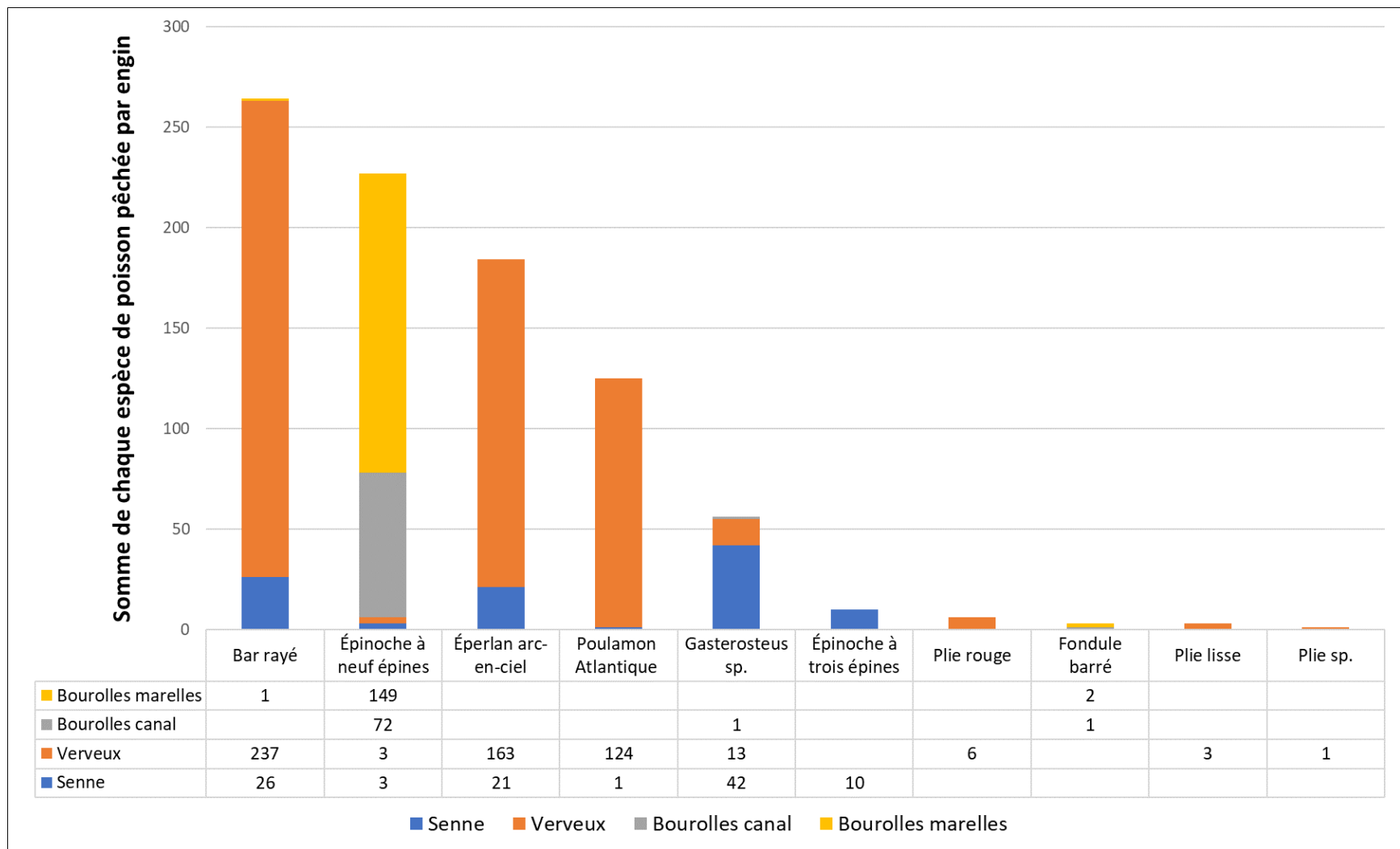


Figure 37. Poissons capturés selon la diversité et la quantité par engins de pêche, octobre 2019

Le diagramme à boîtes et moustaches de la **Figure 38** fait état des tailles des individus pour chaque espèce inventoriée. La moyenne est représentée par le « X », la médiane par la ligne dans la boîte, le premier et le troisième quartile (de 100) par les limites inférieure et supérieure de la boîte. Les données extrêmes sont représentées par les cercles. La plie rouge (3e boîte rouge à partir de la droite) par exemple, a une moyenne biaisée par le fait qu'un seul individu de 20 cm a été inventorié alors que la taille de la plupart des individus oscillait entre 7 et 10 cm. Donc, il faut se fier aussi à la médiane dans les cas d'écart extrême entre les tailles chez une espèce pêchée. Selon les moyennes de taille pour chaque espèce, un grand nombre des petits poissons étaient de jeunes poissons (Desroches et Picard, 2013) profitant probablement de la végétation du marais salé inondé à marée haute pour se nourrir et se cacher des prédateurs (Hemminga et Duarte, 2000; Jackson et coll., 2001; Lazzari et coll., 2003; Martel et coll., 2009).

La majorité des plies rouges était fort probablement immature d'après les tailles (Pêches et Océans Canada, 2010). C'est cette même situation qui est aussi observée pour l'éperlan arc-en-ciel (en jaune, 2e à partir de la gauche) dont la majorité était constituée de jeunes d'un an ou deux, d'une taille de 7 à 11 cm environ (Équipe de rétablissement de l'éperlan arc-en-ciel du Québec, 2008, 2019). Par ailleurs, des adultes de petites espèces comme le fondule barré et les épinoches du genre *Gasterosteus* ont aussi été pris à la senne et dans le verveux. Les épinoches à neuf épines étaient quasi exclusivement des adultes capturées majoritairement dans les bourolles (en mauve et 4e à partir de la gauche). Le poulamon Atlantique illustré en vert (avant-dernier à droite), montre aussi des tailles matures. Par contre, le bar rayé (boîte orange à gauche) est probablement exclusivement de taille immature (Robitaille et coll., 2011 et Desroches et Picard, 2013).

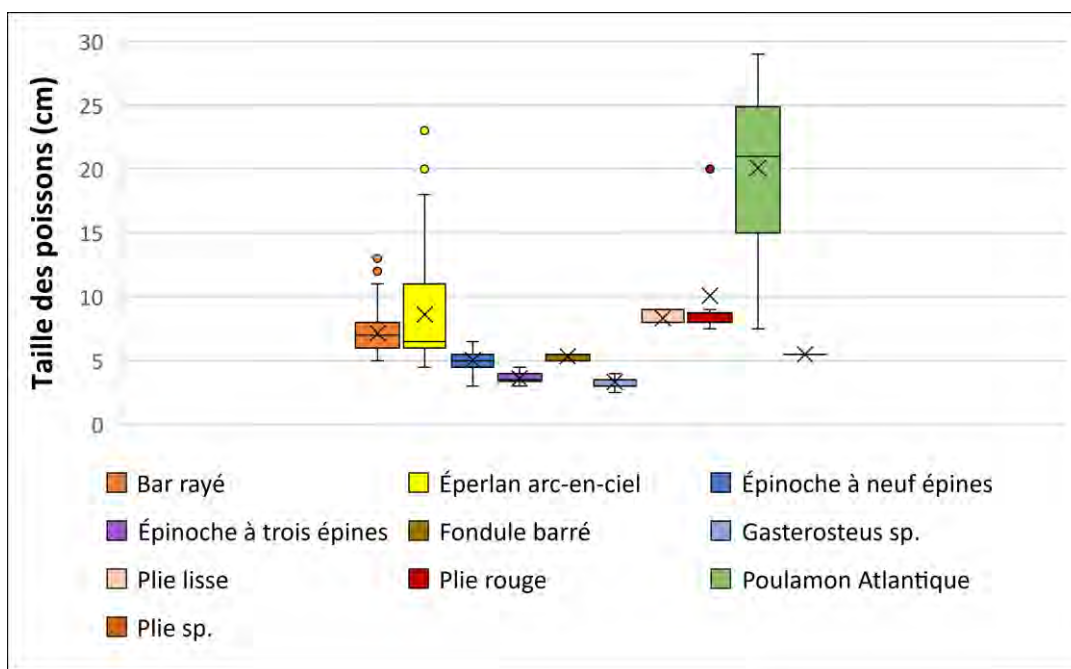


Figure 38. Taille des individus selon les espèces de poisson capturées

Parmi les espèces de poissons qui ont été capturées, il faut remarquer la forte présence de l'épinoche à neuf épines (*Pungitius pungitius*) (Figure 39), presque exclusivement capturée dans les marelles et le canal de l'aboteau au moyen des bourolles. Il est également important de remarquer la présence de plusieurs éperlans arc-en-ciel (*Osmerus mordax*). Leur présence, même en moyen nombre est intéressante puisque ce sont très fort probablement des éperlans provenant de la population vulnérable du sud de l'estuaire du Saint-Laurent selon le MFFP. La présence de juvéniles dans la slikke et le schorre inférieur indique que ces habitats seraient utilisés par les jeunes éperlans comme habitat de croissance. Ils se reproduisent dans la rivière Fouquette (Équipe de rétablissement de l'éperlan arc-en-ciel de la pop. du sud de l'estuaire, 2008 et 2019). Les individus inventoriés peuvent, entre autres, provenir de cette frayère.

De plus, lors de l'inventaire, un grand nombre de bars rayés (*Morone saxatilis*) composé essentiellement de juvéniles et d'immatures, a été capturé (Figure 39). C'est l'espèce la plus abondante dans cet inventaire et les individus pêchés sont certainement issus des efforts de réintroduction de l'espèce dans l'estuaire du Saint-Laurent (Pêches et Océans Canada, 2017). Leur jeune âge suggère qu'ils proviennent de nouvelles frayères situées non loin et ce, qu'elles soient connues ou non. La plus proche localisée par le MFFP est celle de Rivière-Ouelle (information transmise au sein de l'Équipe de rétablissement de l'éperlan arc-en-ciel, comm. pers., 2019). La plupart des bars ont été capturés au verveux, mais un petit bar a été capturé par

une bourolle placée dans une marelle. Lors de l'inventaire, aucune espèce exotique envahissante n'a été capturée dans les trois engins de pêche.

Les données physico-chimiques enregistrées dans les marelles du schorre supérieur et le canal de drainage de l'aboiteau sont présentées à l'annexe 2. Les résultats indiquent que les conditions qui prévalent dans les marelles sont presque similaires à celles de l'estuaire du Saint-Laurent. Cependant, la salinité et la conductivité y étaient plus élevées. Le bon nombre d'épinoches à neuf épines capturées dans les marelles est sans doute associé à la tolérance des épinoches aux variations de salinité (Desroches et Picard, 2013) selon les précipitations et les marées. De plus, les marelles conviennent aux épinoches, puisque de nombreux débris végétaux y restent aussi piégés, offrant le matériel pour leur nidification étant donné qu'elles construisent des nids pour pondre leurs œufs (*Ibid.*).

L'épinoche à neuf épines semble être une espèce répandue dans les marelles des marais salés de Saint-André (M. Ouellet, OBAKIR, comm. pers., 2019). Une fois piégées dans les marelles lors des grandes marées, les épinoches à neuf épines y survivent, s'y reproduisent et des populations s'y maintiennent probablement. Encore faut-il que les marelles soient toujours alimentées d'eau et peu perturbées. L'érosion ou le remplissage de certaines marelles par des lobes transgressifs pourrait donc nuire à l'épinoche à neuf épines.



Figure 39. Jeune bar rayé et épinoches à neuf épines

3.1.3. Inventaire ornithologique

Aucune donnée n'était disponible pour la zone à l'étude selon les observations colligées sur la banque de données avifauniques eBird. Cependant, jusqu'à 242 espèces d'oiseaux ont été observées dans la ZICO de Kamouraska et 81 dans la ZICO des Pèlerins (eBird, 2019 et Nature-Québec, 2019) qui se trouvent respectivement à l'ouest et au nord de l'aire d'étude.

Les inventaires menés par le Comité ZIPSE à l'automne 2019, ont décelé 38 espèces d'oiseaux dont la liste est à l'annexe 3. Des espèces comme le canard noir (*Anas rubripes*), le garrot à œil d'or (*Bucephala clangula*), le grand héron (*Ardea herodias*) et le martin-pêcheur d'Amérique (*Megaceryle alcyon*) et d'autres espèces piscivores ont été observées. eBird et Nature-Québec (2019) mentionnent la présence de bruant de Nelson (*Ammodramus nelsoni*) et le hibou des marais (*Asio flammeus*) dans la ZICO de Kamouraska, deux espèces à statut précaire au Québec. Le hibou des marais a d'ailleurs été observé tout près de l'aire d'étude par un partenaire autour des dates

de cet inventaire (A. Parent, octobre 2019, comm. pers.). Le rétablissement de prairies saumâtres aurait un impact positif sur ces dernières espèces qui nichent dans cet habitat et particulièrement pour le bruant de Nelson (Rompré et Shaffer, 1998; Gouvernement du Canada, 2014 et Robert et coll., 2019). Le hibou des marais pourrait être favorisé par la hauteur du couvert végétal herbacée (Environnement Canada, 2016), ce qui suggère d'utiliser des graminées indigènes d'environ un mètre comme le calamagrostide du Canada ou la spartine pectinée dans d'éventuelles plantations de restauration d'habitats.

Du côté des oiseaux de rivage, en diminution à l'échelle provinciale, nationale, continentale et mondiale (Donaldson et coll., 2000; Thomas, Lanctot et Székely, 2006; Stroud et coll., 2006; Aubry et Cotter, 2007 et ICOAN. 2012) le moment des inventaires coïncidait avec un creux dans la phénologie de leurs migrations régionales (David, 1996; Turcotte, 2013 et 2014 et Joubert, 2016a et 2018). De fait, il n'y a que le bécasseau minuscule (*Calidris minutilla*), le bécasseau à poitrine cendrée (*Calidris melanotos*), le pluvier semipalmé (*Charadrius semipalmatus*) et la bécassine de Wilson (*Gallinago delicata*) qui ont été observés en petit nombre alors que près de 30 espèces limicoles ont été observées dans la ZICO de Kamouraska depuis plus d'un siècle (eBird, 2019).

Hormis les alouettes et pipits observés du côté du marais salé, la plupart des passereaux ont été vus ou entendus sur l'aboiteau et dans la partie agricole. D'ailleurs, une amélioration de la qualité de l'habitat du marais salé pourrait aussi convenir à l'alouette hausse-col (*Eremophila alpestris*) et au pipit d'Amérique (*Anthus rubescens*) qui s'y alimentent en migration, dans la végétation rase. Un contrôle du roseau commun, dont la hauteur des tiges est trop grande pour ces espèces, serait un gain notable.

Une espèce terrestre vue sur le site attire l'attention: le dindon sauvage (*Meleagris gallopavo*). Cette espèce en augmentation au Québec et en expansion récente au Bas-Saint-Laurent (Robert et coll., 2019) est une découverte intéressante pour l'aire d'étude. Un site de grattage et de bain de sable (**Figure 40**) ainsi que quelques individus ont été observés. Le dindon sauvage est probablement favorisé par la culture de maïs sur le site. Néanmoins, un aménagement écosystémique du côté agricole lui sera sans doute bénéfique et pour bien d'autres espèces également.



Figure 40. Dépression de grattage et de bain de sable du dindon sauvage

3.2. Caractérisation géomorphologique

Les résultats de la caractérisation géomorphologique se déclinent sous quatre grands volets, soit : la segmentation de la zone côtière, l'évolution historique de la côte, les levés d'imagerie aérienne ainsi qu'une analyse préliminaire des images captées par les caméras de suivi.

3.2.1. Segmentation de la zone côtière

Type de côte

La **Figure 41** illustre le littoral caractérisé de la cellule hydrosédimentaire de Saint-André. Sur 3 154 mètres de linéaire côtier, les marais salés constituent la majorité du paysage côtier. Ils représentent près de 100 % de la zone caractérisée. On observe également une terrasse de plage d'une longueur de 15 m située dans une zone d'accès au fleuve.

État de la côte

L'évaluation de l'état de la côte permet d'identifier les zones sensibles où les processus d'érosion et de submersion ont marqué la rive (**Figure 41**). Dans la zone caractérisée, 86% de la côte présentent des signes d'érosion (**Tableau 9**), dont, 45% sont actifs et 41% sont semi-végétalisés. Seulement 12% de la zone sont stables. Le faible pourcentage de côte stable indique que l'érosion et la submersion sont des phénomènes ponctuels, mais fréquents sur les marais maritimes de la cellule hydrosédimentaire de Saint-André. La **Figure 42** permet de visualiser les différents types de côtes et leur état.

Tableau 9. Répartition des types de côtes selon son état dans l'aire d'étude

Type de côte	Longueur (m)	Pourcentage
Marais maritime	3139	99,53%
Actif ou vif (- de 25% végétalisé)	1426	45,23%
Semi-végétalisé (entre 25 et 75% végétalisé)	1308	41,48%
Stable ou végétalisé (+ de 75% végétalisé)	405	12,83%
Terrasse de plage	15	0,47%
Stable ou végétalisé (+ de 75% végétalisé)	15	0,47%
Total général	3154	100,00%

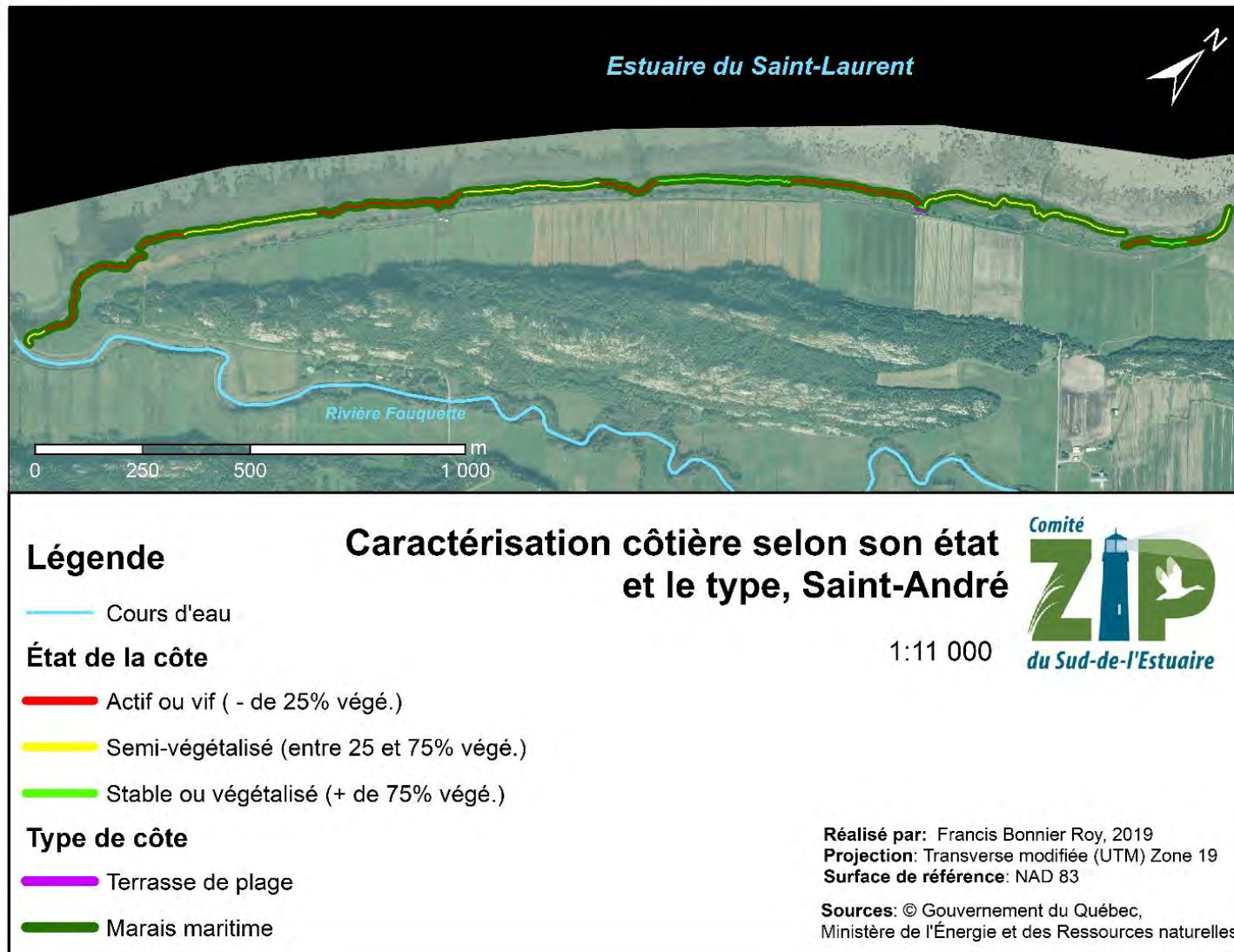


Figure 41. Caractérisation côtière selon son état et le type dans la zone caractérisée



Marais maritime et terrasse de plage,
Source LDGIZC, 2017



Marais maritime actif avec microfalaise,
Source ZIPSE, 2019



Marais maritime actif sans microfalaise,
Source ZIPSE, 2019



Marais maritime semi-végétalisé,
Source ZIPSE, 2019



Marais maritime stable,
Source ZIPSE, 2019

Figure 42. Photographies des types de côtes et de leur état dans l'aire d'étude

Artificialité

L'ensemble de la zone caractérisée contient un aboiteau positionné entre le marais et les terres agricoles. D'une longueur de 2 569 m, son état est variable (**Tableau 10, Figure 43 et Figure 44**). Près de 44 % de la longueur de l'aboiteau montrent des signes de détérioration face à l'érosion et la submersion côtière. De ce pourcentage 22 % sont très endommagés, 11,51 % sont légèrement endommagés et 9,99 % sont endommagés. Le secteur qui est le plus détérioré est

concentré à l'est de l'aire d'étude. De plus, des débordements côtiers sur les terres agricoles sont observés occasionnellement dans ce secteur.

Tableau 10. État de l'aboteau de la zone caractérisée en 2017 par la MRC de Kamouraska

Type d'état	Longueur (m)	Pourcentage
En bon état	1444	56,21%
Légèrement endommagé	296	11,51%
Endommagé	257	9,99%
Très endommagé	573	22,29%
Total général	2569	100,00%



Figure 43. Photographies de l'état de l'aboteau réalisées en 2017 par la MRC de Kamouraska

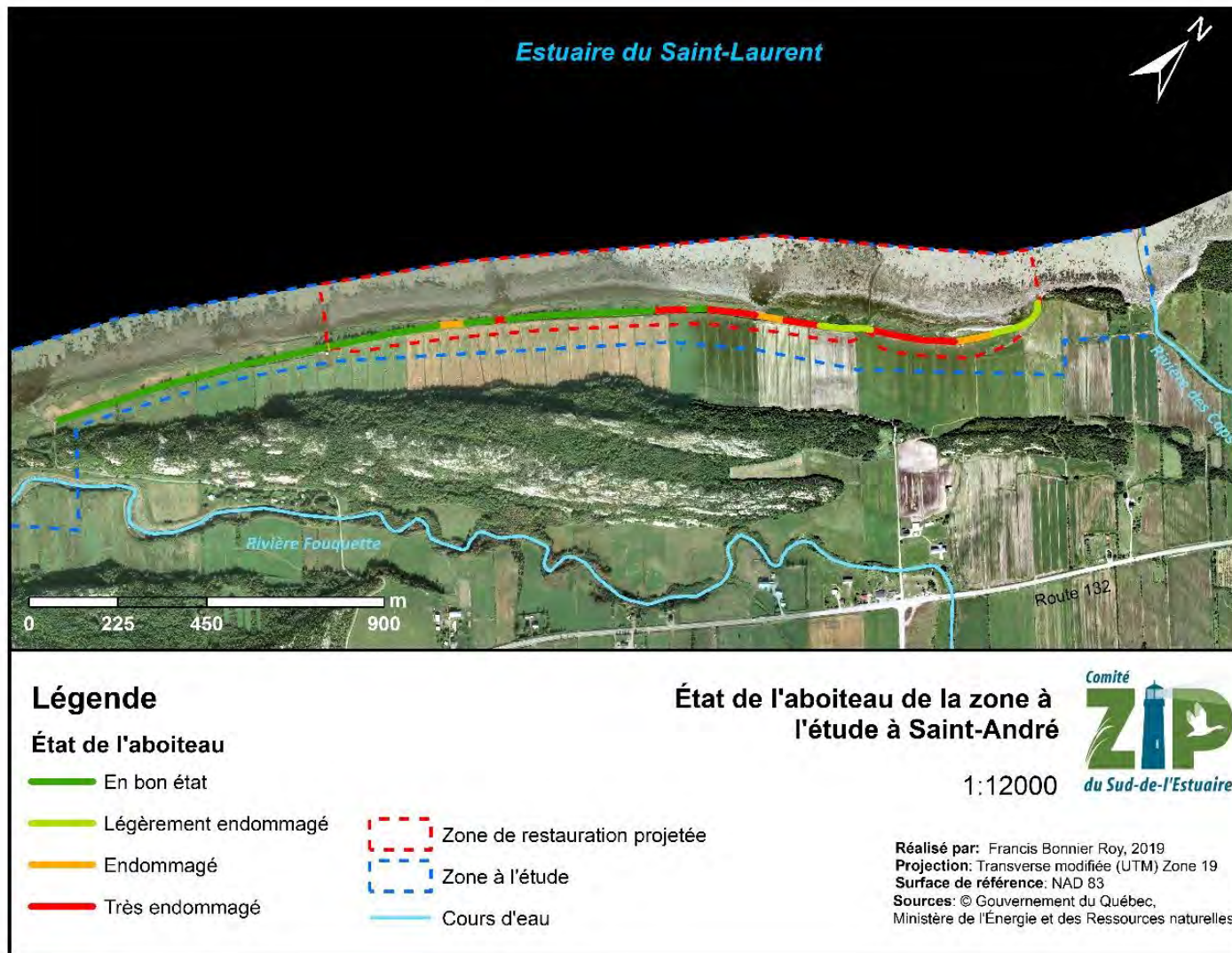


Figure 44. État de l'aboiteau de la zone caractérisée en 2017 par la MRC de Kamouraska

3.2.2. Évolution historique de la côte

Déplacement de la ligne de rivage

Dans le secteur analysé, le déplacement de la ligne de rivage a été ponctué par des événements d'érosion et d'accrétion entre 1961 et 2015 (**Tableau 11** et **Figure 45**). La moyenne estimée à - 0,08 m/an pour l'ensemble du secteur et de 0,00 m/an pour la zone de restauration projetée nous indique que la côte a été stable au cours des 54 dernières années. Cependant, comme les taux extrêmes le démontrent (taux maximum de 3,24 m/an et taux minimum de 2,88 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 peuvent expliquer ces variations.

L'analyse des photographies aériennes montre que les activités anthropiques réalisées sur le littoral ont contribué à changer la dynamique côtière. De l'ensemble des périodes analysées, le taux moyen d'accumulation le plus élevé pour la zone de restauration projetée a été observé entre 1961 et 1990 avec 0,13 m/an. La comparaison entre les photographies aériennes de 1961 et 1990 révèle que cette période correspond à celle qui a subi le plus de changement au niveau des activités anthropiques, notamment par la construction de l'aboteau et l'abandon de certains secteurs de pêche à l'anguille ayant ainsi comme conséquence de changer la dynamique naturelle du milieu par une transformation d'un environnement sableux à un environnement vaseux.

Les taux de déplacement les plus extrêmes, tant en avancée qu'en recul, ont été observés entre 1990 et 2001. De l'ensemble des périodes analysées cette dernière présente la moyenne de recul la plus élevée tant pour l'aire d'étude (-0,45 m/an), que pour la zone de restauration projetée (- 0,32 m/an). Finalement, la période la plus récente, entre 2001 et 2015, présente les valeurs les plus stables, soit autour de 0,00 m/an. Bien que cette période fût ponctuée de tempêtes majeures telles que celle du 6 décembre 2010, la côte semble être résiliente face aux perturbations naturelles durant cette période.

En somme, les résultats de l'évolution de la ligne de rivage au cours des 54 dernières années révèlent que les activités anthropiques ont joué un rôle majeur dans l'évolution côtière, et ce particulièrement entre 1961 et 1990. De plus, les variations de la période récente sont davantage influencées par des perturbations naturelles.

Tableau 11. Taux de déplacement de la ligne de rivage selon trois périodes d'année entre 1961 et 2015

Localisation	1961-1990	1990-2001	2001-2015	1961-2015
Aire d'étude	-1,33 (min)	-2,88 (min)	-1,69 (min)	-0,81 (min)
	-0,04 (moy)	-0,45 (moy)	0,02 (moy)	-0,08 (moy)
	1,61 (max)	3,24 (max)	1,96 (max)	0,74 (max)
Zone de restauration projetée	-1,33 (min)	-2,88 (min)	-1,69 (min)	-0,78 (min)
	0,13 (moy)	-0,32 (moy)	0,07 (moy)	0 (moy)
	1,61 (max)	3,24 (max)	1,96 (max)	0,74 (max)

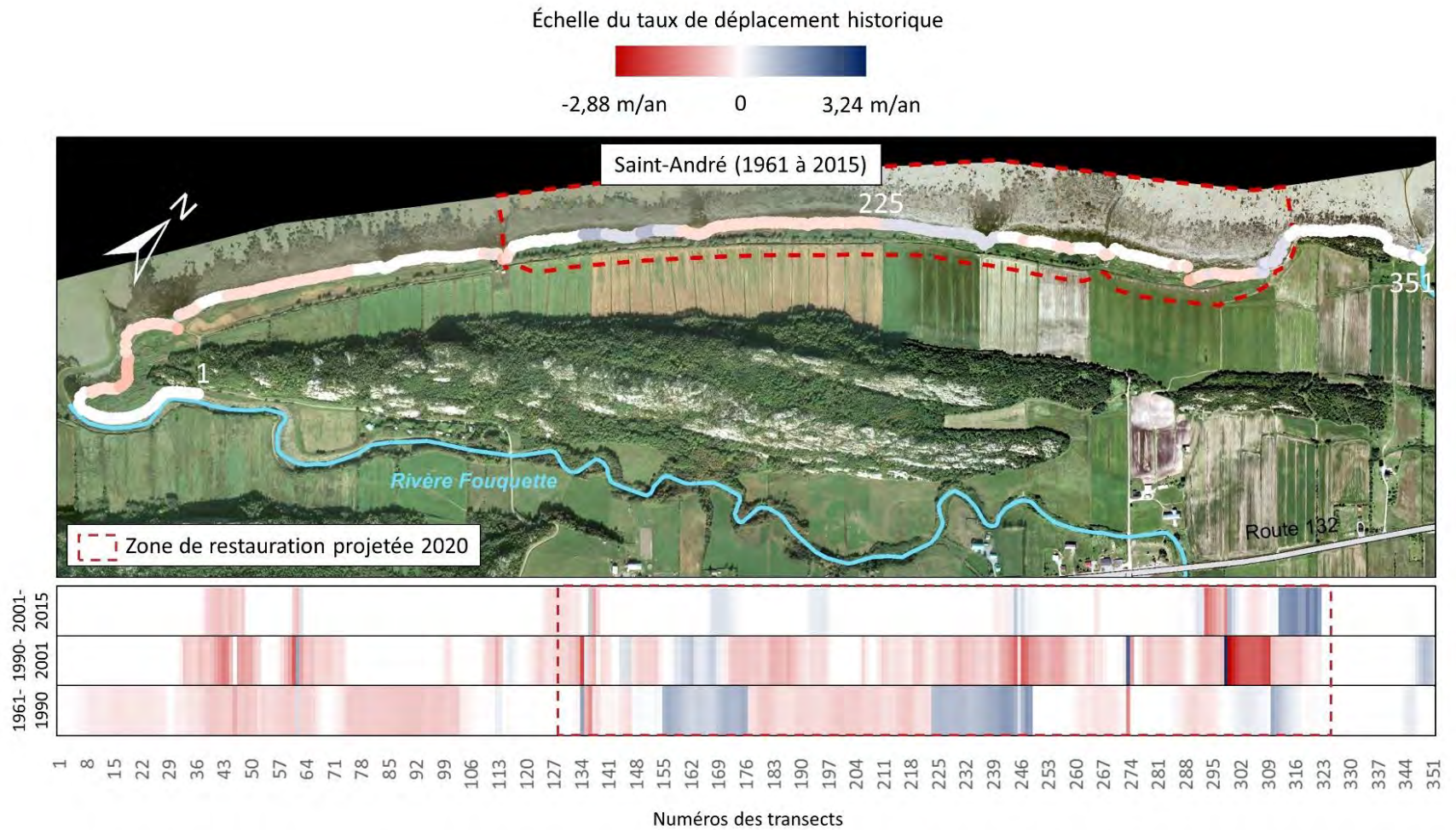


Figure 45. Évolution historique de la ligne de rivage de l'aire d'étude dans la cellule hydrosédimentaire de Saint-André

Évolution surfacique du marais maritime

Afin d'approfondir l'évolution historique de la côte, une analyse de la superficie du marais a été réalisée pour la période entre 1961 et 2015. Ce type d'analyse permet d'estimer les gains et les pertes de sa superficie. L'évolution surfacique a été réalisée sur les schorres inférieur et supérieur. Les résultats sont présentés à la **Figure 46**, **Figure 47** et **Figure 48**. Les pertes les plus importantes ont été observées sur le schorre supérieur entre la période de 1961 et 1990. Cette perte, estimée à 3,20 ha (30 %) est directement liée à la construction de l'aboteau dans la partie supérieure du marais ainsi qu'à la migration du schorre inférieur vers l'intérieur des terres. Entre 1990 et 2015, on constate que les pertes sont de l'ordre de 17 % soit 1,03 ha. Elles sont uniquement associées à des transformations d'habitats par une migration du schorre inférieur qui se poursuit et à l'apparition d'un environnement sableux. Ces changements d'habitats suggèrent un changement continu dans les conditions hydrodynamiques du milieu qui pourrait être lié à la hausse du niveau de la mer (Bouchard et Dionne, 2000).

L'analyse surfacique du schorre inférieur montre que les pertes sont beaucoup moins importantes que celles du schorre supérieur. On les estime à 1,58 ha (9 %) entre 1961 et 1990 et à 0,13 ha (1 %) entre 1990 et 2015. Les principales pertes sont associées à l'érosion côtière ainsi qu'à un changement d'habitat, soit une transformation du schorre inférieur à un schorre supérieur. Les gains estimés à 1,67 ha (10 %) entre 1961 et 1990 et à 1,70 ha (10 %) entre 1990 et 2015 sont dus à la migration de cette partie du marais vers l'intérieur des terres.

En somme, cette analyse met en lumière le processus de migration et de transformation des habitats côtiers dans un contexte de conditions hydrodynamiques changeantes. Les activités anthropiques ont grandement influencé l'évolution du marais (**Figure 49**). La construction de l'aboteau a contribué au processus de coincement côtier en limitant la migration naturelle des habitats côtiers, dans notre cas du schorre supérieur vers les terres causant ainsi une perte de sa superficie. De plus, une érosion accentuée est observée aux endroits où la pêche à l'anguille était réalisée.

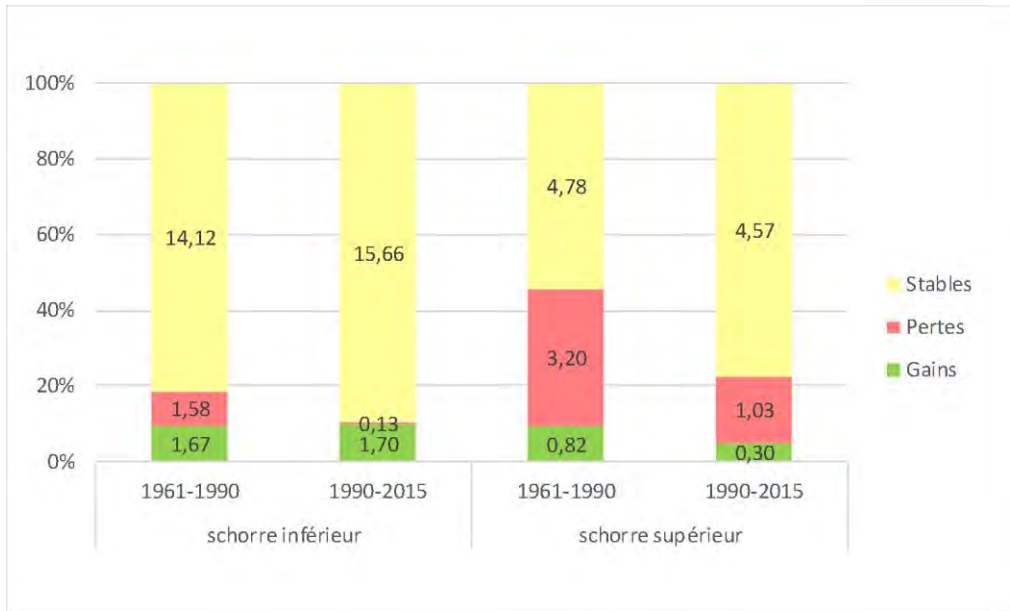


Figure 46. Variation de l'évolution historique de la superficie du schorre inférieur et supérieur selon deux périodes d'année entre 1961 et 2015

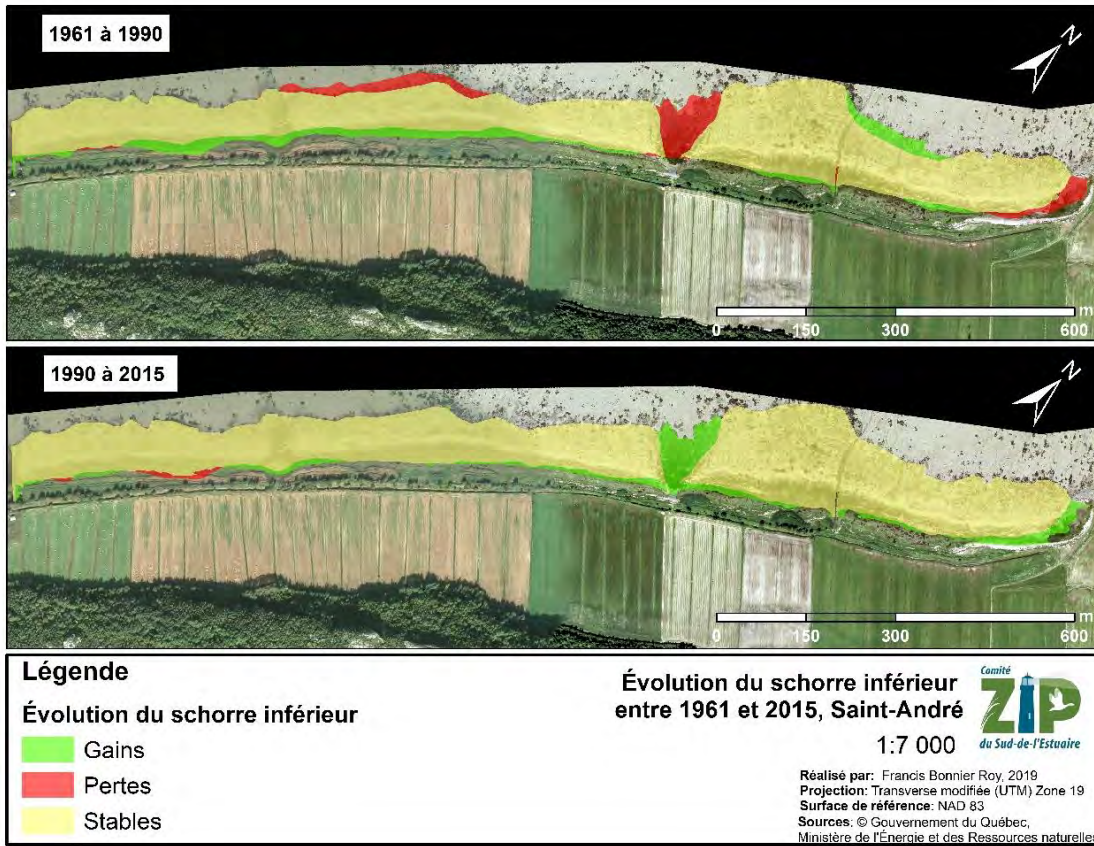


Figure 47. Évolution historique du schorre inférieur entre 1961 et 2015

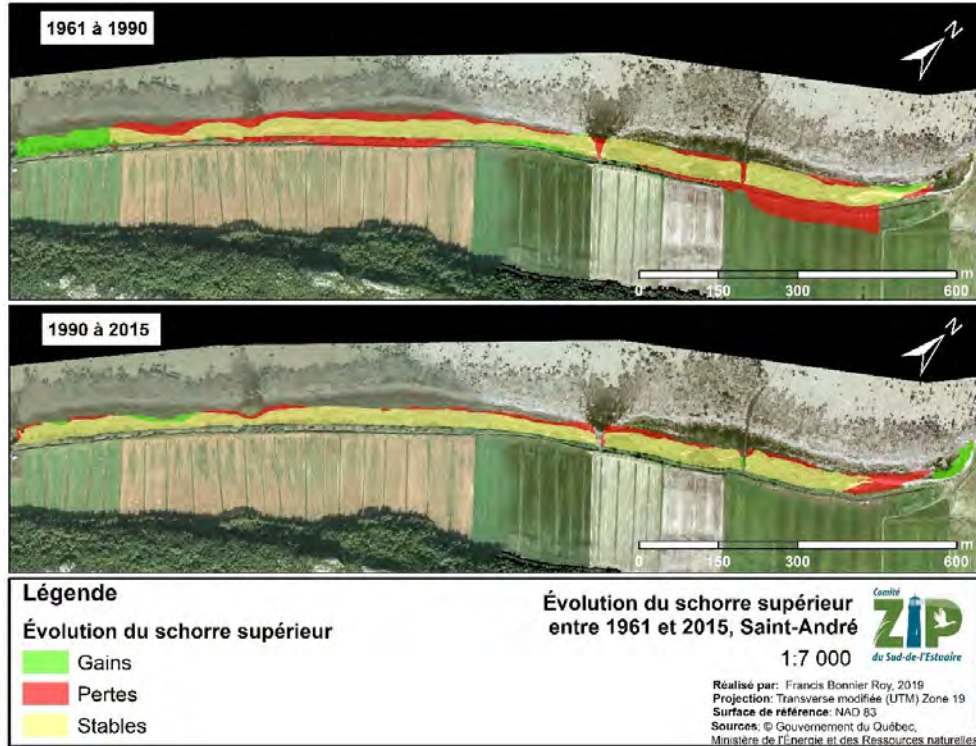


Figure 48. Évolution du schorre supérieur entre 1961 et 2015

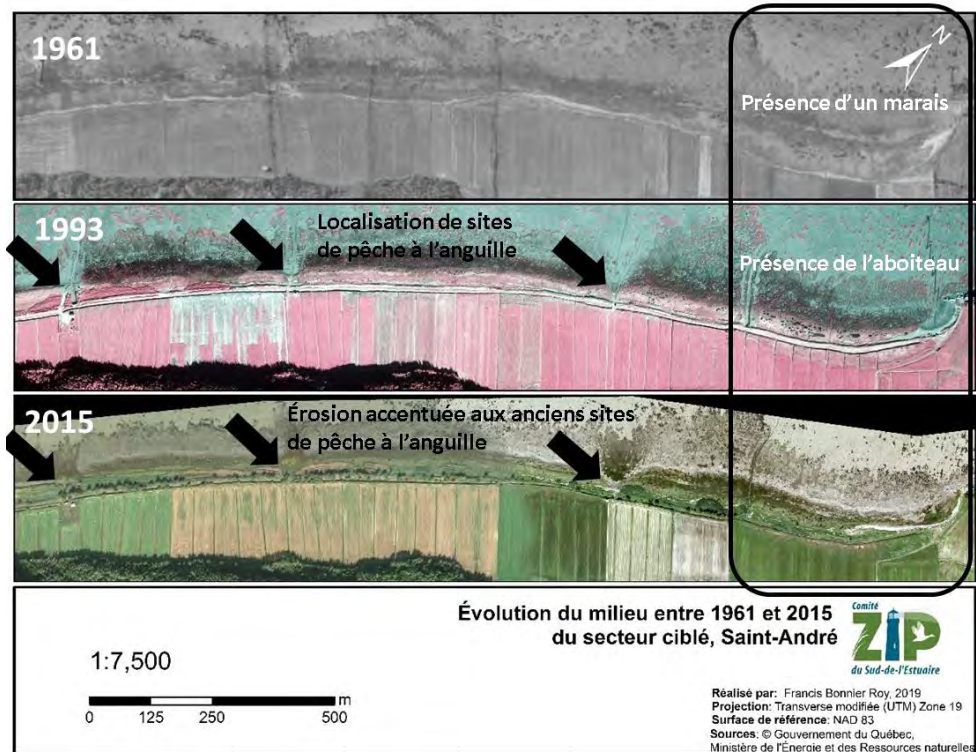


Figure 49. Évolution du milieu entre 1961 et 2015 en lien avec les activités anthropiques

3.2.3. Levés d'imagerie aérienne

Une orthomosaïque a pu être générée par le logiciel *AgiSoft Metashape* en combinant l'ensemble des photographies aériennes prises par la plateforme SIMBA (**Figure 50**). La figure permet d'apprécier la topographie relativement homogène de la zone variant entre 0 et 5 m d'altitude. On remarque également à l'est une zone de basse altitude qui se prolonge à l'arrière de l'aboteau actuel. Cette zone correspond à l'endroit où il a été observé un empiétement des terres agricoles sur le marais par le passé et la présence plantes indicatrices de milieux humides. L'orthomosaïque a également été utilisée pour la planification des travaux, dont l'identification des zones envahies par le roseau commun et le calcul de leur superficie.

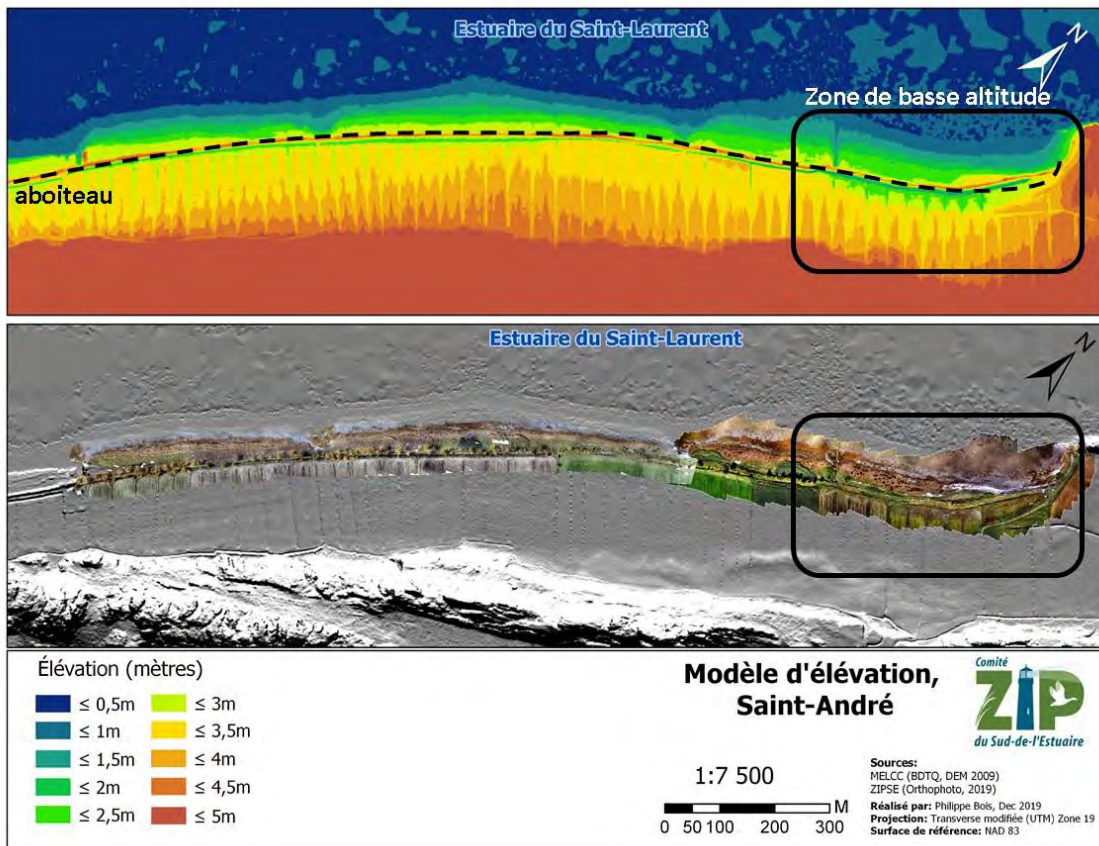


Figure 50. Modèle d'élévation de terrain et orthophotographie de la zone de restauration projetée

3.2.4. Analyse préliminaire des images captées par les caméras de suivi

Une première visite d'entretien a été réalisée le 17 décembre 2019 pour récupérer les images enregistrées par les caméras de suivi depuis le 21 octobre. Une analyse préliminaire des images révèle que le niveau d'eau dans le canal de drainage situé au sud de l'aboteau fluctue

significativement durant les périodes de marées hautes à l'automne, ce sans qu'il y ait débordement côtier (**Figure 51**). L'animation des images permet d'observer une certaine synchronisation entre les fluctuations de niveau d'eau avec les marées. Ces fluctuations suggèrent une connectivité autre que celle fournie par les brèches, facteur déterminant dans le positionnement et le design des aménagements fauniques.



Figure 51. Fluctuation synchronisée des niveaux d'eau entre la marée et le canal de drainage agricole, en période de marée basse (haut) et de marée haute (bas)

4. SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

Les résultats de la caractérisation biophysique révèlent que le milieu côtier de Saint-André est un milieu riche au niveau faunique et floristique de par la présence d'une diversité d'habitats côtiers dont un vaste marais salé. Or, ces habitats sont sensibles aux effets des changements climatiques et aux pressions exercées par les activités humaines actuelles et passées. La zone de restauration projetée s'avère être le secteur d'intervention à privilégier en raison des observations suivantes :

- Marais salé converti en terre agricole suite à la construction de l'aboiteau en 1986;
- Présence de plantes indicatrices de marais salé sur les terres agricoles en basse altitude;
- Présence de poissons dans le canal de drainage de l'aboiteau;
- Débordements côtiers occasionnels au-dessus de l'aboiteau en raison de son état;
- Dégradation des étagements inférieur et médian du marais salé;
- Connectivité partielle entre l'eau du canal de drainage de l'aboiteau et celle de la marée;
- Coincement côtier engendrant une perte de superficie de l'habitat du poisson;
- Présence d'espèces de poisson à statut particulier dans le marais salé;
- Forte présence du roseau commun, une plante exotique envahissante sur l'étage supérieur du marais salé, sur l'aboiteau et son canal ainsi qu'en bordure des terres agricoles.

Ainsi, le Comité ZIPSE recommande un aménagement faunique totalisant une superficie de près de 5 ha dont les actions visent à :

- Renaturaliser l'aboiteau actuel pour favoriser la dynamique naturelle;
- Recréer un habitat du poisson et revégétaliser les zones dégradées pour assurer une connectivité entre les habitats;
- Contrôler les plantes exotiques envahissantes pour augmenter la biodiversité.

Ces actions permettront de récupérer des habitats côtiers qui ont été convertis en terres agricoles suite à la construction de l'aboiteau en 1986 et ainsi doubler leur superficie actuelle passant de 6 ha à 11 ha. Ce gain environnemental en quantité et en qualité contribuera à augmenter la capacité de résilience de l'ensemble de l'écosystème côtier à s'ajuster librement au gré des changements environnementaux actuels et à venir. Elles contribueront à redonner l'espace de liberté au fleuve et à ses milieux humides permettant ainsi de maintenir la biodiversité du milieu.

5. CONCEPTION ET AMÉNAGEMENT FAUNIQUE

5.1. Présentation générale des actions de restauration proposées

L'aménagement faunique proposé se décline en cinq catégories d'action réalisées par secteur de part et d'autre de l'ancien aboiteau (Figure 52, Tableau 12 et Figure 53). Réalisées entre le printemps 2020 et l'automne 2021, ces actions représentent une superficie de près de 5 ha sur près 2 km de linéaire côtier. Les sections suivantes décrivent les détails de chacune de ces actions.

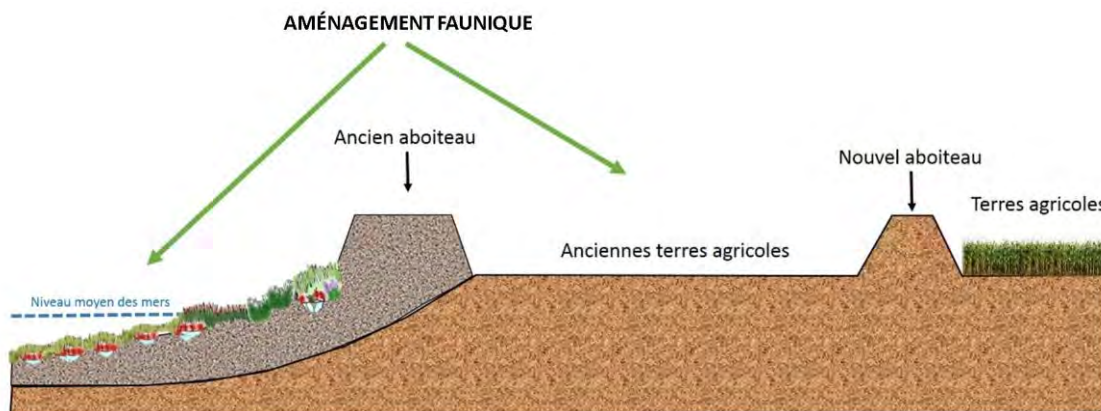


Figure 52. Schéma conceptuel transversal par secteur de l'aménagement faunique proposé

Tableau 12. Actions de restauration proposées

ACTIONS	SUPERFICIE* en m ²
Relocalisation de l'aboiteau et sa végétalisation	11 200
Reconstitution d'un marais en créant une ouverture consolidée dans l'aboiteau abandonné accompagné par un système de chenaux et par une revégétalisation de plantes halophiles et saumâtres sur les terres agricoles récupérées.	4 000
Revégétalisation des terres agricoles récupérées (semis et plantation)	7 800
Transplantation de spartine alterniflore dans les zones dégradées du marais	4 200
Contrôle du roseau commun	19 400
	43 000

*Estimation approximative de la superficie

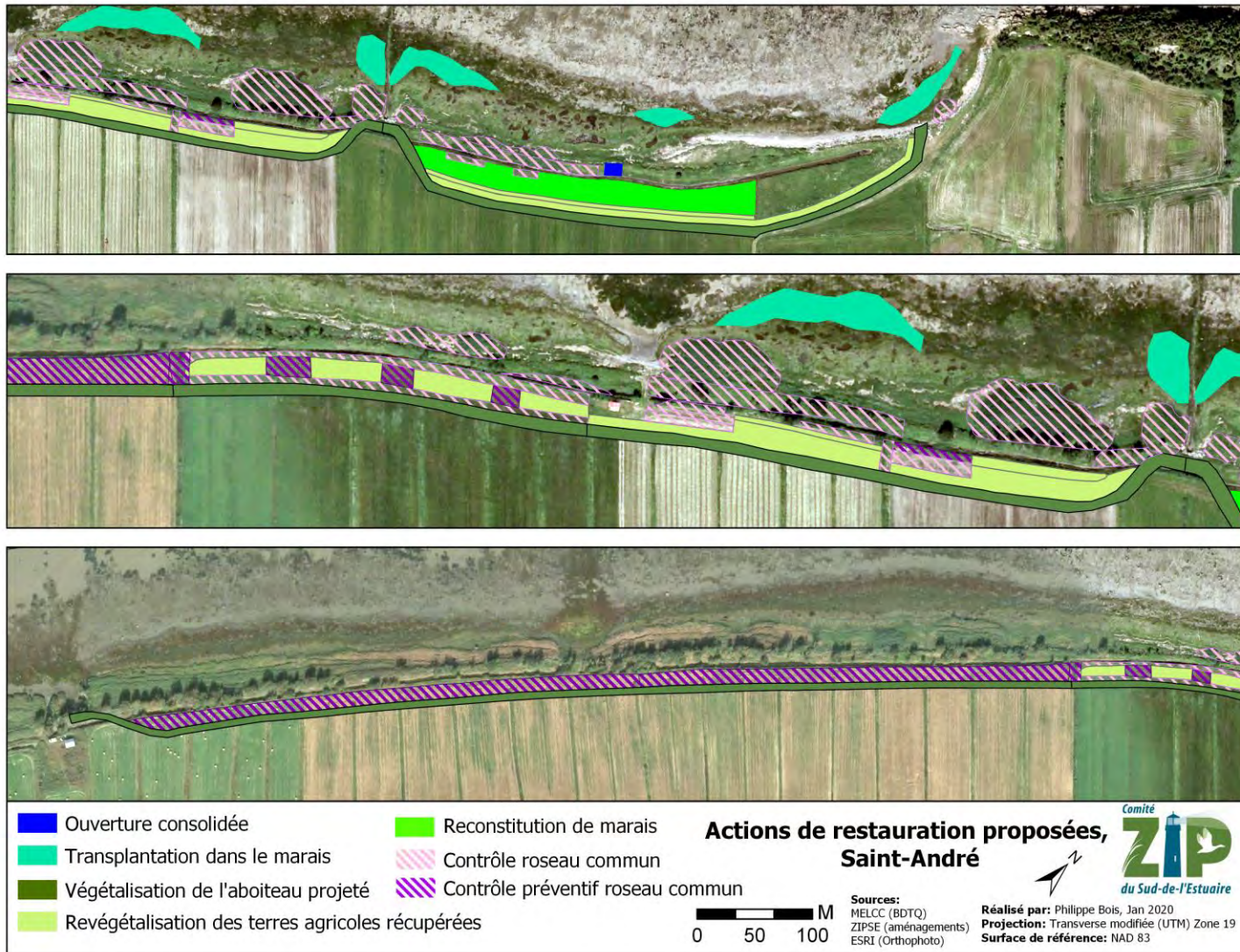


Figure 53. Localisation des actions de restauration proposées dans la zone à l'est (haut), au centre (centre) et à l'ouest (bas)

5.1.1. Relocalisation de l'aboiteau

La relocalisation de l'aboiteau sera réalisée sur une longueur de 1 820 mètres (**Figure 54**). Sa construction sera localisée à la cote d'altitude de 3 mètres, donc à une distance variant de 20 à 45 mètres de l'actuel aboiteau. Le dessus du nouvel aboiteau atteindra ainsi une élévation de 4 mètres avec une largeur de 2 mètres au sommet. Afin d'assurer le drainage des terres agricoles, un canal intérieur d'une largeur au fond de 2 m sera réalisé au sud du nouvel aboiteau. La pente du talus de ce canal est à 1,5 : 1 (H/V) du côté nord et de 1 :1 (H :V) côté sud (**Figure 55**). Seul le dispositif d'évacuation no.4 de l'ancien aboiteau sera conservé afin d'évacuer les eaux du nouvel aboiteau. Des travaux, incluant une protection en pierre, seront requis pour consolider l'aboiteau existant vis-à-vis le dispositif no.3, non opérationnel. Cette section d'une longueur de 15 mètres correspond à la jonction du nouvel aboiteau avec celui existant à l'ouest du site de restauration. Les travaux de confection du canal nécessiteront l'excavation de 10 935 m³. Le matériel d'excavation servira à la confection du remblai de l'aboiteau. Une pelle hydraulique d'une puissance de 84 à 120 Kw convient pour ce type de travail. L'ensemble des travaux de relocalisation sera sous la responsabilité de la MRC de Kamouraska qui s'assura du respect des plans et devis et des mesures d'atténuation relative à l'usage de la machinerie.

Suite aux travaux de relocalisation de l'aboiteau, des semences de mélange de plantes indigènes Aiglon Indigo y seront dispersées (**Tableau 13**). Le mélange Stabilisateur sera semé sur les talus afin de diminuer l'érosion et le ruissellement. Le mélange Pionnier Plus composé d'herbacés, d'arbustes et d'arbres sera semé sur le replat. Des saules de l'intérieur seront également plantés. La végétalisation du nouvel aboiteau contribuera à augmenter la diversité végétale du milieu et ainsi créer un habitat pour la faune et la flore, en plus de freiner la propagation du roseau commun (voir section 5.1.5). Pour de plus amples détails techniques, le lecteur est invité à consulter les plans et devis.

Tableau 13. Détails sur la végétalisation du nouvel aboiteau

Habitats	Actions	Types de semence et de plants	Superficie* en m ²
Nouvel aboiteau	Semis et plantation	Mélange Pionnier Plus*	10 000
		Mélange Stabilisateur Indigène*	
		Saule de l'intérieur*	1 200
			11 200

*Estimation approximative de la superficie

*Plantation également considérée comme action de contrôle du roseau commun

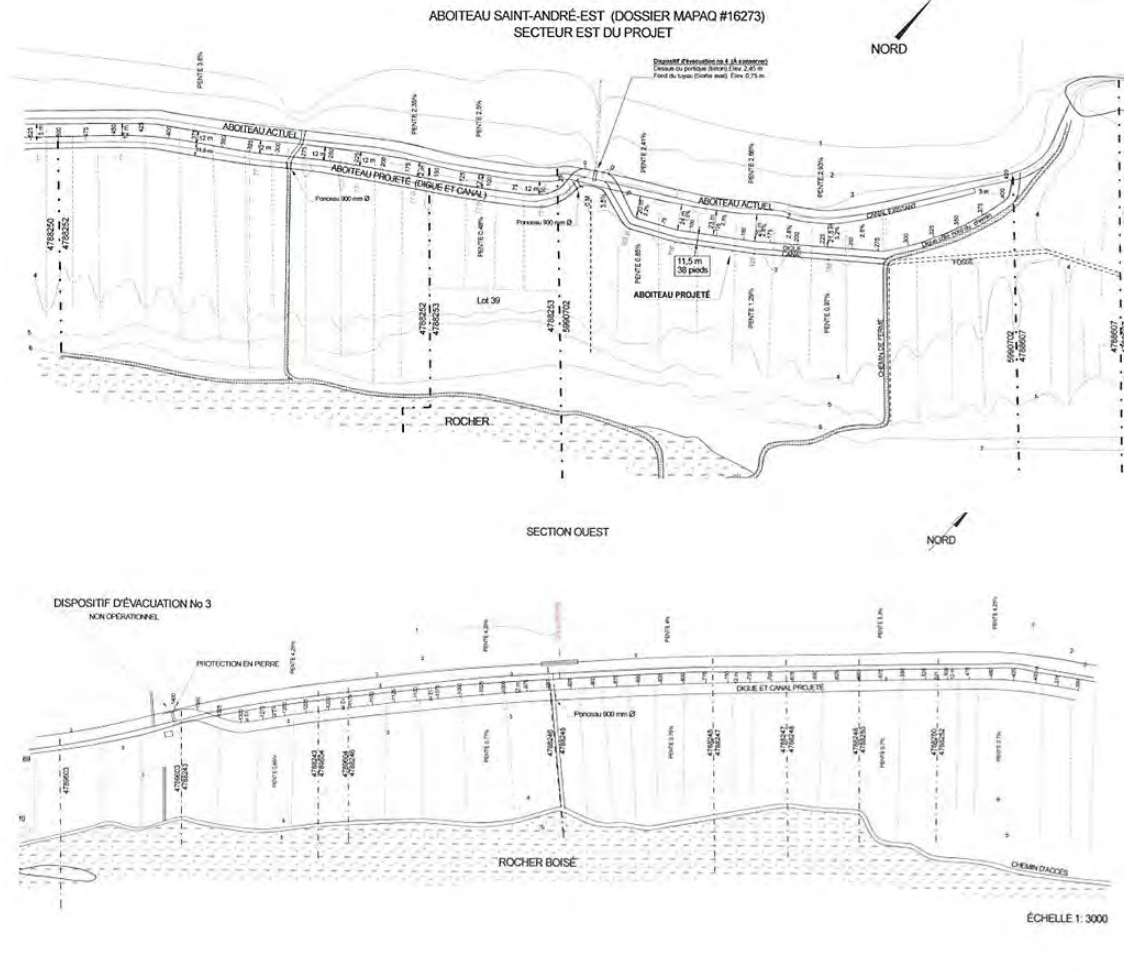


Figure 54. Plan de la relocation de l'aboiteau, extrait des plans et devis

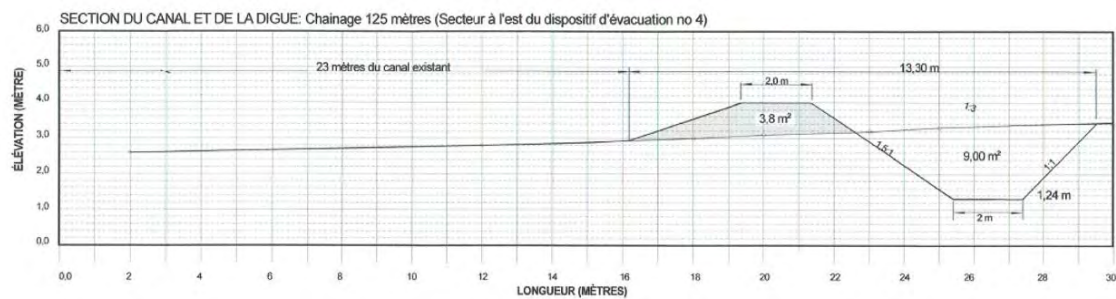


Figure 55. Profil type de l'aboiteau projeté, extrait des plans et devis

5.1.2. Reconstitution de marais

Un marais sera reconstitué à l'est de la zone de restauration projetée représentant une superficie d'environ 4 000 m². Cette reconstitution sera rendue possible par l'aménagement d'une ouverture consolidée accompagnée d'un système de chenaux sur les terres agricoles récupérées suite à la relocalisation de l'aboteau.

L'ouverture consolidée correspond à une section où des débordements côtiers ont été observés et où l'état de l'aboteau actuel est considéré comme fortement dégradé. Elle sera située à environ 165 mètres du dispositif d'évacuation des eaux no4. Cette ouverture partielle déjà présente sera ainsi reprofilée sur une largeur à la base de 4 mètres et jusqu'à une altitude de 2,6 mètres, altitude correspondant à celle du schorre supérieur. Les berges seront consolidées avec du génie végétal et le seuil sera muni d'un déversoir en pierre sur le talus côté sud de l'aboteau actuel afin d'éviter l'érosion. Le système de chenaux totalisera une longueur d'environ 500 mètres linéaires avec un volume d'excavation d'environ 350 m³. Le système de chenaux permettra de dissiper l'eau sur l'ensemble de la surface du marais recréé. Cet aménagement permettra d'assurer une connectivité avec les eaux de la marée à une fréquence estimée à 36 événements par année. Une pelle hydraulique d'une puissance de 84 à 120 kilowatts convient pour ce type de travail.

Le sol provenant de l'excavation sera soit étendu en une couche mince sur le pourtour des chenaux, soit enfoui sous le nouvel aboteau selon le protocole établi à la section 5.1.5 du présent rapport concernant les sols contaminés par le roseau commun. Les travaux seront réalisés sans aucun empiètement sur le marais actuel, soit sur l'ancien aboteau et au sud de ce dernier. Des plantes halophytes et saumâtres seront plantées l'année suivant les travaux afin de préalablement observer la dynamique naturelle du milieu (**Tableau 14** et **Figure 56**). Pour de plus amples détails techniques, le lecteur est invité à consulter les plans et devis.

Tableau 14. Détails de la végétalisation du marais reconstitué

Habitats	Actions	Types de semence et de plants	Superficie* en m ²
Marais reconstitué	Semis/plantation	Spartine pectinée/Carex paléacé	4 000
			4 000

*Estimation approximative de la superficie

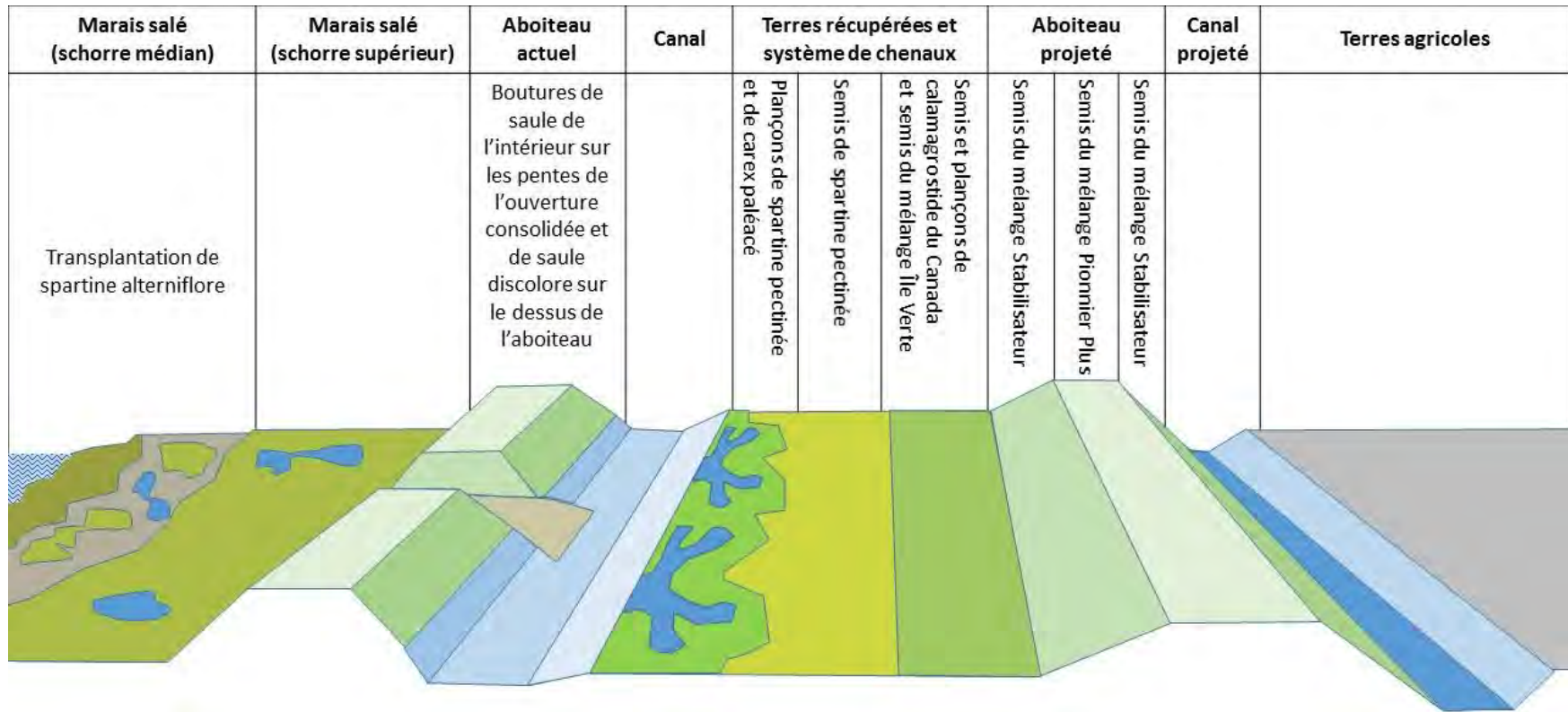


Figure 56. Schéma conceptuel transversal du marais reconstitué et de sa végétalisation

5.1.3. Revégétalisation des terres agricoles récupérées

Environ 7 800 m² de terres agricoles récupérées après la relocalisation de l'aboteau seront revégétalisées. Cet aménagement faunique est inspiré par la flore locale indigène et vise à recréer des zones de succession végétales entre la côte et le nouvel aboteau (**Tableau 15** et **Figure 57**). Des arbustes seront semés et plantés afin de recréer la frange riveraine arbustive et arborée. Des semences indigènes de calamagrostide du Canada et du mélange herbacé Île Verte³ seront aussi semés afin d'imiter la prairie sauvage semi-humide d'arrière-côte régionale derrière les plantes halophiles. La revégétalisation permettra également de freiner la progression du roseau commun (voir section 5.1.5.).

Tableau 15. Détails sur la revégétalisation des terres agricoles récupérées

Habitats	Actions	Types de semence et de plants	Superficie* en m ²
Terres agricoles récupérées	Semis et plantation	Saule discolor et de l'intérieur*	1 500
		Mélange Île Verte	4 000
		Calamagrostide du Canada	1 200
		Aulne rugueux*	400
		Épinette blanche*	700
			7 800

*Estimation approximative de la superficie

*Plantation également considérée comme action de contrôle du roseau commun

³ Référence : Aiglon Indigo, végétaux et semences indigènes

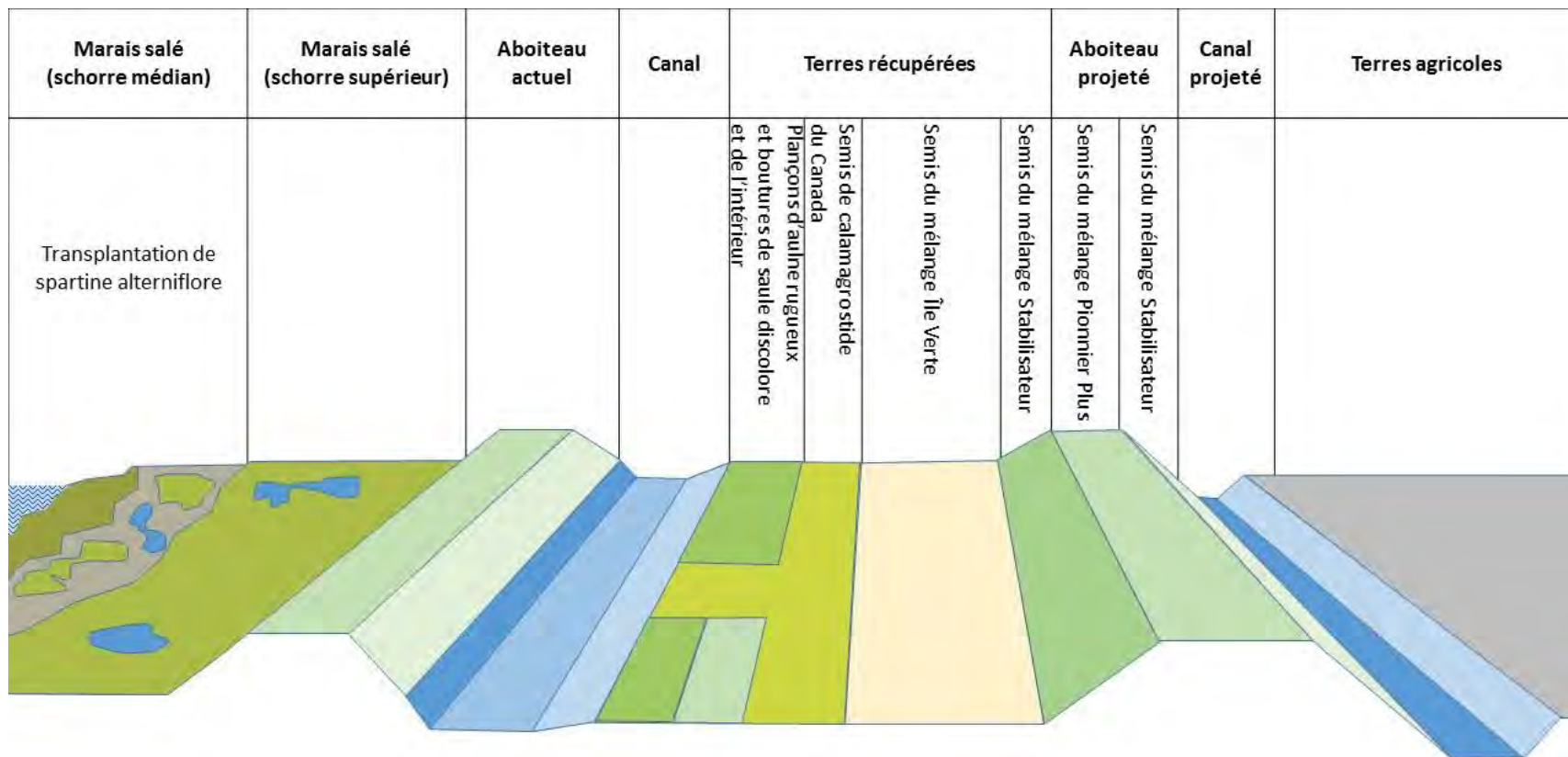


Figure 57. Schéma conceptuel transversal de la revégétalisation des terres agricoles récupérées

5.1.4. Transplantation de spartine alterniflore

Une plantation de spartine alterniflore totalisant une superficie d'environ 4 200 m² sera réalisée dans cinq zones de marais dégradées (**Tableau 16** et **Figure 58**). Ces travaux visent à recréer une connectivité au sein même du marais actuel, ainsi qu'entre ce dernier et le marais reconstitué sur les terres agricoles récupérées.

Environ 4 200 unités de plantation seront extraites de bancs donneurs se retrouvant non loin des zones de plantations. Les bancs donneurs sont constitués de spartine dense et continue. Chaque unité sera coupée à la pelle en mottes de 60 cm³ pour être déplacée à pied au moyen de brouettes de jardinage jusqu'aux sites de restauration et être plantée la journée même dans les secteurs dénudés. Les superficies de restauration choisies ne sont pas complètement dénudées, celles-ci contiennent déjà des zones éparses de végétation naturelle de spartine alterniflore. La plantation sera réalisée entre les plants déjà présents. Les déplacements lors des travaux seront concentrés sur des sentiers afin de diminuer le piétinement des plantes déjà en place.

Tableau 16. Détails de la transplantation de spartine alterniflore

Habitats	Actions	Type de plants	Superficie* en m ²
Schorre inférieur/médian (5 zones dégradées)	Transplantation	Spartine alterniflore	4 200
			4 200

*Estimation approximative de la superficie

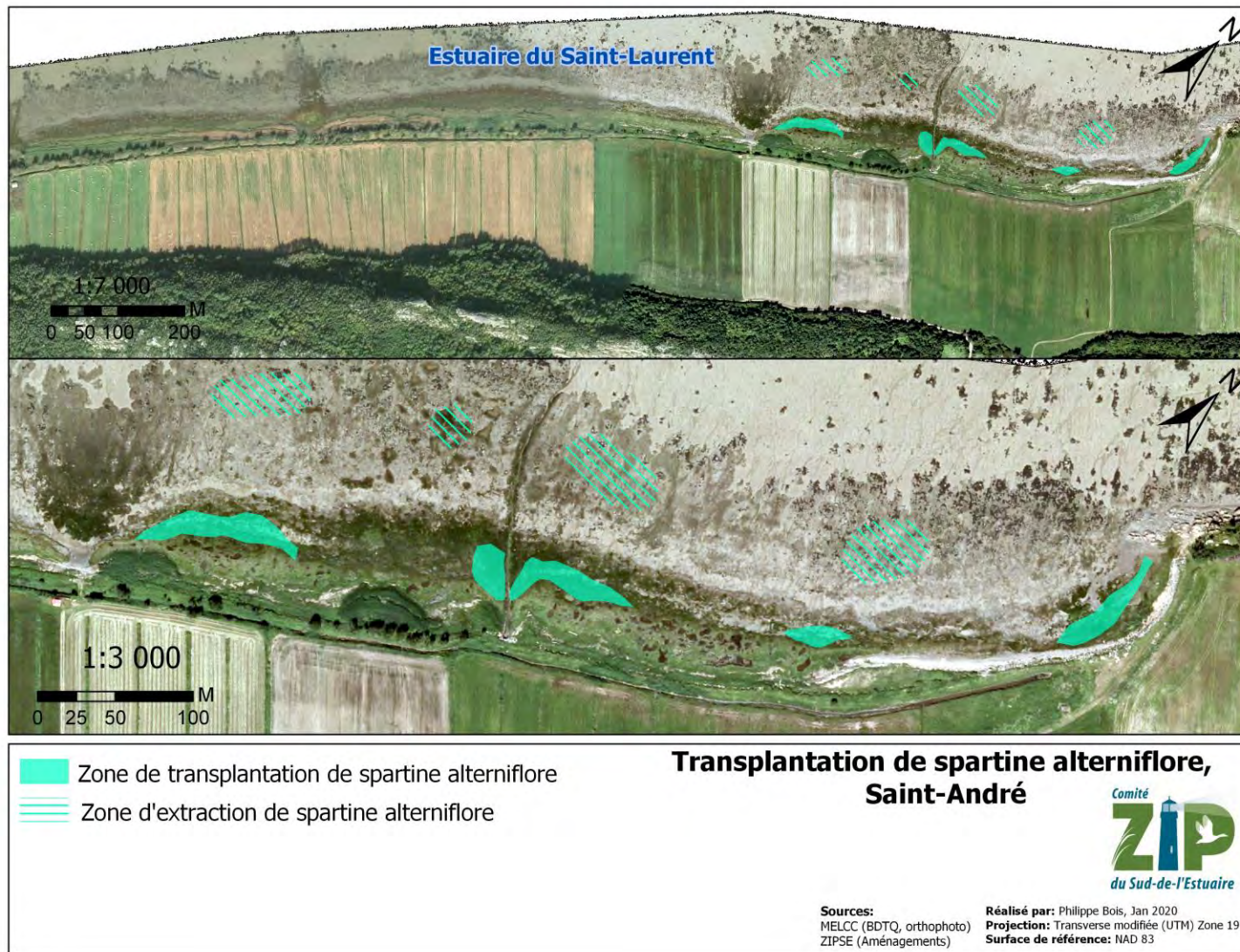


Figure 58. Localisation de la transplantation de spartine alterniflore

5.1.5. Contrôle du roseau commun

Dans l'aire de restauration projetée, la superficie couverte par les populations de roseau commun est estimée à 36 800 m². Les actions proposées ont pour principal objectif de circonscrire et freiner sa progression sur 19 400 m², soit environ 50% de sa superficie actuelle. Les actions de contrôle du roseau commun sont principalement articulées selon une stratégie à trois niveaux basés sur la gravité de la colonisation, le type d'habitats, la taille des colonies et les contraintes en ressources humaines et financières propres au projet (**Tableau 17** et **Figure 59**).

La cartographie du roseau commun révèle que la colonisation est variable sur la zone de restauration projetée, suivant un gradient de l'ouest vers l'est. À l'ouest, de grandes colonies sont étendues sur l'ensemble du marais et de l'aboteau, de part et d'autre du canal de drainage et sur les terres agricoles. À l'est, sa présence est limitée à de petites et moyennes colonies dispersées. Les actions de contrôle seront ainsi concentrées à l'est et au centre de l'aire de restauration.

À l'est, l'objectif est d'éradiquer certaines petites colonies situées sur le marais et les terres agricoles récupérées. Dans la zone centrale, l'objectif est de restreindre la progression du roseau commun de l'ouest vers l'est et du marais vers les terres agricoles. Enfin, à l'ouest, des mesures préventives seront employées ayant comme objectif de limiter sa propagation sur les terres agricoles récupérées. La végétalisation du nouvel aboteau décrite précédemment aura également comme objectif de diminuer le risque de son envahissement qui serait plus élevé sur un sol nu.

Selon la littérature actuelle et les différents spécialistes consultés, l'utilisation conjointe de différentes méthodes de traitement est souhaitable. Les techniques proposées pour contrôler le roseau commun sont : l'excavation, l'extraction manuelle, le bâchage, la tonte et la plantation d'ilots arbustifs à forte densité ci-après nommé haies « brise-roseau ».

Tableau 17. Détails des actions de contrôle du roseau commun

Habitats	Actions	Superficie* en m ²
Schorre supérieur	Tonte répétée	4 700
	Excavation	200
Aboiteau actuel	Bâchage	700
	Tonte répétée	1 400
	Plantation de haies « brise-roseau »	300
Aboiteau projeté	Plantation de haies « brise-roseau »	Voir tableau 13
	Végétalisation à l'aide de semis mélange Pionnier Plus et Stabilisateur	
Terres agricoles récupérées	Tonte répétée	10 000*
	Bâchage	1 700
	Plantation de haies « brise-roseau »	Voir tableau 15
	Bâchage avec plantation	200
	Excavation	200
		19 400

*Estimation approximative de la superficie

*Action préventive

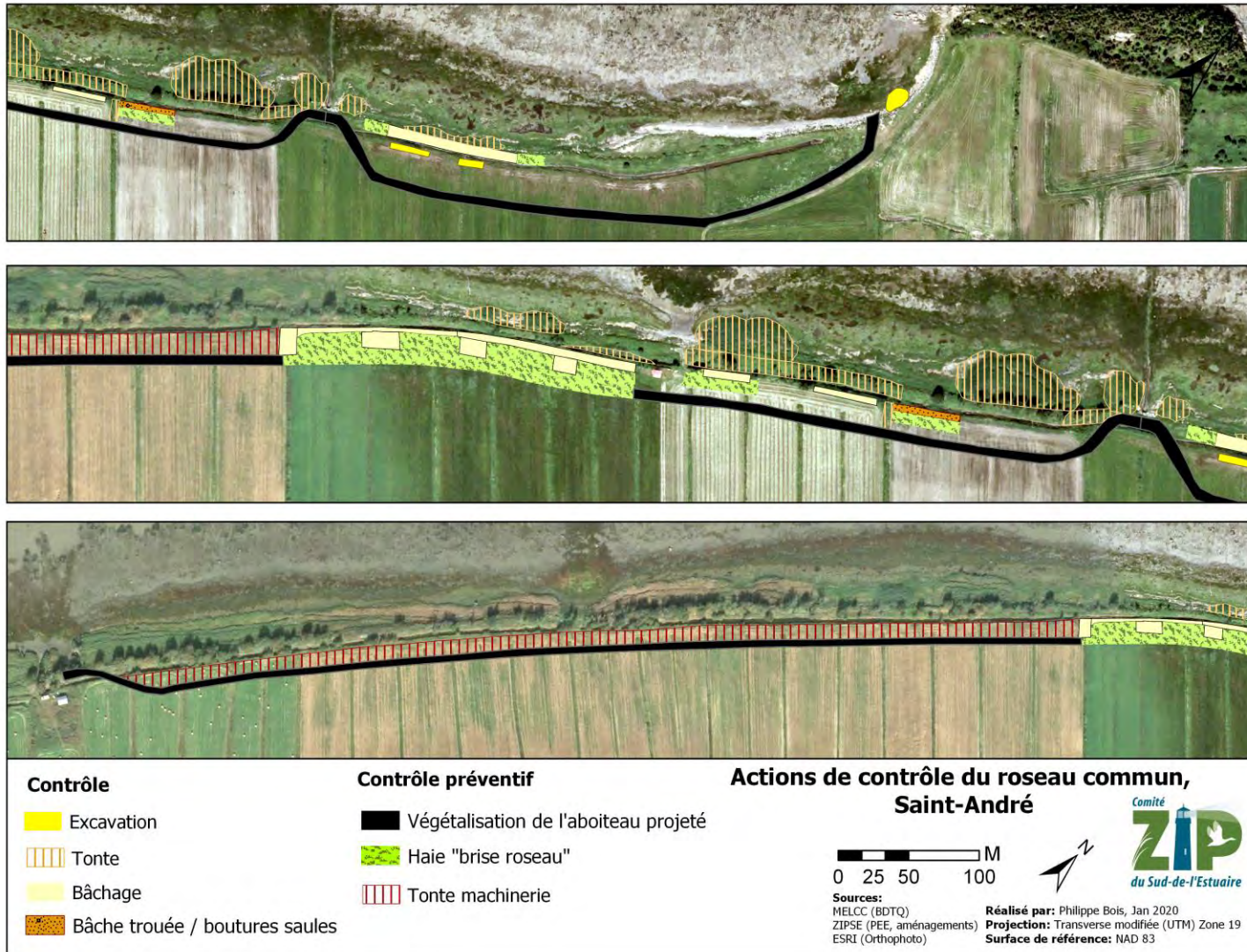


Figure 59. Localisation des actions de contrôle du roseau commun pour la zone à l'est (haut), au centre (centre) et à l'ouest (bas)

Détails des actions de contrôle du roseau commun

Excavation mécanique : L'excavation mécanique est proposée pour éradiquer trois colonies de roseau commun situées dans la zone est. L'excavation sera réalisée au même moment que les travaux de relocalisation de l'aboteau. La machinerie utilisée pour les travaux du nouvel aboteau sera celle utilisée pour l'excavation des colonies de roseau commun, soit une pelle hydraulique d'une puissance de 84 à 120 kilowatts.

Des précautions spécifiques seront prises pour éviter toute propagation du roseau commun durant la manipulation des sols contaminés par des résidus végétaux, dont les stolons et rhizomes. Les travaux d'excavation seront réalisés en tout temps sous la supervision d'un professionnel formé pour repérer et traiter adéquatement les résidus de roseau commun. La machinerie (chenille et godet) sera inspectée et lavée au besoin après toute excavation de sols contaminés. Le nettoyage sera effectué sur une toile pour récupérer les résidus végétaux, ce à distance suffisante des milieux humides, des plans d'eau et des cours d'eau. Les sols contaminés seront enfouis dans des fosses sous le nouvel aboteau, recouvert par un géotextile et d'au minimum un mètre de sol non contaminé. Selon la littérature, une épaisseur de sol non contaminé égale ou supérieure à 1 mètre empêche typiquement la repousse du roseau commun (Lavoie, 2019; Karathanos, 2015). Pour de plus amples détails techniques, le lecteur est invité à consulter les plans et devis.

Deux secteurs seront excavés :

1 – Une colonie d'une superficie d'environ 200 m² représentant un volume approximatif de 150 m³: Cette colonie est située sur le schorre supérieur à terrasse de plage soit près des niveaux de marées hautes moyennes. L'excavation s'effectuera à la suite de cinq tontes à la débroussailleuse de juillet à septembre 2020. Une extraction manuelle à la pelle des rhizomes, des stolons et des tiges du pourtour du clone accompagnera les travaux d'excavation mécanique afin d'éliminer les pousses éparses. L'excavation du sol contaminé sera effectuée sur environ 0,6 m à 1 m de profondeur afin d'atteindre l'ensemble des rhizomes. Un suivi mensuel sera réalisé et accompagné d'un contrôle manuel à la pelle d'éventuels rhizomes pouvant avoir échappés à l'excavation. Selon les résultats du suivi, la plantation de plantes halophytes sera réalisée l'année suivant les travaux.

2 - Deux colonies adjacentes totalisant une superficie d'environ 200 m² et représentant un volume de 167 m³: Ces colonies sont situées dans la zone est, au sud de l'ancien aboteau à proximité du canal de drainage. L'excavation s'effectuera à la suite de cinq tontes à la débroussailleuse de juillet à septembre 2020. Un suivi mensuel sera réalisé et accompagné d'un contrôle manuel à la pelle d'éventuels rhizomes pouvant avoir échappé à l'excavation. Selon les résultats du suivi, la plantation de plantes halophytes et saumâtres (voir section 5.1.2) et de semis sur le nouvel

aboiteau (voir section 5.1.3) sera réalisée l'année suivant les travaux. La végétalisation permettra à moyen et long terme d'offrir une compétition pour la lumière et l'absorption des nutriments à une éventuelle repousse du roseau commun (Lavoie, 2019; Karathanos, 2015).

Tontes répétées avant la floraison : La tonte répétée est proposée pour circonscrire certaines colonies de roseau commun. Selon la littérature, une tonte débutant avant la floraison et répétée toutes les deux semaines affaiblit le roseau commun et contribue à limiter sa propagation (Lavoie, 2019; Karathanos, 2015). Le matériel de coupe, la chaume, sera laissé sur place. Une chaume épaisse limite la germination alors que la probabilité qu'une tige aérienne coupée s'enracine sur un sol sec est faible (Lavoie, 2019; Karathanos, 2015).

Deux types de tonte sont proposés : la tonte manuelle et la tonte à l'aide de machinerie agricole. Des précautions seront prises pour éviter toute propagation. La machinerie agricole sera inspectée et lavée au besoin entre chaque site de tonte. Le nettoyage sera effectué de manière à limiter le transport de tiges et de graines, ce à distance suffisante des milieux humides, des plans d'eau et des cours d'eau

Tonte manuelle : Une débrouailleuse forestière (eg. Stihl FS 360 C-EM) muni d'un couteau à taillis sera utilisée pour réaliser les tontes manuelles. Les colonies ciblées sont situées dans la zone est et centre de l'aire de restauration projetée. Elles totalisent une superficie de 6 100 m². Une partie de ces colonies se retrouve sur le marais. La tonte se réalisera dans des périodes de marées de mortes-eaux pour éviter que le matériel soit transporté par les marées hautes et les courants.

Tonte à l'aide de machinerie agricole : Dans la zone ouest, le roseau commun a envahi l'ensemble du marais, l'aboiteau actuel et une frange de terre agricole en bordure du canal d'irrigation de l'aboiteau. Il est supposé que le sol des terres agricoles présentement cultivé, particulièrement l'extrême ouest, est colonisé par le roseau commun. L'abandon complet des pratiques culturales, dont le fauchage, sur les terres récupérées suite à la relocalisation de l'aboiteau laisse présager une propagation accélérée du roseau commun dans ce secteur, incluant éventuellement le nouvel aboiteau.

C'est en raison de la grande superficie à couvrir, totalisant environ 10 000 m², que l'utilisation de machinerie agricole est considérée. Un suivi sera réalisé afin de valider l'étendue du roseau commun sur les terres récupérées. Ces terres, plus hautes en altitude que dans la zone est et centre, pourraient éventuellement accueillir des îlots d'arbres et arbustes et des semis spécifiques en mesure de freiner la propagation du roseau commun.

Bâchage : Le bâchage est une technique reconnue afin de contrôler à court terme et éradiquer à moyen et long terme le roseau commun. Le bâchage proposé dans ce présent projet concerne une superficie d'environ 2 600 m². Cette technique sera utilisée sur les terres agricoles

récupérées situées dans la zone centrale afin de limiter la propagation du roseau commun dans la zone est. Les bâches seront installées au moment des travaux de relocalisation de l'aboteau.

La technique consiste à utiliser en couple un géotextile (p.ex. TEXEL Géoroute) et une géomembrane en polyéthylène résistante aux rayons UV (p.ex. CARENCE toile 5 MIL). Cette solution offre à la fois les propriétés mécaniques nécessaires tout en coupant l'apport en eau et en lumière nécessaire à la croissance. Les géotextiles et toiles seront par la suite lestés à l'aide de sac de sable pour en assurer la stabilité.

L'ensemble des travaux sera réalisé manuellement. Le transport des bâches et du matériel sera réalisé en VTT. Des précautions seront prises pour éviter toute propagation de tiges et graines de roseau commun. Les géotextiles et membranes seront retirés avant la fin du projet.

Haies « brise-roseau » : Des haies à forte densité d'arbustes et d'arbres seront plantées dans des secteurs stratégiques afin de freiner la propagation du roseau commun et ainsi le confiner aux zones qu'il domine déjà. Les haies « brise-roseau » seront notamment utilisées conjointement avec des bâches. Cette alternance bâche et haie « brise-roseau » permettra de limiter la propagation du roseau commun tout en assurant une reprise végétale sur les terres agricoles récupérées (**Figure 60**).

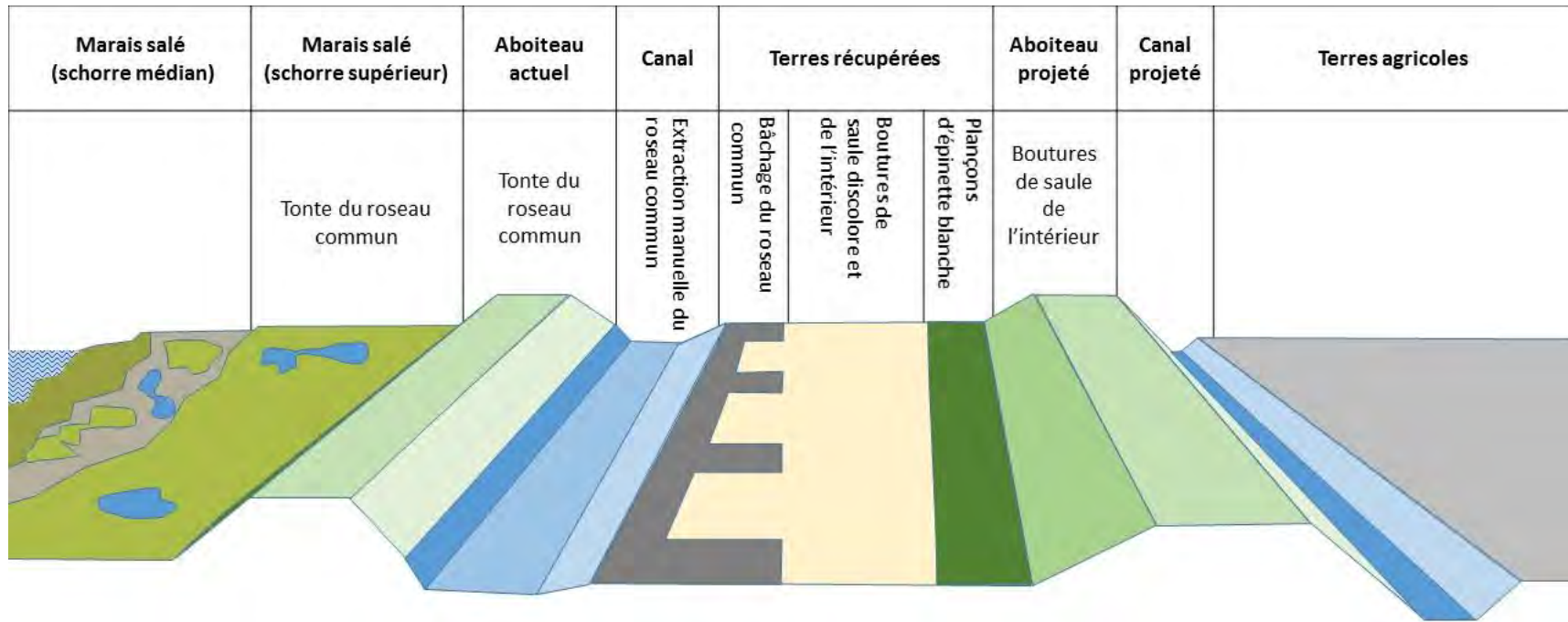


Figure 60. Schéma conceptuel transversal des actions de contrôle du roseau commun

Plusieurs dispositions aux caractéristiques différentes seront réalisées pour s'adapter au terrain. Par exemple, au centre, des polygones d'environ 10 mètres de largeur de bâche succèdera aux haies « brise-roseau ». Légèrement plus à l'est, un assemblage de bâches trouées avec boutures de saule sera utilisé sur une zone spécifique où un petit clone de roseau commun s'est installé sur la frange entre la terre agricole et le canal de drainage de l'aboiteau. La plantation de boutures de saule s'effectuera à une densité de 8 plants au m² en quinconce au 50 cm en trouant les bâches géotextiles sur 2 mètres de largeur à tous les 4 mètres (**Figure 61**).

Le mélange de semences « Pionniers Plus » complètera cette intervention sur l'aboiteau et en terres agricoles récupérées. Un suivi du dispositif sera réalisé manuellement afin de contrôler les repousses éventuelles de roseau commun.

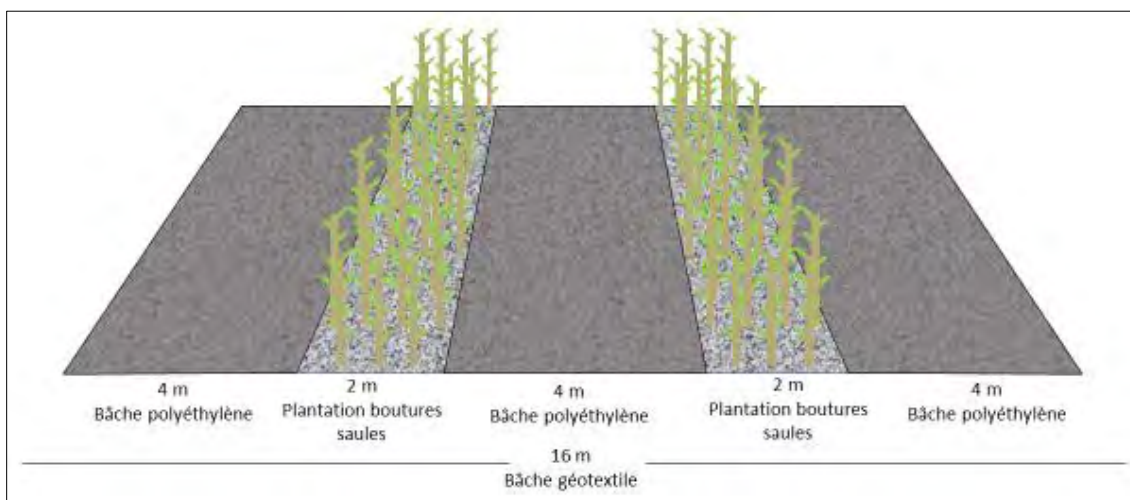


Figure 61. Dispositif de bâchage avec plantation

Contrôle manuel des tiges, des stolons et des rhizomes à la pelle : Un contrôle manuel à la pelle et au sécateur des tiges aériennes, des stolons et des rhizomes sera effectué sur des colonies de petites superficies et des plants épars. Le contrôle manuel sera réalisé spécifiquement le long des canaux de drainage et des raies de curage sur les terres agricoles récupérées où l'on observe la présence du roseau commun. Réalisée durant l'été, cette action permettra de réduire le risque de contamination du roseau commun lors des travaux de construction du nouvel aboiteau. Des incisions pratiquées dans le sol entre les tiges aériennes avec des pelles aiguës couperont les rhizomes qui les relient afin de les retirer avec les tiges arrachées ensuite (*Great Lakes Phragmites Collaborative*, 2017). Le matériel extrait sera traité selon plusieurs possibilités (séchage, brûlage, enfouissement, etc.) selon le cas. Il ne sera pas laissé sur place dans un milieu propice à son réenracinement.

5.1.6. Autres plantes exotiques envahissantes

La caractérisation de l'automne 2019 montre que d'autres espèces de plantes exotiques envahissantes sont présentes sur le site. Il s'agit de l'alpiste roseau (*Phalaris arundinacea*), de la salicaire commune (*Lythrum salicaria*), de l'échinochloa pied-de-coq (*Echinochloa crus-galli*), du chiendent commun (*Elymus repens*) et du gaillet mollugine (*Gallium mollugo*). Dans les faits, leur répartition est limitée et aucune de ces espèces n'envahissent la zone pour l'instant. Cela dit, leur éventuelle propagation sera à surveiller lors des suivis en 2021 et au-delà, si le projet se poursuit dans une phase II. Il serait alors possible de devoir en réaliser le contrôle manuel, surtout dans le cas du gaillet mollugine qui peut devenir très envahissant dans les friches et les prairies agricoles. L'alpiste roseau, pour l'instant localisé qu'à quelques endroits sur le site, sera aussi à surveiller. Il serait possiblement tondu au même moment que le roseau commun. Les plantations effectuées devraient offrir une compétition végétale vis-à-vis de ces espèces.

5.2. Calendrier des travaux et du suivi

Les actions de restauration et leurs suivis seront réalisés entre le printemps 2020 et l'automne 2021. Un calendrier provisoire est présenté au **Tableau 18**.

Tableau 18. Calendrier provisoire des actions de restauration

	2020				2021			
	Avril-Mai	Juin-Juillet	Aout-Sept	Oct-Nov	Avril-Mai	Juin-Juillet	Aout-Sept	Oct-Nov
Transplantation de spartine dans le marais	2 sem. plantation	1jour/mois suivi	1jour/mois suivi			1jour/mois suivi	1jour/mois suivi	
Contrôle Roseau commun	2 sem. Haie brise roseau	2sem/tonte 1 ^e et 2 ^e tonte Bâchage Extraction man.	2 sem. 3 ^e , 4 ^e 5 ^e tonte Extraction man.	1sem. Excavation Extraction man. Haie brise roseau		1 sem./mois suivi	1 sem./mois suivi	
Reconstitution marais				1 jour Ouverture/ canaux	1 sem. Semis/plantation			
Relocalisation de l'aboteau et sa végétalisation				3 jour Travaux aboteau	1 sem. Semis/plantation	1jour/mois suivi	1jour/mois suivi	
Revégétalisation des terres agricoles récupérés				1 sem. Semis/plantation	1 sem. Semis/plantation	1jour/mois suivi	1jour/mois suivi	

CONCLUSION

La frange côtière de Saint-André est riche au niveau faunique et floristique. Dans l'aire d'étude il a été observé que son intégrité est menacée par le roseau commun, le coincement côtier et l'érosion côtière. Le déplacement de la zone cultivée vers l'intérieur des terres et l'abandon de l'aboteau actuel offre des possibilités de regain d'habitat par sa renaturalisation et sa remise à la mer. La présence de poissons dans le canal de drainage de l'aboteau suggère que l'habitat du poisson se prolonge du marais aux terres agricoles. Ainsi, le Comité ZIPSE recommande un aménagement faunique sur une superficie de près de 5 ha qui se déclinent en cinq actions :

- Une relocalisation de l'aboteau et sa végétalisation sur une superficie de 11 200 m² ;
- Une reconstitution d'un marais d'une superficie de 4 000 m² en créant une ouverture consolidée dans l'aboteau abandonné accompagné par un système de chenaux et par une revégétalisation de plantes halophiles et saumâtres sur les terres agricoles récupérées;
- Une revégétalisation des terres agricoles récupérées à l'aide de semis et plantation sur 7 800 m²;
- Une transplantation de spartine alterniflore de 4 200 m² dans les zones dégradées du marais;
- Un contrôle du roseau commun sur 19 400 m².

Ces actions permettront de récupérer des habitats côtiers, convertis en terres agricoles suite à la construction de l'aboteau en 1986, pour ainsi doubler la superficie actuelle passant de 6 ha à 11 ha. Ce gain environnemental en quantité et en qualité contribuera à augmenter la capacité de résilience de l'ensemble de l'écosystème côtier à s'ajuster librement au gré des changements environnementaux actuels et à venir en redonnant l'espace de liberté au fleuve et à ses milieux humides permettant ainsi de maintenir la biodiversité du milieu.

De plus, l'amélioration de la connectivité entre les communautés végétales favorisera les déplacements fauniques, particulièrement au niveau de l'habitat du poisson. Le rétablissement de prairies saumâtres aura un impact positif sur les espèces d'oiseaux qui nichent dans cet habitat, particulièrement pour le bruant de Nelson ou le hibou des marais, toutes deux espèces à statut. Un aménagement écosystémique du côté agricole sera sans doute bénéfique pour bien d'autres espèces d'oiseaux également.

Des espèces terrestres en diminution comme l'alouette hausse-col ou en voie de rétablissement comme le dindon sauvage peuvent aussi tirer des bénéfices collatéraux d'une restauration d'habitat du poisson. De même, une restauration du marais saumâtre pourrait amener des bénéfices pour la cueillette de plantes de bord de mer comestible.

RÉFÉRENCES

(Consultées ou citées)

Arsenault, M., G. H Mittelhauser, D. Cameron, A. C. Dibble, A. Haines, S. C. Rooney et J. E. Weber, 2013. *Sedges of Maine. A field guide to Cyperaceae*. The University of Maine Press. Orono, Maine, États-Unis.

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.

Avibase, 2019. La base ornithologique mondiale. Recherche taxinomique. Disponible en ligne à <https://avibase.bsc-eoc.org/search.jsp?lang=FR&isadv=yes>.

Bachand, É., 2012. Restauration de la plage des Jésuites, Rivière-Ouelle. Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire. Rimouski, Québec, 26p.

Bachand, É., 2013. Restauration de la plage de la halte marine du Gros-Ruisseau, Sainte-Flavie. Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire. Rimouski, Québec, 25p.

Bazoges, A., D. Lachance et C. Villeneuve, 2015. Identification et délimitation des milieux humides du Québec méridional. Les Publications du Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la lutte contre les changements climatiques, Direction de l'expertise en biodiversité et Direction de l'aménagement et des eaux souterraines, 64 pages + annexes.

Bernatchez, P., Fraser, C., Friesinger, S., Jolivet, Y., Dugas, S., Drejza, S. 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. Rimouski, 256 p.

Bernatchez, P., Jolicoeur, S., Quintin, C., Savard, J.-P., Corriveau, M., O'carroll, S., Bérubé, D., Garneau, M., Chmura, G.L., Nguyen-Quang, T., Lieou, C.K., Torio, D., Van Ardenne, L., Sammari, H., et M. St-Pierre, 2016. Impacts des changements climatiques et des contraintes physiques sur le réajustement des écosystèmes côtiers (*coastal squeeze*) du golfe et de l'estuaire du Saint-Laurent (GESL) et évaluation des mesures d'atténuation de ces impacts. Rapport de recherche remis à Ouranos et Ressources naturelles Canada, mars 2016, 189 p. + annexe.

Bérubé, J., Marchand, J-P. et Y. Ropars, 2018. Projet de restauration du milieu côtier et d'aménagement d'habitats fauniques. Environnement Canada, Saint-Bruno, Québec. 170p.

BIOREX Inc., 1999. Caractérisation biophysique et des usages d'un secteur retenu pour la détermination d'une zone de protection marine dans l'estuaire du Saint-Laurent. Rapport produit pour le ministère des Pêches et des Océans Canada en collaboration avec le Groupe de recherche et d'éducation sur les mammifères marins (GREMM) et la Société Duvetnor ltée. Volume 1, 2 et 3. Pagination multiple.

Bousquet A., 2015. Lutte contre les plantes exotiques envahissantes dans la ZICO de Saint-Vallier. Organisme de bassins versants de la Côte-du-Sud. 36p.

- Boyer-Villemaire, U., Marie, G. et P. Bernatchez, 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. Disponible en ligne à <http://data.canadensys.net/vascan/>. Consulté à plusieurs reprises en septembre et octobre 2019.
- Centre Saint-Laurent, 1996. Rapport-synthèse sur l'état du Saint-Laurent. Volume 1 : L'écosystème du Saint-Laurent. Environnement Canada – région du Québec. Conservation de l'environnement – et Éditions MultiMondes, Montréal. Coll. BILAN Saint-Laurent.
- Chabot, Robert et A. Rossignol, 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.
- Chirol, C., I., Haigh, N., Pontee, C., Thompson et S., Gallop, 2018. *Parametrizing tidal creek morphology in mature saltmarshes using semi-automated extraction from lidar*. Journal : *Remote Sensing of Environment*. SP 291, EP 311, Volume 209. DO - 10.1016/j.rse.2017.11.012.
- Comité Flore québécoise de FloraQuebeca, 2009. Plantes rares du Québec méridional. Guide d'identification produit en collaboration avec le Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ). Les Publications du Québec, Québec. 406 p.
- Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPA), 2016. Statut des espèces. Disponible en ligne à : http://www.cosewic.gc.ca/fra/sct5/index_f.cfm.
- Comtois, S., Bachand, É. et J.-É. Joubert, 2015. Caractérisation du système côtier de l'Anse-du-Portage. Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire. Rimouski, Québec. 55p.
- Couillard, L. et P. Grondin, 1986. La végétation des milieux humides du Québec. Les publications du Québec, 400 p. ; Centre Saint-Laurent. Glossaire. Disponible en ligne à http://www.qc.ec.gc.ca/csl/glo/glo001_f.html.
- David, N., 1996. Liste commentée des oiseaux du Québec. Association québécoise des groupes d'ornithologues, 169 p.
- Dean, R.G. et R.A. Dalrymple, 2004. *Coastal processes: with engineering applications*. Cambridge, U.K. New York : Cambridge University Press, 475p.
- Derr, Jeffrey F., 2008. *Common Reed (Phragmites australis). Response to Mowing and Herbicide Application*. *Invasive Plant Science and Management*. 2008 1:12–16., January–March 2008.
- Desroches, J.-F. et I. Picard, 2013. Poissons d'eau douce du Québec et des maritimes. Éditions Michel Quintin. (guide d'identification).
- Dionne, J.-C. et M.-C. Bouchard, 2000. Nouvelles données sur l'érosion du schorre supérieur à Montmagny, moyen estuaire du Saint-Laurent. *Géographie physique du quaternaire*, vol. 54, n°2, 2000, p. 219-230. Disponible en ligne à <http://id.erudit.org/iderudit/004787ar>. DOI: 10.7202/004787ar.

- Dionne, J.C., 1986. Érosion récente des marais intertidaux de l'estuaire du Saint-Laurent, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 40(n. 3): p. 307-323.
- Dionne, J.-C., 2004. Âge et taux moyen d'accrétion verticale des schorres du Saint-Laurent estuarien, en particulier ceux de Montmagny et de Sainte-Anne-de-Beaupré, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 58 (1), 73–108. <https://doi.org/10.7202/013111ar>.
- Donaldson, G.M., C. Hyslop, R.I.G. Morrison, H.L. Dickson et I. Davidson (dir.), 2000. Plan canadien de conservation des oiseaux de rivage. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa (Ont.), 27 p.
- Douville, J., 2017. La pêche à l'anguille sur la Côte-du-Sud. Rabaska, *Revue d'ethnologie de l'Amérique française*, vol. 15: p. 43-64.
- Drejza, S., Friesinger, S. et P. Bernatchez, 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.
- eBird.org., 2019. Liste des espèces d'oiseaux observées pour la Zone importante pour la conservation des oiseaux (ZICO) de Kamouraska de 1900 à 2019. Histogramme d'observations d'oiseaux. Disponible en ligne à https://ebird.org/barchart?byr=1900&eyr=2019&bmo=1&emo=12&r=CA-QC_055.
- eFlora.org., 2004. Flora of North America, Liste taxonomique et recherche d'espèces. Disponible en ligne à http://www.efloras.org/flora_page.aspx?flora_id=1.
- Environnement Canada, 2018. Projet de restauration du milieu côtier et d'aménagement d'habitats faunique : Rapport de caractérisation écologique et géomorphologique du secteur de l'Anse-du-Portage. Saint-Bruno, 170p.
- Environnement Canada, 2016. Plan de gestion du Hibou des marais (*Asio flammeus*) au Canada [Proposition], Série de Plans de gestion de la *Loi sur les espèces en péril*, Environnement Canada, Ottawa, v + 38 p.
- 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.
- Équipe de rétablissement de l'éperlan arc-en-ciel, population du sud de l'Estuaire du Saint-Laurent, 2019. Plan de rétablissement de l'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*) au Québec, population du sud de l'estuaire du Saint-Laurent—2019-2029, produit pour le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, 40p.
- Etongué Mayer, R., Y. Roche et D. Moufao., 2002. Dictionnaire des termes géographiques contemporains. Guérin éditeur.
- Farrar, J. L., 2004. Les arbres du Canada, Service canadien des forêts et les éditions Fides.
- Fleurbec, 1985. Plantes sauvages du bord de la mer (guide d'identification), Fleurbec éditeur.
- Fleurbec, 1993. Fougère, prêles et lycopodes (guide d'identification), Fleurbec éditeur.

Fleurbec., 1987. Plantes sauvages des lacs, des rivières et des tourbières (guide d'identification), Fleurbec éditeur.

Flora of North America, Liste taxonomique et recherche d'espèces. Disponible en ligne à http://www.efloras.org/flora_page.aspx?flora_id=1.

FloraQuebeca., 2019. Clés d'identification. Disponible en ligne à <http://www.floraquebeca.qc.ca/florefamille/cles-didentification/>.

Fournier, A., Allard, M. et M. K.-Séguin, 1987. Typologie morpho-génétique des marelles du marais littoral de la baie de Kangiqsualujjuaq, estuaire du George, Québec nordique. Géographie physique et Quaternaire, vol. 41(n. 1): p. 47-64

Gagnon, M., 1998. Bilan régional - Rive sud de l'estuaire moyen du Saint-Laurent. Zones d'intervention prioritaire, p. 15, 16 et 17. p. 76.

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

Garneau, M., 1984. Cartographie phyto-écologique du territoire côtier Cacouna–Isle-Verte. Thèse de maîtrise, Département de géographie, Université Laval, 388 p.

Gauthier, J., et Y. Aubry (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.

Gendreau, B., 2016. Rapport d'activités 2016 sur l'aménagement et le suivi faunique du haut-marais de l'Isle-aux-Grues. Préparé pour le compte de : Conservation de la nature Canada. Automne, 2016.

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

Gratton, L., et collectif, 2007. Délimitation de la ligne des hautes eaux. Méthode botanique simplifiée. Les publications du Québec.

Great Lakes Phragmites Collaborative, 2017. Géré par la commission des Grands-Lacs. Disponible en ligne à <https://www.greatlakesphragmites.net/cs/management/httpgreatlakesphragmites-netcsmgtyymbolwood-beach-management/>.

Hemminga, M. A. et C. M. Duarte, 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, 36 p.

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

Joubert, J.-É. et É. Bachand, 2012. Un marais en changement, caractérisation du marais salé de la baie de Kamouraska. Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, Rimouski, Québec, 123 p. avec annexes.

Joubert, J.-É. et É. Bachand, 2019. Caractérisation biophysique du marais intertidal de Montmagny et restauration d'habitats côtiers vulnérables. Rapport de suivi de restauration 2018. Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire. Rapport final. Rimouski, janvier 2019.

Joubert, J.-É. et F. Bruaux, 2009. La baie de Rimouski : Des habitats côtiers en milieu urbain. Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, Rimouski, Québec, 167 p.

Joubert, J.-É., 2014. Inventaire des espèces végétales envahissantes littorales entre Pointe-au-Père et Notre-Dame-du-Portage. Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire. Travail réalisé pour la coordination du département sur les espèces floristiques exotiques envahissantes du Ministère du Développement durable de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques (MDDELCC).

Joubert, J.-É., 2015. Inventaire des espèces végétales envahissantes côtières entre Saint-Roch-des-Aulnaies et Cap Saint-Ignace. Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire. Travail réalisé pour la coordination du département sur les espèces floristiques exotiques envahissantes du Ministère du Développement durable de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques (MDDELCC).

Joubert, J.-É., 2016a. Inventaire des oiseaux de rivage dans la réserve nationale de faune de Pointe-au-Père à l'automne 2015. Soumis à Environnement et Changement climatique Canada – Région du Québec. Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire. Janvier 2016. Rapport technique. 44 pages + annexes.

Joubert, J.-É., 2016b. Inventaire des plantes exotiques envahissantes côtières entre Berthier-sur-Mer et Cap Saint-Ignace. Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire. Travail réalisé pour la coordination du département sur les espèces floristiques exotiques envahissantes du Ministère du Développement durable de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques (MDDELCC).

Joubert, J.-É., 2017. Suivi des plantes exotiques envahissantes côtières entre Pointe-au-Père et Notre-Dame-du-Portage. Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire. Travail réalisé pour la coordination du département sur les espèces floristiques exotiques envahissantes du Ministère du Développement durable de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques (MELCC).

Joubert, J.-É., 2018. Suivi des plantes exotiques envahissantes entre Saint-Roch-des-Aulnaies et Cap Saint-Ignace. Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire. Travail réalisé pour la coordination du département sur les espèces floristiques exotiques envahissantes du Ministère de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques (MELCC).

Joubert, J.-É., 2018. Suivi écologique des limicoles à la réserve nationale de faune de la Baie-de-l'Isle-Verte en 2017. Rapport technique. Présenté à Environnement et Changements climatiques Canada. Par le comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire (non publié).

Joubert, J.-É., 2019. Suivi des plantes exotiques envahissantes côtières entre Berthier-sur-Mer et Cap Saint-Ignace. Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire. Travail réalisé pour la coordination du département sur les espèces floristiques exotiques envahissantes du Ministère de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques (MELCC).

Joubert, J.-É., Bachand, É. et A. Fournier, 2017. Caractérisation biophysique du marais à scirpe de Montmagny. Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, Rimouski. 74 pages + annexes.

Joubert, J.-É., Bachand, É., Bois, P. et C. Hubert, 2018. Caractérisation biophysique du marais intertidal de Montmagny et restauration d'habitats côtiers vulnérables. Rapport de suivi de restauration 2017. Avril 2018. Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, Rimouski, Québec.

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

Juneau, M.-N. Bachand, É. 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.

Karathanos S., 2015. Lutte intégrée au roseau commun : prévention, confinement et éradication. Institut de recherche en biologie végétale (IRBV). Département de sciences biologiques; Faculté des arts et des sciences. Mémoire de maîtrise. Université de Montréal.

La Cabottine, 2019. Saveurs Indigènes. Disponible en ligne à <https://lacabottine.ca/>.

Landry, L.-M., 2013. Les espèces floristiques typiques des milieux humides du Québec, répertoire photographique des principales espèces. En ligne. FloraQuebeca, mai 2013.

Lapointe, M., 2014. Plantes de milieux humides et de bord de mer du Québec et des Maritimes. Guide d'identification. Éditions Michel Quintin.

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.

Lavoie, C. 2019. 50 Plantes envahissantes, Protéger la nature et l'agriculture. Les Publications du Québec.

Les Jardins de la mer, 2019. Plantes sauvages des battures. Disponible en ligne à <http://www.lesjardinsdelamer.org/>.

Marie-Victorin, (Frère), 1995. La Flore laurentienne, 3^{ième} édition. Presses de l'Université de Montréal.

Massé, H. et Leclerc, J., 2008. Guide révisé d'identification des Catostomidés du Québec.

Massé, H. et Leclerc, J., 2015. Clef d'identification des cyprinidés du Québec. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. Longueuil, Québec. 24 p. + Clef des cyprinidés adultes du Québec de Jean-René Mongeau. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune. Longueuil.

Massé, H. et Grondin, P., 2017. Clef d'identification des clupéidées du Québec. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. Longueuil, Québec. 18 p.

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.

Ministère de la Faune des Forêts et des Parcs du Québec (MFFP), 2019. Gouvernement du Québec. Liste des espèces désignées comme menacées ou vulnérables au Québec. Disponible en ligne à <https://www3.mffp.gouv.qc.ca/faune/especes/menacees/liste.asp>.

Nature Québec., 2019. Biodiversité. Les ZICO du Québec. Kamouraska. Disponible en ligne à <https://www.ibacanada.ca/site.jsp?lang=FR&siteID=QC055>.

Newcomb, L., 1983. Guide des Fleurs sauvages du Québec et de l'Est de l'Amérique du Nord. Broquet.

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

Nozères, C., 2017. Poissons marins du Saint-Laurent : un photoguide. Estuaire et nord du golfe / *Marine fishes of the St. Lawrence: a photoguide. Estuary and Northern Gulf*. Version 2017-03-05, 167 p + vi

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

Ouellet, M. et Randall, B., 2014. Plantes exotiques envahissantes à Kamouraska; sensibilisation, inventaire et cartographie. Organisme de bassins versants de Kamouraska, L'Islet et Rivière-du-Loup et Municipalité de Kamouraska. Kamouraska, Québec, 86 p.

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.

Pêches et Océans Canada, 2010. Rapport sur les progrès de la mise en œuvre du programme de rétablissement du bar rayé (*Morone saxatilis*) population du fleuve Saint-Laurent au Canada pour la période 2011-2016 de la série de rapports sur les programmes de rétablissement prévue dans la Loi sur les espèces en péril. Pêches et Océans Canada, Ottawa, v + 30 p.

Taille à la maturité sexuelle et caractéristiques des captures de la pêche à la limande à queue jaune et la plie rouge aux îles-de-la-Madeleine. Secr. can. de consult. sci. De Pêches et Océans Canada. Rép. des Sci. 2009/020.

Pêches et Océans Canada, 2017. Protocole d'échantillonnage. Acquisition de connaissances sur la zosténaie de la baie de Cacouna. Document de travail. Proposé par Pêches et Océans Canada. Pour les besoins de Cégep de La Pocatière dans le cadre du cours de Gestion et caractérisation des écosystèmes marins.

Pelletier, A.-M., Bourget, G., Legault, M. et G. Verreault, 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. et É. Bachand, 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.

Quintin, C. et Bernatchez, P., 2016. Potentiel de migration des écosystèmes côtiers meubles québécois de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent dans le contexte de la hausse appréhendée du niveau de la mer. *Le Naturaliste Canadien*, vol. 140, n2, p.91-104.

Registre public des espèces en périls au Canada, 2011. Gouvernement du Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Disponible en ligne à https://faune-especes.canada.ca/registre-especes-peril/sar/index/default_f.cfm.

Robert, M., M.-H. Hachey, D. Lepage et A. R. Couturier (dir.), 2019. Deuxième atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional. Regroupement QuébecOiseaux, Service canadien de la faune (Environnement et Changement climatique Canada) et Études d'Oiseaux Canada. Montréal, xxv + 694 p.

Robitaille, J., M. Bérubé, A. Gosselin, M. Baril, J. Beauchamp, J. Boucher, S. Dionne, M. Legault, Y. Mailhot, B. Ouellet, P. Sirois, S. Tremblay, G. Trencia, G. Verreault et D. Villeneuve, 2011. Programme de rétablissement du bar rayé (*Morone saxatilis*), population de l'estuaire du Saint-Laurent, Canada. Série des programmes de rétablissement publiés en vertu de la Loi sur les espèces en péril. Ottawa, Pêches et Océans Canada, xi + 52 p.

Rompré, G., Page, A. et F. Shaffer, 1998. *Status Report on Nelson's Sharp-Tailed Sparrow *Ammodramus nelsoni* in Canada*. Rapport présenté au Comité sur la situation des espèces en péril du Canada, 26p.

Savard, J., Bernatchez, P., Morneau, F., Saucier, F., Gachon, P., Senneville, S., 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. (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 R. Villeneuve, 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., 2016. *The Sibley Field Guide to Birds of Eastern North America: Second Edition*.

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

Stroud, D., A. Baker, D. Blanco et N. Davidson, 2006. *The conservation and population status of the world's waders at the turn of the millennium*. Waterbirds around the world. Boere G.C., Galbraith C.A., Stroud D.A. et al (eds). The Stationery Office, Edinburgh, p.643-648.

Thomas, G.H., Lanctot, R.B., et T. Székely, 2006. *Population declines in North American shorebirds: ecology, life-history and sexual selection*. Waterbirds around the world. Eds. Boere, G.C., Galbraith, C.A. et D.A. Stroud. The Stationery Office, Edinburgh, UK, p. 207-208.

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 + 28 p.

Turcotte, Y., 2014. Inventaire du Bécasseau maubèche et du Pluvier argenté des secteurs de Cacouna et de Kamouraska/St-Denis au cours de la migration automnale 2013. Rapport technique. Cégep de La Pocatière, La Pocatière, viii + 29 p.

Veillette, J.J., Cloutier, M., Paradis, S.J., Hétu, B., Cloutier, C.-A., Houde-Poirier, M. et T. Buffin-Bélanger, 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. Liste de toutes les plantes et algues identifiées

Nom latin	Nom français
<i>Achillea millefolium</i>	achillée millefeuille
<i>Alnus incana subsp. rugosa</i>	aulne rugueux
<i>Amelanchier sp.</i>	amélanchier sp.
<i>Anaphalis margaritacea</i>	immortelle blanche
<i>Angelica lucida</i>	angélique brillante
<i>Arctium lappa</i>	grande bardane
<i>Artemisia vulgaris</i>	armoise vulgaire
<i>Ascophyllum nodosum</i>	ascophylle noueuse
<i>Atriplex prostrata</i>	arroche hastée
<i>Betula papyrifera</i>	bouleau à papier
<i>Bidens hyperborea</i>	bident hyperboréal
<i>Bolboschoenus maritimus</i>	scirpe maritime
<i>Bromus inermis</i>	brome inerme
<i>Cakile edentula</i>	caquillier édentulé
<i>Calamagrostis breviligulata subsp. breviligulata</i>	ammophile à ligule courte
<i>Calamagrostis canadensis</i>	calamagrostide du Canada
<i>Carex crinita</i>	carex crépu
<i>Carex paleacea</i>	carex paléacé
<i>Chamaenerion angustifolium</i>	épilobe à feuilles étroites
<i>Cirsium vulgare</i>	chardon vulgaire
<i>Claytosmunda claytoniana</i>	osmonde de Clayton
<i>Cornus stolonifera</i>	cornouiller stolonifère
<i>Doellingeria umbellata</i>	aster à ombelles
<i>Echinochloa crus-galli</i>	échinochloa pied-de-coq
<i>Elymus repens</i>	chiendent commun
<i>Enteromorpha sp.</i>	entéromorphe sp.
<i>Epilobium ciliatum</i>	épilobe cilié
<i>Euphrasia nemorosa</i>	euphrase des bois
<i>Euthamia graminifolia</i>	verge d'or à feuilles de graminée
<i>Eutrochium maculatum var. maculatum</i>	eupatoire maculée
<i>Fragaria sp.</i>	fraisier sp.
<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	frêne rouge
<i>Fucus spiralis</i>	fucus spiralé
<i>Galeopsis tetrahit</i>	galéopside à tige carrée
<i>Galium mollugo</i>	gaillet mollugine
<i>Halerpestes cymbalaria</i>	renoncule cymbalaire
<i>Heracleum maximum</i>	berce laineuse

Nom latin	Nom français
<i>Honckenya peploides</i>	honckénye faux-pourpier
<i>Hordeum jubatum</i>	orge queue-d'écureuil
<i>Impatiens capensis</i>	impatiente du Cap
<i>Juncus balticus</i>	jonc de la Baltique
<i>Juncus bufonius</i>	jonc des crapauds
<i>Juncus gerardi</i>	jonc de Gérard
<i>Lathyrus japonicus</i>	gesse maritime
<i>Leymus mollis subsp. mollis</i>	élyme des sables d'Amérique
<i>Limonium carolinianum</i>	limonium de Caroline
<i>Linaria vulgaris</i>	linaire vulgaire
<i>Lolium arundinaceum</i>	fétuque élevée
<i>Lotus corniculatus</i>	lotier corniculé
<i>Lycopus americanus</i>	lycope d'Amérique
<i>Lycopus europaeus</i>	lycope d'Europe
<i>Lysimachia maritima</i>	glaux maritime
<i>Lythrum salicaria</i>	salicaire commune
<i>Maianthemum stellatum</i>	smilacine étoilée
<i>Matteuccia struthiopteris</i>	matteuccie fougère-à-l'autruche
<i>Medicago sativa</i>	luzerne cultivée
<i>Melilotus albus</i>	mélilot blanc
<i>Onoclea sensibilis</i>	onoclée sensible
<i>Panicum virgatum</i>	panic raide
<i>Phalaris arundinacea</i>	alpiste roseau
<i>Phleum pratense</i>	fléole des prés
<i>Phragmites australis subsp. australis</i>	roseau commun
<i>Pilosella aurantiaca</i>	épervière orangée
<i>Plantago major</i>	plantain majeur
<i>Plantago maritima</i>	plantain maritime
<i>Poa sp.</i>	pâturin sp.
<i>Populus balsamifera</i>	peuplier baumier
<i>Populus tremuloides</i>	peuplier faux-tremble
<i>Potentilla anserina</i>	potentille ansérine
<i>Prunus virginiana</i>	cerisier de Virginie
<i>Raphanus raphanistrum</i>	radis sauvage
<i>Ribes hirtellum</i>	groseillier hérissé
<i>Rorippa palustris</i>	rorippe des marais
<i>Rosa blanda</i>	rosier inerme
<i>Rosa rugosa</i>	rosier rugueux
<i>Rubus idaeus</i>	framboisier rouge
<i>Rumex sp.</i>	patience sp.
<i>Ruppia maritima</i>	ruppie maritime
<i>Salicornia sp.</i>	salicorne sp.

Nom latin	Nom français
<i>Salix sp.</i>	saule sp. (arbuste)
<i>Sambucus racemosa subsp. pubens</i>	sureau rouge
<i>Sanguisorba canadensis</i>	sanguisorbe du Canada
<i>Schoenoplectus pungens</i>	scirpe piquant
<i>Scirpus sp.</i>	scirpe sp.
<i>Scorzoneroïdes autumnalis</i>	liondent d'automne
<i>Silene latifolia</i>	silène blanc
<i>Silene vulgaris</i>	silène enflé
<i>Solanum dulcamara</i>	morelle douce-amère
<i>Solidago canadensis</i>	verge d'or du Canada
<i>Solidago hispida</i>	verge d'or hispide
<i>Solidago sempervirens</i>	verge d'or toujours verte
<i>Sonchus arvensis</i>	laiteron des champs
<i>Sorbus sp.</i>	sorbier sp.
<i>Spergularia salina</i>	spergulaire des marais salés
<i>Spiraea alba var. latifolia</i>	spirée à larges feuilles
<i>Sporobolus alterniflorus</i>	spartine alterniflore
<i>Sporobolus michauxianus</i>	spartine pectinée
<i>Sporobolus pumilus</i>	spartine étalée
<i>Stachys palustris</i>	épière des marais
<i>Symphotrichum puniceum</i>	aster ponceau
<i>Symphotrichum subulatum var. subulatum</i>	aster subulé
<i>Taraxacum officinale</i>	pissenlit officinal
<i>Thelypteris palustris</i>	thélyptère des marais
<i>Trifolium pratense</i>	trèfle rouge
<i>Triglochin maritima</i>	troscart maritime
<i>Urtica dioica</i>	ortie dioïque

Annexe 2. Paramètres physico-chimiques de l'eau enregistrés sur la zone d'étude en septembre et octobre 2019 durant l'inventaire ichtyologique

Date	Id	Engin utilisé	Latitude	Longitude	Heure	Habitat	Température	pH	Salinité (%)	Conductivité (S/cm)	Hauteur de la marée (m)	Stade de marée
2019-10-08	SE1-1	senne	47,717841	-69,686481	12:56	Schorre inférieur	12,76	7,96	13,8	22,79	4,2	haute
2019-10-08	SE1-2	senne	47,717516	-69,686826	13:05	Schorre inférieur	12,76	7,96	13,8	22,79	4,2	haute
2019-10-08	SE2-1	senne	47,717522	-69,686988	13:16	Schorre inférieur	12,76	7,96	13,8	22,79	4,2	haute
2019-10-08	SE2-2	senne	47,717133	-69,687321	13:25	Schorre inférieur	12,76	7,96	13,8	22,79	4,2	haute
2019-10-08	SE3-1	senne	47,717117	-69,687591	13:42	Schorre inférieur	12,76	7,96	13,8	22,79	4,2	haute
2019-10-08	SE3-2	senne	47,716911	-69,687937	13:50	Schorre inférieur	12,76	7,96	13,8	22,79	4,2	haute
2019-10-08	VERV-1	verveux	48,449768	-68,532215	18:10	Slikke	12,76	7,96	13,8	22,79	2,5	descendante
2019-10-09	VERV-2	verveux	48,449768	-68,532215	06:10	Slikke	12,41	0,14	13,62	22,52	2,6	descendante
2019-10-09	BOUR-1	bourolle	47,720124	-69,679953	09:50	Canal	11,13	7,26	13,15	21,82	Na	Na
2019-10-09	BOUR-2	bourolle	47,715916	-69,687644	09:35	Marelle	11,23	7,10	19,72	31,65	Na	Na
2019-10-09	BOUR-3	bourolle	47,717517	-69,685337	11:04	Canal	11,8	6,93	12,19	20,3	Na	Na
2019-10-09	BOUR-4	bourolle	47,718729	-69,683028	10:27	Marelle	10,9	7,18	19,55	31,53	Na	Na
2019-10-09	SE1-1	senne	47,718299	-69,686108	13:27	Schorre inférieur	12,41	0,14	13,62	22,52	4	montante
2019-10-09	SE1-2	senne	47,718075	-69,686374	13:31	Schorre inférieur	12,41	0,14	13,62	22,52	4	montante
2019-10-09	SE2-1	senne	47,717908	-69,686353	13:49	Schorre inférieur	12,41	0,14	13,62	22,52	4,4	montante
2019-10-09	SE2-2	senne	47,717633	-69,686757	13:55	Schorre inférieur	12,41	0,14	13,62	22,52	4,4	montante
2019-10-09	SE3-1	senne	47,717535	-69,686852	14:15	Schorre inférieur	12,41	0,14	13,62	22,52	4,4	haute
2019-10-09	SE3-2	senne	47,717223	-69,687319	14:26	Schorre inférieur	12,41	0,14	13,62	22,52	4,4	haute
2019-10-09	VERV-3	verveux	48,449768	-68,532215	18:56	Slikke	12,41	0,14	13,62	22,52	2,3	descendante
2019-10-10	BOUR-5	bourolle	47,719057	-69,682122	09:45	Marelle	8,72	7,36	20,05	32,2	Na	Na
2019-10-10	BOUR-6	bourolle	47,717425	-69,685567	10:00	Marelle	10,4	7,25	19,52	31,5	Na	Na
2019-10-10	BOUR-7	bourolle	47,715117	-69,688728	10:21	Canal	9,4	7,21	12,71	21,18	Na	Na
2019-10-10	BOUR-8	bourolle	47,714135	-69,690115	10:34	Canal	10,13	7,30	11,33	19,3	Na	Na
2019-10-10	SE1-1	senne	47,71601	-69,688589	14:15	Schorre inférieur	12,13	7,86	13,27	21,96	4,4	montante
2019-10-10	SE1-2	senne	47,716277	-69,688426	14:22	Schorre inférieur	12,13	7,86	13,27	21,96	4,4	montante
2019-10-10	SE2-1	senne	47,716339	-69,688189	14:38	Schorre inférieur	12,13	7,86	13,27	21,96	4,4	montante
2019-10-10	SE2-2	senne	47,716304	-69,687647	14:46	Schorre inférieur	12,13	7,86	13,27	21,96	4,7	montante
2019-10-10	SE3-1	senne	47,716605	-69,687887	15:00	Schorre inférieur	12,13	7,86	13,27	21,96	4,7	haute
2019-10-10	SE3-2	senne	47,716782	-69,687695	15:07	Schorre inférieur	12,13	7,86	13,27	21,96	4,7	haute

*Les valeurs de pH enregistrées le 10 octobre entre 13h27 et 18h56 (0,14) sont erronées en raison de la calibration de la sonde.

Annexe 3. Espèces et nombres d'oiseaux de toutes les espèces observées sur la zone d'étude en septembre et octobre 2019

Nom français	Nom latin	2019-09-17	2019-09-18	2019-10-08	2019-10-09	2019-10-10
Oie des neiges	<i>Chen caerulescens</i>	32		423	2000	200
Bernache du Canada	<i>Branta canadensis</i>	134		62		20
Canard noir	<i>Anas rubripes</i>	4	20	2	3	
Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>		2			
Garrot à œil d'or	<i>Bucephala clangula</i>			2		
Eider à duvet	<i>Somateria mollissima</i>		4	7		
Dindon sauvage	<i>Meleagris gallopavo</i>		5			
Grèbe jougris	<i>Podiceps grisegena</i>			1		
Pluvier semipalmé	<i>Charadrius semipalmatus</i>	2	2	2	5	3
Bécasseau minuscule	<i>Calidris minutilla</i>		1			
Bécasseau à poitrine cendrée	<i>Calidris melanotos</i>			4	2	
Bécassine de Wilson	<i>Gallinago delicata</i>					1
Goéland à bec cerclé	<i>Larus delawarensis</i>	2		27	15	
Plongeon huard	<i>Gavia immer</i>			1	2	
Plongeon catmarin	<i>Gavia stellata</i>				1	
Cormoran à aigrettes	<i>Phalacrocorax auritus</i>	3	30	2	4	
Grand héron	<i>Ardea herodias</i>	1	2	3		
Urubu à tête rouge	<i>Cathartes aura</i>	1				
Busard des marais	<i>Circus hudsonius</i>	1	3	2	2	
Pygargue à tête blanche	<i>Haliaeetus leucocephalus</i>	1	2			
Petite buse	<i>Buteo platypterus</i>		2			
Buse à queue rousse	<i>Buteo jamaicensis</i>		1			
Martin-pêcheur d'Amérique	<i>Megaceryle alcyon</i>	1				
Pic mineur	<i>Picoides pubescens</i>	2	2			
Pic chevelu	<i>Picoides villosus</i>	1	2		1	
Pic flamboyant	<i>Colaptes auratus</i>	1			1	
Faucon émerillon	<i>Falco columbarius</i>	2	1			
Crécerelle d'Amérique	<i>Falco sparverius</i>					1
Geai bleu	<i>Cyanocitta cristata</i>	5			5	
Corneille d'Amérique	<i>Corvus brachyrhynchos</i>	5	33	15	145	4
Grand corbeau	<i>Corvus corax</i>	3	3	2		3
Pipit d'Amérique	<i>Anthus rubescens</i>	7				
Chardonneret jaune	<i>Spinus tristis</i>		9			
Bruant des prés	<i>Passerculus sandwichensis</i>	3	14	1	5	
Bruant chanteur	<i>Melospiza melodia</i>	2	16	8	27	6
Paruline masquée	<i>Geothlypis trichas</i>	1	7			
Paruline à croupion jaune	<i>Setophaga coronata</i>	2	12	4		
Alouette hausse-col	<i>Eremophila alpestris</i>	77	45	72	25	15

Annexe 4. Signatures de la caractérisation biophysique.

A handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, overlapping loops and a long horizontal stroke at the end.

Étienne Bachand, Géomorphologue M. SC

A handwritten signature in black ink, featuring the name 'Pothier' in a cursive script above a long, straight horizontal line.

Jonathan Pothier, Biologiste