



Rapport de caractérisation : Les marais littoraux d'importance à Longue- Rive

Novembre 2023





**Pêches et Océans
Canada**

**Fisheries and Oceans
Canada**

© **Comité ZIP de la Rive Nord de l'Estuaire (Comité ZIP RNE)**

Site web : www.zipnord.qc.ca

Tél. : 418 296 0404

31, avenue Marquette

G4Z 1K4, Baie-Comeau, QC, Canada

Imprimé au Canada

Référence à citer :

Desrochers, V., Quiéc, F., Marée, S., D'Amours-Leclerc, F., et Maltais, M.K. (2023). *Rapport de caractérisation : Les marais littoraux d'importance à Longue-Rive*. Comité ZIP de la Rive Nord de l'Estuaire. Baie-Comeau, Québec. 145p. + Annexes.

ÉQUIPE DE RÉALISATION

COMITÉ ZIP DE LA RIVE NORD DE L'ESTUAIRE

Marie Karine Maltais	Directrice générale
Valérie Desrochers	Coordonnatrice de projets
Clothilde Saint-Marc	Chargée de projets
Sylvain Marée	Agent de projet
Maelle Bourguignat	Responsable terrain
Frédéric D'Amours-Leclerc	Technicien en environnement
Sylvain Collier	Technicien en environnement
Alexandra Kateb	Stagiaire

INTERVENANTS DU MILIEU

Derek Lynch	Botaniste
Florian Quiec	Technicien en géomatique
Yannick Duguay	Chef de pratique en télédétection et imagerie satellitaire, Centre de géomatique du Québec (CGQ)
Yves Laurencelle	Responsable du développement économique et de l'urbanisme, Municipalité de Longue-Rive

TABLE DES MATIERES

ÉQUIPE DE RÉALISATION	ii
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES FIGURES	ix
LISTE DES ABRÉVIATIONS	xiv
GLOSSAIRE	xvi
REMERCIEMENTS.....	xix
RÉSUMÉ.....	xx
INTRODUCTION	1
1. Les marais littoraux.....	1
1.1 Services écologiques	2
1.2 Principales menaces	4
2. Objectifs généraux.....	5
LOCALISATION ET DESCRIPTION DE LA ZONE D'ÉTUDE.....	6
VOLET FLORISTIQUE	11
3. Objectif.....	11
4. Méthode	12
4.1 Recherche documentaire	12
4.2 Photointerprétation	13
4.3 Méthodologie d'inventaire	13
5. Milieu physique.....	17
5.1 Dépôt de surface et drainage.....	17
5.2 Conditions climatiques	18
6. Résultats.....	18
6.1 Description générale du milieu	18
6.2 Description des zones de végétation.....	22
6.3 Diversité floristique	44
6.4 Plantes à statut particulier	45
6.5 Plantes exotiques envahissantes (PEE).....	45
7. Interprétations	47
7.1 Diversité végétale.....	48
7.2 Intégrité écologique	49
8. Synthèse	51

VOLET ICHTYOLOGIQUE	52
9. OBJECTIF.....	52
10. MATÉRIEL ET MÉTHODE	52
10.1 Matériel	52
10.2 Méthodologie d'inventaire.....	54
10.3 Traitement des données	57
11. RÉSULTATS.....	57
11.1 Caractéristiques de l'habitat	57
11.2 Distribution et abondance générale.....	58
11.3 Longueur des poissons.....	62
12. INTERPRÉTATIONS	64
12.1 Diversité faune ichtyenne	64
12.2 Comparaison avec des études antérieures.....	66
12.3 Comparaison avec d'autres marais	66
13. SYNTHÈSE	68
VOLET GÉOMORPHOLOGIQUE.....	69
14. OBJECTIF	69
14.1 Localisation de la zone d'étude géomorphologique.....	69
15. PORTRAIT DU SECTEUR.....	70
15.1 Évolution quaternaire de la bande côtière comprise dans la zone d'étude.....	71
15.2 Contexte géomorphologique actuel de la zone d'étude.....	71
15.3 Hydrodynamisme.....	72
15.4 Dynamique sédimentaire	76
15.5 Interventions humaines.....	84
15.6 Activités récréatives.....	99
16. MATÉRIEL ET MÉTHODOLOGIE	101
16.1 Matériel	101
16.2 Méthode	101
17. RÉSULTATS.....	105
17.1 Types de cote	105
17.2 La dynamique géomorphologie dans la zone d'étude.....	108
17.3 Suivi de la limite éco-géomorphologique entre 1964 et 2019	113
17.4 Hydrodynamisme et réseau hydrographique des marais de la zone d'étude	126

18. DISCUSSION	127
18.1 L'évolution des marais de la zone d'étude.....	128
18.2 Dynamique sédimentaire des flèches littorales	130
18.3 Espace de liberté.....	131
19. SYNTHÈSE	132
CONCLUSION	134
RÉFÉRENCES	137
Annexe I. Relevés des stations floristiques et liste des données (2019-2021).....	147
Annexe II. Liste et statut des espèces végétales (2019-2021).....	167
Annexe III. Données physico-chimiques par engin de pêche (2019-2021).	172
Annexe IV. Dénombrement des espèces de poissons par station (2019 et 2021).	175
Annexe V. Carte géologique de la zone d'étude (Morissette, 2007, Annexe 1).	178
Annexe VI. Valeurs d'erreurs associées au suivi de la limite écogéomorphologique (m/an)	179
Annexe VII. Position des stations et zonation pour l'établissement de la marge d'erreur	184

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Classe de recouvrement	15
Tableau 2. Définition des strates de végétation.....	16
Tableau 3. Principales plantes rencontrées dans les bas marais (par ordre d'importance).....	29
Tableau 4. Principales plantes rencontrées dans les hauts marais (par ordre d'importance).....	31
Tableau 5. Principales plantes rencontrées dans les prairies herbacées salées (par ordre d'importance).	32
Tableau 6. Principales plantes rencontrées dans les bas marais à spartine alterniflore (par ordre d'importance).....	35
Tableau 7. Principales plantes rencontrées dans les bas marais (par ordre d'importance).....	36
Tableau 8. Principales plantes rencontrées dans les hauts marais (par ordre d'importance).....	38
Tableau 9. Principales plantes rencontrées dans les prairies herbacées humides S04 (par ordre d'importance).....	40
Tableau 10. Principales plantes rencontrées dans les prairies herbacées humides S12 (par ordre d'importance).....	40
Tableau 11. Principales plantes rencontrées dans les prairies salées (Stations S01 à S03) (par ordre d'importance).	41
Tableau 12. Principales plantes rencontrées dans les prairies salées (Station S06) (par ordre d'importance).	42
Tableau 13. Principales plantes rencontrées dans les marécages arbustifs (par ordre d'importance).....	43
Tableau 14. Principales plantes rencontrées dans les typhaies (par ordre d'importance).....	43
Tableau 15. Nombre d'espèces répertoriées par type d'habitat dans les marais des secteurs de Saint-Paul-du-Nord et de la BMV (2019 et 2021).....	44

Tableau 16. Effort d'échantillonnage par engin de pêche ¹	52
Tableau 17. Espèces de poissons capturés dans le marais du secteur de la BMV en 2019 et en 2021.....	58
Tableau 18. Abondance totale des espèces capturées dans le marais du secteur de la BMV (2019 et 2021).	60
Tableau 19. Nombre d'individus capturés par engin de pêche (2020-2021).	61
Tableau 20. Effort de pêche et de rendement par type d'engin.....	62
Tableau 21. Caractéristiques de la marée dans la zone d'étude (Pêches et Océans Canada, 2021).	73
Tableau 22. Déplacement des flèches littorales (+ : allongement ; - retrait) en mètres (m) pour les différents intervalles.....	79
Tableau 23. Longueur des enrochements dans la zone d'étude et adjacents.....	96
Tableau 24. Liste des photographies aériennes utilisées.....	102
Tableau 25. Taux de déplacement annuel (m/an) de la limite écogéomorphologique pour chacun des intervalles de mesures dans le secteur de Saint-Paul-du-Nord. Les valeurs de forte progression sont représentées en vert foncé, les valeurs de progression en vert pâle, la stabilité relative en bleu, les valeurs d'érosion en orange et les valeurs de forte érosion en rouge.....	114
Tableau 26. Taux de déplacement annuel (m/an) de la limite écogéomorphologique pour chacun des intervalles de mesures dans le secteur de la BMV ouest. Les valeurs de forte progression sont représentées en vert foncé, les valeurs de progression en vert pâle, la stabilité relative en bleu, les valeurs d'érosion en orange et les valeurs de forte érosion en rouge.....	115
Tableau 27. Taux de déplacement annuel (m/an) de la limite écogéomorphologique pour chacun des intervalles de mesures dans le secteur de la BMV est. Les valeurs de forte progression sont représentées en vert foncé, les valeurs de progression en vert pâle, la stabilité relative en bleu, les valeurs d'érosion en orange et les valeurs de forte érosion en rouge.....	116
Tableau 28. Taux de déplacement annuel (m/an) de la limite écogéomorphologique pour chacun des intervalles de mesures dans le secteur de la pointe à Boisvert. Les valeurs de forte progression sont représentées en vert foncé, les valeurs de	

progression en vert pâle, la stabilité relative en bleu, les valeurs d'érosion en orange
et les valeurs de forte érosion en rouge.....117

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Profil longitudinal d'un marais sur la rive nord de l'estuaire maritime du fleuve Saint-Laurent.	1
Figure 2. Sectorisation retenue pour la zone d'étude.....	6
Figure 3. Zone écologique d'importance de la zone d'étude.....	8
Figure 4. Sectorisation retenue pour la zone d'étude.....	10
Figure 5. Zone de végétation retenue pour le volet floristique : les secteurs de Saint-Paul-du-Nord et de la BMV.....	11
Figure 6. Localisation des stations et du trajet effectué lors des inventaires floristiques réalisés en 2019 et 2021.....	14
Figure 7. Dépôts de surface et signes d'érosion aux marais du secteur de Saint-Paul-du-Nord (à gauche) et du secteur de la BMV (à droite) (2021).....	17
Figure 8. Niveaux de la marée selon le type d'habitat du secteur de Saint-Paul-du-Nord.....	20
Figure 9. Niveaux de la marée selon le type d'habitat du secteur de la BMV.....	21
Figure 10. Zones de végétation des marais des secteurs d'étude.....	23
Figure 11. Vue aérienne de l'extrémité ouest du marais du secteur de Saint-Paul-du-Nord (2021).	24
Figure 12. Importance relative des différentes zones de végétation dans le marais du secteur de Saint-Paul-du-Nord (2021).....	25
Figure 13. Vue aérienne de l'étalement des différents types d'habitats dans le secteur de la BMV (2021).	26
Figure 14. Importance relative des différentes zones de végétation dans le marais du secteur de la BMV (2019-2021).....	26
Figure 15. Vue aérienne des hauts et bas marais adjacents à l'un des cours d'eau permanents traversant le marais du secteur de Saint-Paul-du-Nord (2021).....	27
Figure 16. Vue aérienne des bas marais à spartine alterniflore et des bas marais du secteur de Saint-Paul-du-Nord (2021).....	28

Figure 17. Vue des hauts marais (à gauche) et des lobes d'ensablement (à droite) (2021).....	30
Figure 18. Vue de la butte, prairie herbacée salée (2021).....	32
Figure 19. Vue de la prairie herbacée humide (2021).	33
Figure 20. Vue aérienne des bas et hauts marais du marais du secteur de la BMV (2021).....	34
Figure 21. Vue aérienne du schorre inférieur (2021).	35
Figure 22. Vue des bas marais (2021).	36
Figure 23. Vue de la station MV1 (en haut) et de la station S05 (en bas) (2020).....	38
Figure 24. Nombre d'espèces répertoriées par types d'habitats aux marais de la zone d'étude (2019 et 2021).....	45
Figure 25. Localisation des plantes exotiques envahissantes dans la zone d'étude ou à proximité.....	46
Figure 26. Verveux déployé dans un chenal principal dans le secteur de la BMV (2021).....	53
Figure 27. Déploiement d'une senne dans un chenal du marais (à gauche) et bourolles en tissu (à droite).....	53
Figure 28. Emplacement des engins de pêche en 2019 et en 2021.....	56
Figure 29. A) Anguille d'Amérique ; B) Omble de fontaine 3 ; C) Éperlan arc-en-ciel ; D) Épinoche tachetée ; E) Épinoche à trois épines ; F) Épinoche à neuf épines.....	59
Figure 30. Longueurs moyennes (mm) des espèces capturées dans le marais de la BMV (2019 et 2021). L'écart-type pour chaque moyenne est représenté par la barre d'erreur noire.....	63
Figure 31. Localisation des secteurs d'étude et des éléments géomorphologiques d'importance dans la zone d'étude.	70
Figure 32. Croquis géomorphologique (Dionne et <i>al.</i> , 2004, p.284).....	72
Figure 33. Dynamique côtière le long de la flèche littorale de la pointe à Émile (Morissette et Joyal, 2012, p.28).....	75
Figure 34. Dynamique hydrosédimentaire de la zone d'étude	77
Figure 35. Extrémité de la flèche littorale de la pointe à Émile (en haut) et lobe d'accumulation à l'intérieur de la flèche littorale, côté marais (en bas) (2023).....	80

Figure 36. Microfalaise à proximité de l'extrémité de la flèche littorale de la pointe à Émile (en haut) et microfalaise au pédoncule de la flèche littorale (en bas) (2023).	81
Figure 37. Embouchure du ruisseau anonyme (en haut) et extrémité de la flèche littorale du petit Goulet du secteur de la pointe à Boisvert (2023).	82
Figure 38. Segmentation côtière de la pointe à Émile (Morissette et Joyal, 2012, p.24).	84
Figure 39. Perturbations anthropiques recensées dans le secteur de Saint-Paul-du-Nord (2023).	85
Figure 40. Perturbations anthropiques recensées dans les secteurs de la BMV ouest et BMV est (2023).	86
Figure 41. Perturbations anthropiques recensées dans le secteur de la pointe à Boisvert (2023)	87
Figure 42. Vue de l'aboteau en direction du marais abrité, secteur de la BMV est (en haut) et vue du dessus de l'aboteau en direction du chemin d'accès, le chemin du Barrage (2022).	88
Figure 43. Comparaison de la densification résidentielle le long de la pointe à Émile entre 1964 et 1982.	90
Figure 44. Comparaison de l'étalement urbain le long de la route 138 dans le secteur de Saint-Paul-du-Nord entre 1964 et 1982 (Ressources naturelles du Canada).	91
Figure 45. Vue aérienne des résidences à proximité de la pointe à Émile (2023).	91
Figure 46. Vue aérienne des résidences à l'ancienne halte, le long de la pointe à Boisvert (2023).	92
Figure 47. Des sentiers non banalisés ainsi que des zones de piétinement sont présents (2023).	92
Figure 48. Localisation des installations de la scierie Kruger, Longue-Rive.	93
Figure 49. Stationnement municipal le long de la pointe à Émile (2023).	98
Figure 50. Zone des recharges de plage en face du stationnement municipal (2013, 2017 et 2018).	99
Figure 51. Utilisation du milieu à la fin des années 1990 (Heppell et <i>al.</i> , 2000).	100
Figure 52. Vue arienne de la plateforme située à proximité de l'église Saint-Paul-du Nord (2021).	100

Figure 53. L’affleurement rocheux (<i>Crans Rouges</i>) à l’extrémité ouest du secteur de Saint-Paul-du-Nord (2021).....	105
Figure 54. Types de côte présents dans les secteurs de la zone d’étude.....	106
Figure 55. Microfalaise d’érosion dans la partie ouest du secteur de Saint-Paul-du-Nord (à gauche) et microfalaise d’érosion dans la partie est de ce secteur (à droite) (2021).....	107
Figure 56. Microfalaise d’érosion (proximité de la rivière Éperlan) du secteur de la BMV ouest (à gauche) et microfalaise d’érosion (le long des berges de la rivière à la Truite) du secteur de la BMV est (2022).	107
Figure 57. Microfalaise le long de l’estuaire maritime du fleuve Saint-Laurent (à gauche) et une zone d’accumulation de sable du côté nord de la flèche littorale (à droite) (2021).	108
Figure 58. Segmentation de la dynamique géomorphologique de la zone d’étude.	109
Figure 59. Microfalaise et lobe de sédiments (en haut) et interventions humaines (en bas) dans marais du secteur de Saint-Paul-du-Nord (2021).	110
Figure 60. Segmentation du marais littoral des secteurs de la BMV ouest et BMV est (Morissette et Joyal, 2012, p.26).	111
Figure 61. Érosion des berges de la rivière à la Truite (en haut) (2021) et ensablement du marais du côté intérieur de la baie de Mille-Vaches (en bas), secteur du marais de la BMV est (CGQ, 2021).....	112
Figure 62. Évolution de la limite écogéomorphologique pour la période de 1964 à 1982.	119
Figure 63. Évolution de la limite écogéomorphologique pour la période de 1982 à 1996.	120
Figure 64. Évolution de la limite écogéomorphologique pour la période de 1996 à 2012.	121
Figure 65. Évolution de la limite écogéomorphologique pour la période de 2012 à 2019.	122
Figure 66. Évolution de la limite écogéomorphologique pour la période de 1964 à 2019	123
Figure 67. Chenal de la rivière Éperlan.	124

Figure 68. Dynamique hydrosédimentaire de la zone d'étude.	126
Figure 69. Réseau hydrique des secteurs de Saint-Paul-du-Nord et de la BMV ouest et BMV est.	127
Figure 70. Principaux obstacles anthropiques et contraintes naturelles qui empêchent la migration des marais.	131

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AMP : Aire marine protégée

ANRO : Anguille d'Amérique

BMV : Baie de Mille-Vaches

CGQ : Centre de géomatique du Québec

CDPNQ : Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec

COSEPAC : Comité sur la situation des espèces en péril au Canada

CPUE : Capture par unité d'effort

FACH : Facultative des milieux humides

FNA : Flora of North America

GAAC : Épinoche à trois épines (*Gasterosteus aculeatus*)

GAWH : Épinoche tachetée (*Gasterosteus wheatlandi*)

LCMHH : Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques

LQE : Loi sur la qualité de l'environnement

MDDEP : Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs

MEEDM : Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer

MELCC : Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

MELCCFP : Ministère de l'Environnement sur la Lutte et les changements climatiques, de la Faune et des Parcs

MERN : Ministère des Ressources naturelles et des Forêts

MFFP : Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

MPO : Ministère de Pêches et Océans Canada

MTQ : Ministère des Transports du Québec

NI : Non-indicatrice des milieux humides

NMM : Niveau moyen des mers

OBL : Obligée des milieux humides

OBVHCN : Organisme de bassin-versant de la Haute-Côte-Nord

OGSL : Observatoire global du Saint-Laurent

OSMO : Éperlan arc-en-ciel

PDECR : Programme sur les données environnementales côtières de référence

PEE : Plante exotique envahissante

PMSGM : Pleine mer supérieure, grande marée

PMSMM : Pleine mer supérieure, marée moyenne

PMSSL : Parc marin du Saguenay-Saint-Laurent

PUPU : Épinoche à neuf épines (*Pungitius pungitius*)

RAP : Réserve aquatique protégée

RCAHMM : Règlement sur la compensation pour l'atteinte aux milieux humides et hydriques

RTFAP : Réserve de territoire à des fins d'aires protégées

SAFO : Omble de fontaine (*Salvelinus Fontinalis*)

ZIP RNE : Zone d'intervention prioritaire de la Rive Nord de l'Estuaire

GLOSSAIRE

Aboiteau : Système de clapet permettant un écoulement unidirectionnel de l'eau vers la mer. Associé à la digue du "chemin du barrage", ce système permet de drainer l'eau douce des terres située à l'est de la digue, tout en empêchant l'eau de mer d'envahir la zone à marée haute. Ce système a permis de convertir de nombreux hectares de marais en zones cultivées.

Abondance relative : Nombre total des individus d'une espèce par rapport au nombre total des individus de toutes les espèces présentes. Elle est toujours exprimée en pourcentage.

Anadrome : Qualifie les espèces aquatiques qui vivent habituellement en mer, mais qui remontent les cours d'eau, les fleuves et les rivières pour s'y reproduire et pondre leurs œufs.

Capture par unité d'effort : Nombre d'individus capturés par un engin de pêche donné durant un temps donné. Par exemple : nombre de poissons capturés par un verveux durant une nuit.

Catadrome : Qualifie les espèces aquatiques qui vivent habituellement en eau douce, mais qui naissent et se reproduisent en mer.

Chenal : Canal qui amène l'eau de mer à l'intérieur du marais. Il est aussi appelé étier.

Débit : Réfère au volume d'eau par unité de temps (m^3/s).

DGNSS : Technique de positionnement par satellite basée sur l'utilisation de mesures de code des ondes porteuses des signaux émis par les systèmes GNSS afin d'obtenir en temps réel des coordonnées corrigées grâce au calcul d'un vecteur à partir d'une station fixe connue.

Espèce fourragère : Les espèces fourrages sont de petits poissons vivant en bancs (ou d'autres taxa marins) qui représentent une source importante de nourriture pour les prédateurs marins, y compris d'autres poissons et invertébrés, les oiseaux de mer et les mammifères marins.

Estran : Partie du littoral qui est située entre les limites extrêmes des plus hautes et des plus basses marées.

Étiage : Correspond au niveau le plus bas d'un cours d'eau en période de sécheresse.

Géoréférencement : Le géoréférencement est le processus dans lequel on applique à une entité cartographique un emplacement spatial en lui donnant des coordonnées géographiques et en appliquant une transformation. Cette pratique ne doit pas être confondue avec la géolocalisation qui consiste à localiser un objet sur un plan.

Halophile : Organismes vivants (animaux et végétaux) tolérants ou exigeant une forte concentration en sel.

Hydrodynamisme : Réfère à l'ensemble des masses d'eau en mouvement (vagues, marées et courants associés).

Intégrité écologique : Capacité d'un écosystème à continuer de prodiguer des services écologiques bénéfiques à la santé générale du milieu.

LiDAR : Méthode de télédétection et de télémétrie semblable au radar, mais qui émet des impulsions de lumière infrarouge, au lieu d'ondes radio, puis en mesure le temps de retour après avoir été réfléchies sur des objets à proximité.

Limite écotopographique : C'est la limite inférieure de la végétation. Elle correspond à l'extension maximale de la végétation continue vers l'estuaire maritime du fleuve Saint-Laurent pour les marais littoraux, à la limite de la végétation dense et continue entre l'arrière-plage et le haut de plage pour les flèches littorales et à la limite de la végétation terrestre d'herbacée dense pour les terrasses de plage. En absence de végétation, elle correspond à la rupture de pente (microfalaise).

Marais littoral (côtier) : Zone littorale, submergée quotidiennement par les marées. Les marais de la rive nord de l'estuaire maritime présentent un étagement typique des marais littoraux. Ils sont relativement uniformes, sur des sols à pente faible, à sédiments fins et divisés en trois étages : slikke, schorre inférieur et schorre supérieur.

Productivité primaire : Production de matière organique végétale (biomasse), issue de la photosynthèse, par des organismes autotrophes, dits producteurs primaires.

Régime sédimentaire (bilan sédimentaire) : Bilan des apports et des pertes en sédiments à l'intérieur d'une même cellule hydrosédimentaire.

Saumâtre : Mélange d'eau douce et d'eau salée.

Schorre inférieur (bas marais) : Étage du marais se situant entre la limite des niveaux moyens des mers et des pleines mers supérieures à marée moyenne. Il est soumis aux submersions journalières des marées et colonisé par une végétation halophile (plante tolérante aux variations de salinité).

Schorre supérieur (haut marais) : Étage du marais se situant au-dessus de la limite PMSMM, non soumis aux actions quotidiennes des marées, densément colonisé par des communautés végétales.

Service écologique (ou environnemental) : Bénéfices que fournissent les écosystèmes et qui contribuent au bien-être humain.

Slikke (Vasière) : Étage du marais constitué de matériaux sédimentés fins non sableux, souvent dénudé et situé sous le niveau moyen des mers.

REMERCIEMENTS

L'équipe de travail du Comité ZIP de la Rive Nord de l'Estuaire (Comité ZIP RNE) tient à remercier tous ceux et celles qui ont collaboré de près ou de loin à ce projet. Nous souhaitons notamment offrir notre reconnaissance la plus sincère aux intervenants du milieu qui ont permis d'effectuer une caractérisation exhaustive des marais côtiers d'importance à Longue-Rive, soit les marais des secteurs de Saint-Paul-du-Nord et de la baie de Mille-Vaches (BMV). Nous voudrions dans un premier temps remercier Florian Quiec, expert en géomatique, pour sa contribution lors des inventaires terrain et de l'analyse des données géomorphologiques. Derek Lynch, botaniste, pour son aide lors des inventaires floristiques, permettant au Comité ZIP RNE de dresser la liste de 199 espèces végétales présentes dans et au pourtour des marais ainsi que d'identifier les différents habitats adjacents. Et finalement, le Comité ZIP RNE a été soutenu par Yves Laurencelle tout au long du projet. C'est grâce à leurs connaissances du milieu, leurs contributions et leur professionnalisme que nous sommes parvenus à générer des données écogéomorphologiques de l'état actuel des marais littoraux d'importance à Longue-Rive et à analyser les résultats afin d'émettre des recommandations.

Dans un deuxième temps, nous tenons à remercier un expert du Centre de géomatique du Québec (CGQ) : Yannick Duguay. Les orthomosaiques ont été produites par le CGQ dans le cadre du projet financé par le réseau Québec maritime #OSL-2020-PS-02. Le Comité ZIP RNE tient aussi à remercier le Centre d'interprétation des marais salés de Longue-Rive qui nous a soutenu tout au long du projet par le libre accès au territoire. Finalement, il importe évidemment de mentionner la source d'apport financier sans laquelle, ce projet n'aurait pas été possible. Ce financement provient du *Programme sur les données environnementales côtières de référence* (PDECR), chapeauté par le ministère de Pêches et des Océans du Canada (MPO).

RÉSUMÉ

Les marais littoraux sont des écosystèmes particulièrement productifs et essentiels à la santé générale, à l'équilibre et au maintien de l'écosystème du fleuve Saint-Laurent. La multiplicité de leurs services écologiques leur confère également une importante valeur économique sur le plan humain (Barbier et *al.*, 2011). Cette importance explique donc les efforts déployés pour assurer leur conservation.

Les marais littoraux d'importance dans la baie de Mille-Vaches (Longue-Rive, Côte-Nord) ont été retenus par le Comité ZIP RNE. Ceux-ci sont reconnus pour leur richesse de leur faune et de leur flore. Les marais et les milieux humides connexes servent d'habitats pour une grande diversité d'espèces. Oiseaux, phoques, poissons et benthos viennent y vivre ou visiter pour se nourrir, s'abriter ou se reproduire. Ces habitats fauniques sont essentiels au cycle vital d'une multitude d'espèces.

Afin de mettre en lumière l'état global de ces écosystèmes, le Comité ZIP RNE a réalisé des campagnes d'échantillonnage floristiques, ichtyologiques et géomorphologiques, réparties dans le temps et l'espace. À partir de ces données générées et de leurs analyses, le présent document se veut un outil de référence face aux mesures de protection à favoriser.

Ce projet s'insère dans le PDECR financé par le MPO. Toutes les données prises sur le terrain sont disponibles sur le site de l'Observatoire global du Saint-Laurent (OGSL) (<https://doi.org/10.26071/ogsl-f10f496a-acf4>) (Comité ZIP RNE, 2022a).

INTRODUCTION

1. LES MARAIS LITTORAUX

Les marais littoraux font partie des écosystèmes les plus productifs de la planète (Dupras et *al.*, 2013). Morris (2007) estimait leur productivité primaire à près de 2 000 g/m²/an, une valeur qui s'approche de celle des forêts tropicales qui est de 2 200 g/m²/an. Ces écosystèmes côtiers, dominés par une végétation halophyte, sont exposés à des conditions hydrodynamiques faibles et aux crues des marées qui influencent l'étagement des communautés végétales. Les marais littoraux sont composés de trois étages : la slikke, le schorre inférieur (bas marais) et le schorre supérieur (haut marais) (Figure 1). Ils se développent dans des zones abritées des vagues, aux pentes topographiques faibles progressant vers le large (Davidson-Arnott et *al.*, 2019).

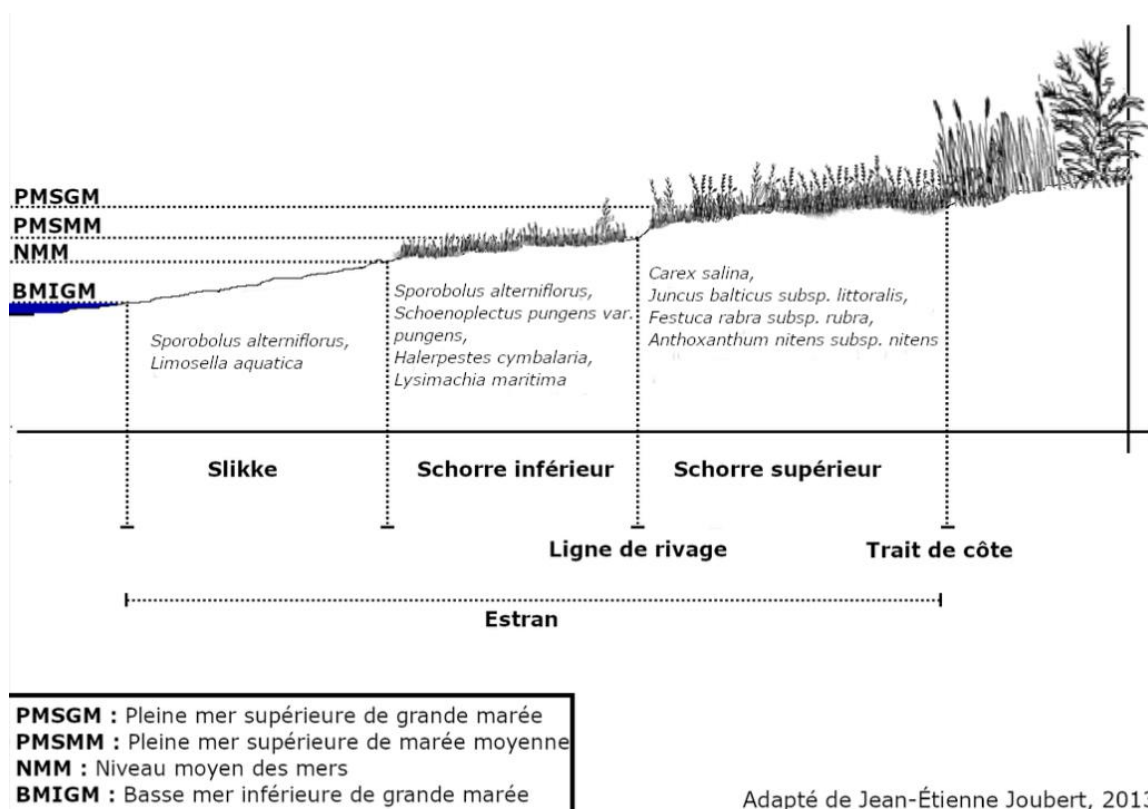


Figure 1. Profil longitudinal d'un marais sur la rive nord de l'estuaire maritime du fleuve Saint-Laurent.

La végétation joue un rôle important pour l'accrétion verticale et la progression des marais littoraux. Elle réduit la vitesse des courants et retient les sédiments fins, ce qui permet aux marais de s'élever au-dessus du niveau moyen des mers (NMM) (Drapeau, 1992). Dionne (1986) a observé des taux moyens de sédimentation inférieurs à 5 mm/an dans les marais littoraux québécois, comparativement à des taux variant entre 2 et 10 mm/an en Europe et aux États-Unis. Cet auteur souligne que l'érosion affecte plusieurs marais littoraux situés sur la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent. Ceux-ci sont particulièrement sensibles aux changements climatiques, tel qu'en témoigne la disparition de certains schorres supérieurs depuis les années 1990 (Bernatchez et Dubois, 2004). Bien qu'historiquement l'élévation du niveau de la mer a fait partie intégrante de l'apport de sédiments et du développement géologique des marais littoraux, aujourd'hui il est à craindre que le taux d'élévation du niveau de la mer dépasse le taux d'accrétion et que les marais salés soient noyés (Gedan, 2010).

1.1 Services écologiques

Les marais assurent une multitude de services écologiques qui contribuent au bien-être de la société et des écosystèmes. Un service écologique réfère aux fonctions écosystémiques fournies par un système naturel (Keddy, 2010).

Dans les marais littoraux, la grande disponibilité des matières organiques et inorganiques acheminées lors des marées et la décomposition rapide des organismes favorisent une production primaire élevée. En moyenne, ces écosystèmes côtiers produisent 10 tonnes de matière organique annuellement (Hatvany, 2003). En plus de la production annuelle de biomasse, les marais littoraux constituent un habitat faunique utilisé par de nombreuses espèces d'oiseaux, de poissons et d'invertébrés. Ces milieux, propices à la présence d'une grande diversité d'espèces, sont appréciés par la population, qui en bénéficient pour différentes activités récréotouristiques : la chasse, l'observation ornithologique ou encore la pêche dans les eaux côtières adjacentes aux marais (éperlan arc-en-ciel, bar rayé, etc.).

Étant donné leur position en zone côtière, les marais littoraux assurent une zone tampon entre la mer et la terre et dissipent ainsi l'énergie des courants de marée et des vagues. Ces barrières marines naturelles sont principalement associées à la présence de la végétation, dont la spartine alterniflore (*Sporobolus alterniflorus*), qui fixe le substrat vaseux avec ses rhizomes tout en participant à la rétention des sédiments et au ralentissement du courant. L'ensemble de ces éléments empêche l'érosion des rives, atténue les vagues et limite les inondations des villes côtières (Chmura et *al.*, 2012).

Ces milieux filtrent les polluants d'origine domestique, industrielle et agricole et séquestrent le carbone (Dionne, 1986 ; Keddy, 2010). On note principalement la captation de l'azote par la filtration des eaux de ruissellement (Valiela et Teal, 1979). Certains auteurs (Chmura et *al.*, 2003) suggèrent qu'à l'échelle mondiale, les marais salés littoraux emmagasinent en moyenne 210 g de carbone/m²/an. Ces terres humides côtières participent donc activement à la régulation du climat global, notamment en agissant comme un « puits de carbone ».

L'ensemble de ces services écologiques confirme que les marais salés sont des écosystèmes importants qui offrent un grand nombre d'avantages précieux aux humains. Même si l'ampleur et l'utilité de ces services sont fortement variables d'un contexte et d'un climat à l'autre, une méta étude américaine (Barbier et *al.*, 2011) a estimé entre 34 319 et 80 227\$ CAN/hectare/an la valeur cumulée de services environnementaux rendus par les marais côtiers.

1.2 Principales menaces

La biodiversité des marais, leur intégrité et leur efficacité écologique sont à l'heure actuelle, menacées par les impacts de l'érosion et de la submersion, qui eux sont amplifiés, par les changements climatiques et certains usages anthropiques (utilisation de véhicule tout terrain, piétinement, drainage à des fins agricoles, etc.) (MELCC, 2020a). Par conséquent, ces phénomènes diminuent grandement la productivité biologique primaire (végétation) et secondaire (organismes et autres espèces fourragères), menaçant ainsi l'équilibre écologique régional, dont le rétablissement de certaines espèces à statut particulier, tels que le béluga du Saint-Laurent, le marsouin commun, l'esturgeon noir et l'alose savoureuse. Les menaces qui pèsent sur les marais littoraux peuvent avoir des effets néfastes pour l'être humain ou même conduire à une disparition partielle des services rendus par les écosystèmes voir à des pertes totales et irréversibles (MELCC, 2020a).

Depuis 1993, date d'entrée en vigueur du 2e alinéa de l'article 22 de l'ancienne *Loi sur la qualité de l'environnement* (LQE), le Québec montre son intention de protéger les milieux humides légalement. En 2017, il a adopté la *Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques* (LCMH). Cette loi vient modifier plusieurs autres lois, dont la LQE et instaure un nouveau régime de compensation. Ce règlement, le *Règlement sur la compensation pour l'atteinte aux milieux humides et hydriques* (RCAHMM), mise sur le principe d'« aucune perte nette ». Il s'appuie sur le principe que dans le cas où les pertes sont inévitables, alors celles-ci doivent être compensées par des mesures de conservation, en priorisant la restauration de milieux dégradés ou la création de nouveaux milieux (MELCC, 2021a).

Le Comité ZIP RNE a donc décidé d'entreprendre un projet de caractérisation de sept marais littoraux d'importance qui bordent la rive nord de l'estuaire maritime afin d'acquérir des données initiales sur les aspects biologiques et géomorphologiques de ces écosystèmes côtiers (Comité ZIP RNE 2022a, 2022b, 2022c, 2022d, 2023a et 2023b).

2. OBJECTIFS GÉNÉRAUX

Dans le cadre de ce rapport, une caractérisation biologique et géomorphologique est réalisée afin d'analyser l'intégrité écologique des marais dans la baie de Mille-Vaches et des milieux à proximité. La caractérisation a pour objectif de tracer un portrait global des conditions qui prévalent dans la zone d'étude pour favoriser des mesures de gestion qui permettent la protection et la mise en valeur des écosystèmes. Les données générées sont importantes puisqu'elles facilitent les futurs travaux de suivi et permettent de mesurer l'ampleur des changements au sein de ces milieux naturels d'importance.

Les principales études utilisées pour mieux cerner les aspects écogéomorphologiques datent de 10 à 20 ans (Dionne et *al.*, 2004 ; Morissette, 2007; Morissette et Joyal, 2012 ; Joyal et Morissette, 2013). Elles ont permis d'établir un certain nombre de constats, qui sont relatés dans le présent rapport et complétés par les données acquises par le Comité ZIP RNE au cours des étés 2019, 2021 et 2022.

Le volet floristique vise à documenter les communautés végétales et les différents types d'habitats présents dans les marais situés dans la baie de Mille-Vaches alors que le volet ichtyologique y trace un portrait des communautés de poissons visiteurs et résidents. Le volet géomorphologique vise quant à lui à documenter et à analyser l'évolution spatio-temporelle des écosystèmes pour mieux comprendre les changements naturels et anthropiques ayant pu les affecter. La caractérisation de ces trois volets s'inspire de l'approche utilisée dans d'autres rapports sur les marais littoraux du Comité ZIP RNE (Desrochers et *al.*, 2021 ; Desrochers et *al.*, 2022a ; Desrochers et *al.*, 2022b).

LOCALISATION ET DESCRIPTION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La zone d'étude se situe le long de la rive nord de l'estuaire maritime du fleuve Saint-Laurent, à la baie de Mille-Vaches dans la municipalité de Longue-Rive (Côte-Nord, Québec) (Figure 2).



Figure 2. Localisation de la zone d'étude.

La zone d'étude fait partie intégrante de la réserve de territoire à des fins d'aires protégées (RTFAP) du secteur de la Haute-Côte-Nord (Figure 3). Cette RTFAP couvre une superficie d'environ 1 569 km², adjacente à deux aires marines protégées (AMP) : le parc marin du Saguenay-Saint-Laurent (PMSSL) et la réserve aquatique projetée (RAP) de Manicouagan (MELCC, 2020b). La RTFAP du secteur de la Haute-Côte-Nord a pour objectif de protéger des mammifères marins en situation précaire (béluga, rorqual bleu et rorqual commun) ainsi qu'à leurs sources d'alimentation. Ce secteur est considéré comme l'une des plus importantes zones pour la fraie du capelan, la

reproduction et l'alevinage du hareng atlantique, de l'éperlan arc-en-ciel et du lançon d'Amérique ainsi que des zones d'agrégation de krill (MELCC, 2020b). Plusieurs aires protégées, notamment deux aires de concentration des oiseaux aquatiques et une réserve naturelle, se trouvent aussi à proximité de la baie de Mille-Vaches (Figure 3). Les marais littoraux y sont reconnus pour leur diversité d'espèces aviaires : halte migratoire importante, aire de reproduction, présence d'espèces rares au Québec, etc. Il y a également un site d'échouerie pour les phoques communs à la batture de la baie de Mille-Vaches, une frayère à capelan à la plage de la pointe à Boisvert et la présence d'importantes communautés de mollusques de macome baltique et de mye commune (Heppell et al., 2000). Ces habitats fauniques sont essentiels au cycle vital d'une grande diversité d'espèces et sont protégés par la *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune*. Par ailleurs, Canards Illimités Canada a fait l'acquisition de 30 hectares de milieux humides pour les convertir en réserve naturelle et assurer ainsi la pérennité des habitats fauniques de grande valeur (Figure 3).

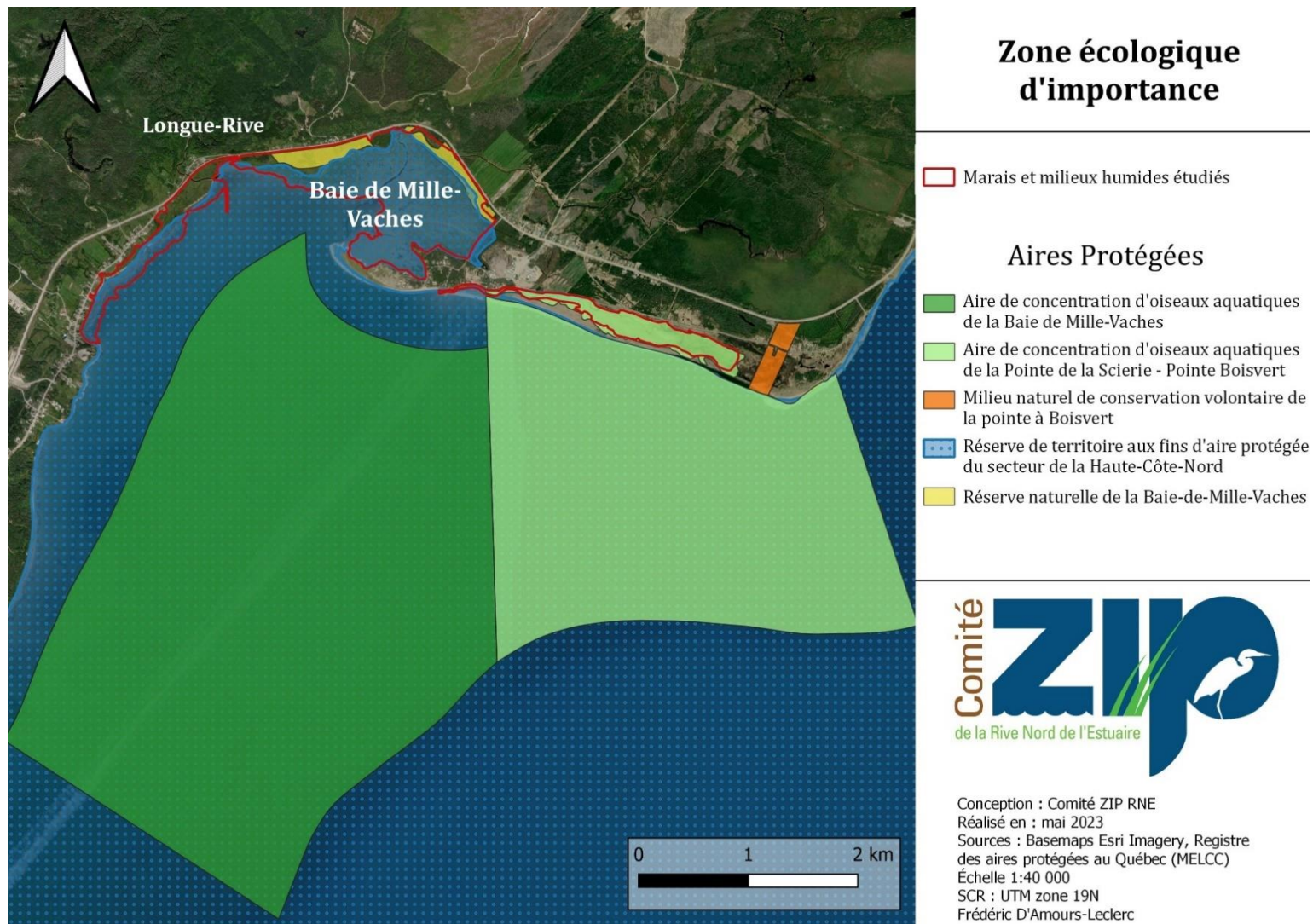


Figure 3. Zone écologique d'importance de la zone d'étude.

Pour les besoins du projet, la zone d'étude comprend les marais littoraux, les milieux humides et naturels adjacents ainsi que les éléments géomorphologiques. Cette zone a été divisée en quatre secteurs, entre l'affleurement rocheux les *Crans Rouges* et l'extrémité est du secteur de la Pointe à Boisvert (Figure 4). Le secteur de Saint-Paul-du-Nord est celui qui est le plus à l'ouest. Il longe environ 2 km de côte de l'ancien village Saint-Paul-du-Nord, jusqu'à la rivière Éperlan. Le secteur adjacent est celui de la BMV ouest, il s'étend de la rivière Éperlan et se termine à la rive ouest de la rivière à la Truite. Puis, le secteur de la BMV est couvre la rive est de la rivière à la Truite jusqu'au ruisseau anonyme (ruisseau au nom inconnu). De là, s'étend le secteur de la pointe à Boisvert.

Chaque volet à un secteur d'étude qui est différent. Tout d'abord, le volet floristique intègre trois secteurs, dont deux sont regroupés en un : Saint-Paul-du-Nord et BMV (englobe BMV ouest et BMV est). Le volet ichtyologique est celui qui couvre un moins grand territoire, puisque certains secteurs n'étaient pas propices pour les engins de pêche. Il inclut ainsi deux secteurs (BMV ouest et BMV est) qui sont regroupés en un : BMV. Finalement, le volet géomorphologique est celui qui intègre les quatre secteurs de la zone d'étude : 1) Saint-Paul-du-Nord ; 2) BMV ouest ; 3) BMV est ; 4) Pointe à Boisvert. Un moins grand effort de caractérisation biologique a été réalisé au marais Le Goulet, favorisant ceux dans la baie de Mille-Vaches (secteurs Saint-Paul-du-Nord, BMV ouest et BMV est).

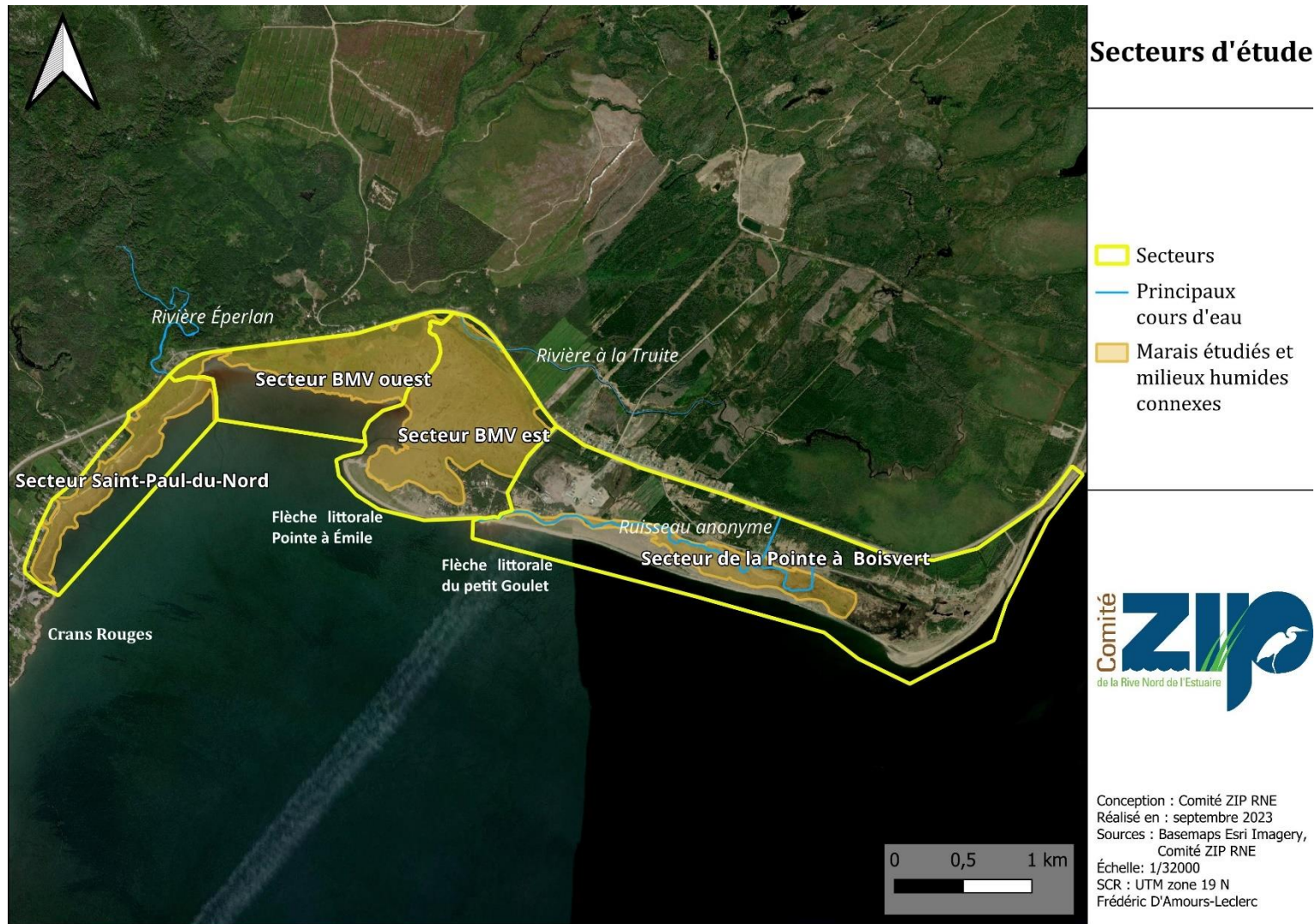


Figure 4. Sectorisation retenue pour la zone d'étude.

VOLET FLORISTIQUE

3. OBJECTIF

L'objectif principal de ce volet est de tracer un portrait floristique des segments de marais littoraux ainsi que des milieux humides connexes des secteurs de Saint-Paul-du-Nord et de la BMV (Figure 5). Le marais Le Goulet du secteur de la pointe à Boisvert n'est pas intégré. Cette caractérisation permet de décrire les différents assemblages de végétaux (diversité végétale et abondance des espèces) et les types d'habitats présents ainsi que d'identifier les espèces à statut ou nuisibles.

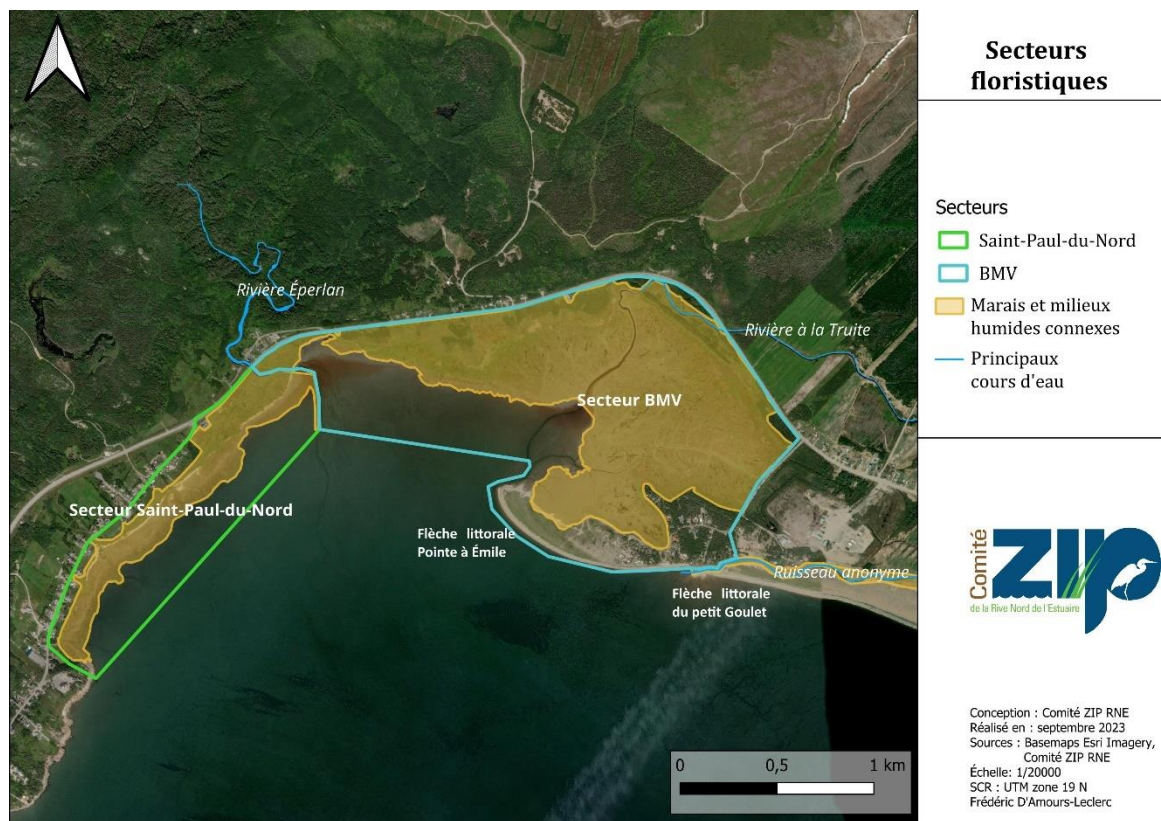


Figure 5. Zone de végétation retenue pour le volet floristique (secteurs de Saint-Paul-du-Nord et de la BMV).

4. MÉTHODE

L'analyse des données de la végétation des marais littoraux et des milieux humides connexes des deux secteurs d'étude se base sur :

- 1) Recherche exhaustive des informations concernant la végétation dans la littérature existante ;
- 2) Photointerprétation des images aériennes de 2019 et 2021 ;
- 3) Collecte de données sur le terrain réalisée en 2019 et en 2021.

4.1 Recherche documentaire

La collecte d'information sur l'historique de l'exploration botanique dans la région immédiate des secteurs d'étude permet de tracer un portrait plus complet de la flore vasculaire locale. Les derniers inventaires botaniques au marais du secteur de la BMV remontent à 1999 (Heppell et *al.*, 2000) alors qu'aucun n'a été recensé au marais du secteur de Saint-Paul-du-Nord.

La documentation botanique récente concernant les plantes à statut particulier (Dignard et *al.*, 2009 ; Tardif et *al.*, 2016) et la liste des plantes vasculaires susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables au Québec¹ ont été consultées. Des ouvrages moins récents ont aussi été feuilletés pour vérifier la rareté de certaines espèces (Labrecque et Lavoie, 2002 ; Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ), 2008). Finalement, le site internet du Comité sur les espèces en péril du Canada (COSEPAC) (2022) a aussi été consulté.

Le site Sentinelle (2022) du MELCC a aussi été consulté pour vérifier les occurrences possibles des plantes exotiques envahissantes (PEE). La liste des plantes vasculaires exotiques nuisibles du Québec a aussi servi à l'analyse (Lavoie et *al.*, 2014).

¹ Arrêté ministériel publié le 12 février 2020.

4.2 Photointerprétation

La consultation des cartes satellitaires du logiciel Google Earth Pro (CNES/Airbus, 2019 et 2021) a permis d'extraire l'information présente sur les images aériennes pour identifier les types d'habitats dans les secteurs d'étude. Cette méthode permet une utilisation maximale du potentiel des images aériennes ainsi qu'une précision accrue dans la cartographie des entités géographiques de l'ensemble des marais et des milieux adjacents. Elle vise à traiter les informations à une échelle très fine en plus de favoriser l'utilisation des couches d'informations géoréférencées (points de contrôle, cartographie thématique, photographies terrestres, etc.) qui fournissent une précision supplémentaire lors de l'interprétation.

La photointerprétation a été effectuée avec l'assistance du logiciel du logiciel ArcGis pour la numérisation de l'information et la saisie des attributs. La qualité des images disponibles et l'utilisation de logiciels performants ont permis de définir des éléments sur des superficies très restreintes.

4.3 Méthodologie d'inventaire

La cartographie des types d'habitats par photointerprétation a été complétée sur le terrain aux étés 2019 et 2021. Les inventaires floristiques dans les marais littoraux des secteurs Saint-Paul-du-Nord et de la BMV ont été effectués par Derek Lynch en compagnie d'une employée du Comité ZIP RNE les 07 et 11 août 2019 et 21 juillet 2021. Dix-huit stations ont été réalisées pour couvrir la majorité des secteurs d'étude (Figure 6) et sept vidéos explicatives se sont rajoutés pour bonifier la cartographie des différentes zones de végétation.

Pour décrire les groupements végétaux et établir la diversité floristique, des virées d'inventaire aléatoires, couvrant l'ensemble ou une partie des habitats floristiques visés, ont été effectuées. Les marais ont été parcourus à pied à marée basse afin d'identifier les principaux groupements floristiques présents.

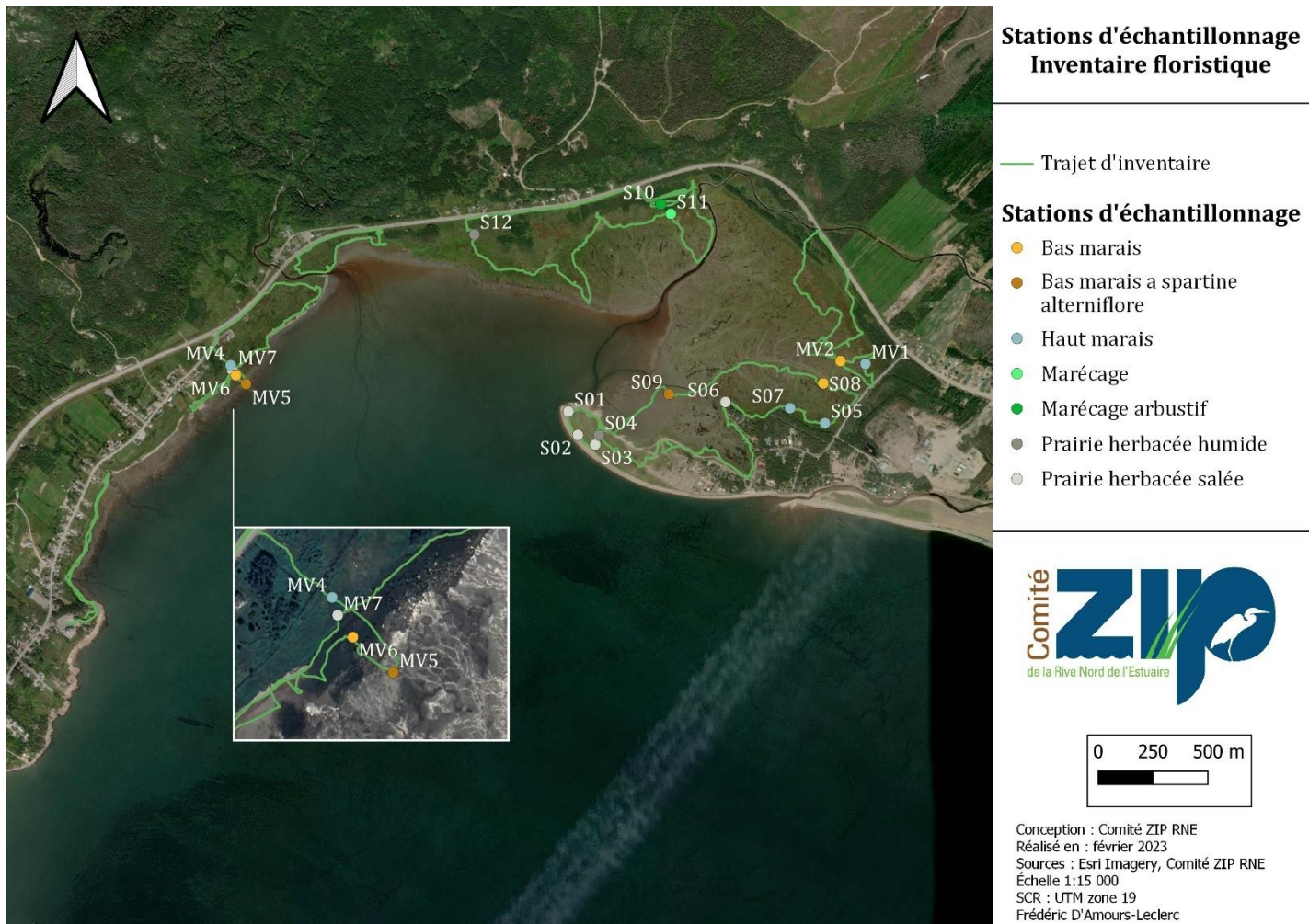


Figure 6. Localisation des stations et du trajet effectué lors des inventaires floristiques réalisés en 2019 et 2021.

4.3.1 Caractérisation de la flore

Chaque station correspond à une surface floristique homogène d'un habitat donné et représentatif de la diversité floristique, c'est-à-dire lorsque les plantes dominantes, cohabitant dans un même type de milieu, étaient différentes de celles qui sont avoisinantes. Les communautés suivantes étaient identifiées selon les changements dans la composition des assemblages floristiques et de l'influence de la topographie. La végétation a été décrite selon la méthode phytosociologique simplifiée de Braun-Blanquet (Tableau 1). Cette méthode vise à décrire la végétation d'un site donné à l'aide d'un relevé général effectué lors des déplacements sur le terrain.

Tableau 1. Classe de recouvrement.

Cote ¹	Recouvrement (%)
5	>75
4	50-75
3	25-50
2	5-25
1	1-5
a	<1
R	Rare

¹ D'après Braun-Blanquet (1951) et Greig-Smith (1964).

Dans chacun des milieux, des données plus précises ont été colligées à l'intérieur de points d'observations d'un rayon de 15 mètres. La localisation des parcelles d'inventaire a été établie de manière à être représentative du milieu à caractériser. Le relevé comprenait, d'une part, un inventaire des principales espèces présentes avec leur recouvrement respectif et, d'autre part, des renseignements sur la localisation, le type de substrat, le drainage, la pente et la nature du sol en surface. Une classe de recouvrement global a été attribuée à chaque strate de végétation de chaque milieu (Tableau 2). L'importance des espèces a été déterminée par leur recouvrement au sol dans une strate donnée. Les stations ont été géolocalisées à l'aide d'un GPS Garmin map64 et la collecte de données a été prise avec l'aide d'un Toughpad Panasonic CF-U1. Des photographies et vidéos des sites étudiés ont complété le relevé.

Tableau 2. Définition des strates de végétation.

Strate ¹	Symbole	Description
Arborescente supérieure	AOS	Essences forestières de 5 m ou plus de hauteur
Arborescente inférieure	AOI	Essences forestières de 5 m et moins de hauteur
Arbustive supérieure	AUS	Plantes ligneuses de plus de 1 m de hauteur
Arbustive inférieure	AUI	Plantes ligneuses de moins de 1 m de hauteur
Herbacée	HER	Plantes herbacées
Muscinale	M	Mousses et lichens

¹ Modifiée d'après Payette et Gauthier (1972).

L'inventaire des plantes menacées, vulnérables ou susceptibles d'être ainsi désignées a été réalisé en parallèle à la caractérisation de la végétation. L'inventaire a été appuyé initialement par une revue de la documentation existante (Section 4.1, Recherche documentaire). Ces outils permettent d'identifier les espèces susceptibles d'être rencontrées dans la zone d'étude. Les milieux les plus propices à être colonisés par des espèces à statut particulier ont été visités. Toutefois, une attention constante a été portée lors des déplacements à l'intérieur des milieux offrant un potentiel plus faible afin de déceler toute présence de ces espèces.

Dans les annexes I et II, les plantes à fleurs sont classées selon les données récentes de la classification phylogénétique (Angiosperm Phylogeny Group, 2016). À l'intérieur des familles, les espèces sont disposées en ordre alphabétique. La nomenclature à jour des noms spécifiques et l'indigénat des espèces sont tirés de la base de données Vascan (Brouillet et *al.*, 2010+) et de Flora of North America (FNA) (1993+). La détermination du statut obligé (OBL) ou facultatif (FACH) des plantes provient du guide *Identification et délimitation des milieux humides du Québec méridional* (Bazoge et *al.*, 2015). La nomenclature des milieux humides est tirée de Bazoge et *al.* (2015), du Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) (2006), de Ménard et *al.* (2006) et de Payette et Rochefort (2001).

5. MILIEU PHYSIQUE

La zone d'étude est comprise dans la zone boréale, dans la sous-zone de la forêt boréale fermée. Les formations végétales sont relativement denses et dominées par les espèces de sous-bois ombragées, appartenant au domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau à papier (MFFP, 2022). Elle se trouve dans la région écologique 5g-Hautes Collines de Baie-Comeau-Sept-Îles, dans l'unité de paysage 104-Forestville (Berger et Blouin, 2007).

5.1 Dépôt de surface et drainage

Les marais des deux secteurs sont composés de dépôts marins de faciès d'eau profonde, généralement constitués d'argile ou de loam en surface. Plus spécifiquement, le secteur de Saint-Paul-du-Nord est composé de silt argileux (présence de plantes et de racines de spartine) en surface par-dessus du sable fin silteux qui se trouve sous une couche de sable moyen (Morissette, 2007). Le secteur de la BMV est composé d'argile ou d'argile sableuse. On retrouve dans certains endroits des dépôts organiques épais, de plage soulevée ou de haut de plage. Des signes d'érosion et de décrochage du tapis végétal ont été observés dans les marais des deux secteurs en 2019 et en 2021 (Figure 7). La nappe phréatique varie en hauteur et est assurément contaminée, lors des grandes marées, par des intrusions d'eau salée.



Figure 7. Dépôts de surface et signes d'érosion aux marais du secteur de Saint-Paul-du-Nord (à gauche) et du secteur de la BMV (à droite) (2021).

5.2 Conditions climatiques

La station météorologique d'Environnement Canada enregistrant les données pour le territoire à l'étude est située à Forestville. Les composantes du climat décrites ci-après ont ainsi été établies à partir de la synthèse des normales climatiques 1971- 2000 provenant de cette station. Le climat de la région est de type subpolaire subhumide, c'est-à-dire qu'il se caractérise par de longs hivers froids et humides, contrastant avec des étés courts et relativement chauds. Les caractéristiques habituelles de la région sont adoucies en milieu côtier par la présence du fleuve Saint-Laurent. La température moyenne annuelle enregistrée à Forestville est de l'ordre de 2,6 °C avec un minimum de -14,0 °C en janvier et un maximum de 17,6 °C en juillet. Le maximum atteint est au mois de juillet avec 22,7 °C. Les précipitations moyennes annuelles totales enregistrées sont de 1084,1 mm/an (Environnement Canada, 2022).

6. RÉSULTATS

6.1 Description générale du milieu

Les marais des deux secteurs d'étude sont influencés par la fréquence et la durée des marées, qui les exposent à un temps d'immersion et à un gradient de salinité différent selon leur emplacement sur la côte, ainsi qu'aux cours d'eau permanents présents. Le marnage des marées ainsi que l'apport d'eau douce vont jouer un rôle sur les types d'habitats présents ainsi que sur l'étagement vertical de la végétation aux abords du milieu.

6.1.1 L'étagement vertical des marais

Certains segments des marais littoraux ont subi des perturbations anthropiques, venant ainsi modifier la topographie et l'étagement des marais. Ces variations d'élévation du terrain affectent la remontée des eaux salées à l'intérieur des marais, favorisant la création d'une mosaïque d'habitats. L'aboiteau, le chemin d'accès, la route 138 et les anciennes pratiques agricoles en sont des exemples (interventions humaines décrites au volet géomorphologique).

En raison des pressions anthropiques antérieures et des conditions naturelles, les marées ne délimitent pas l'étagement vertical des marais des deux secteurs d'étude comme dans l'étagement typique des marais côtiers (Figure 1). La pleine mer supérieure de grande marée (PMSGM) ne délimite pas les hauts marais des milieux humides dulcicoles. Les schorres inférieurs (bas marais) sont pris dans la zone de balancement des marées, mais le niveau de la pleine mer supérieure de marée moyenne (PMSMM) ne délimite pas les bas des hauts marais. Elle se trouve plutôt généralement entre les bas marais à spartine alterniflore et les bas marais (Figures 8 et 9).

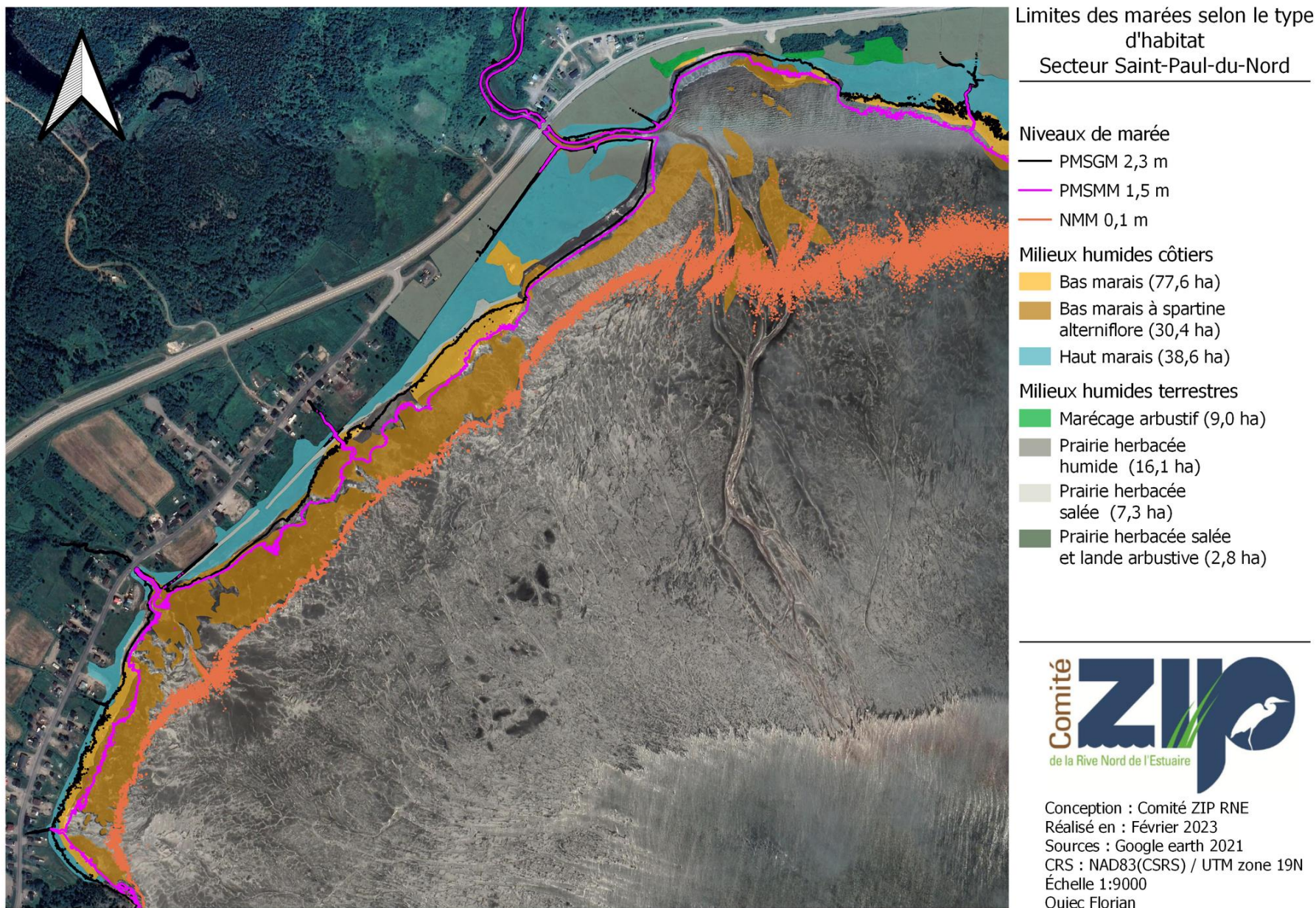


Figure 8. Niveaux de la marée selon le type d'habitat du secteur de Saint-Paul-du-Nord.

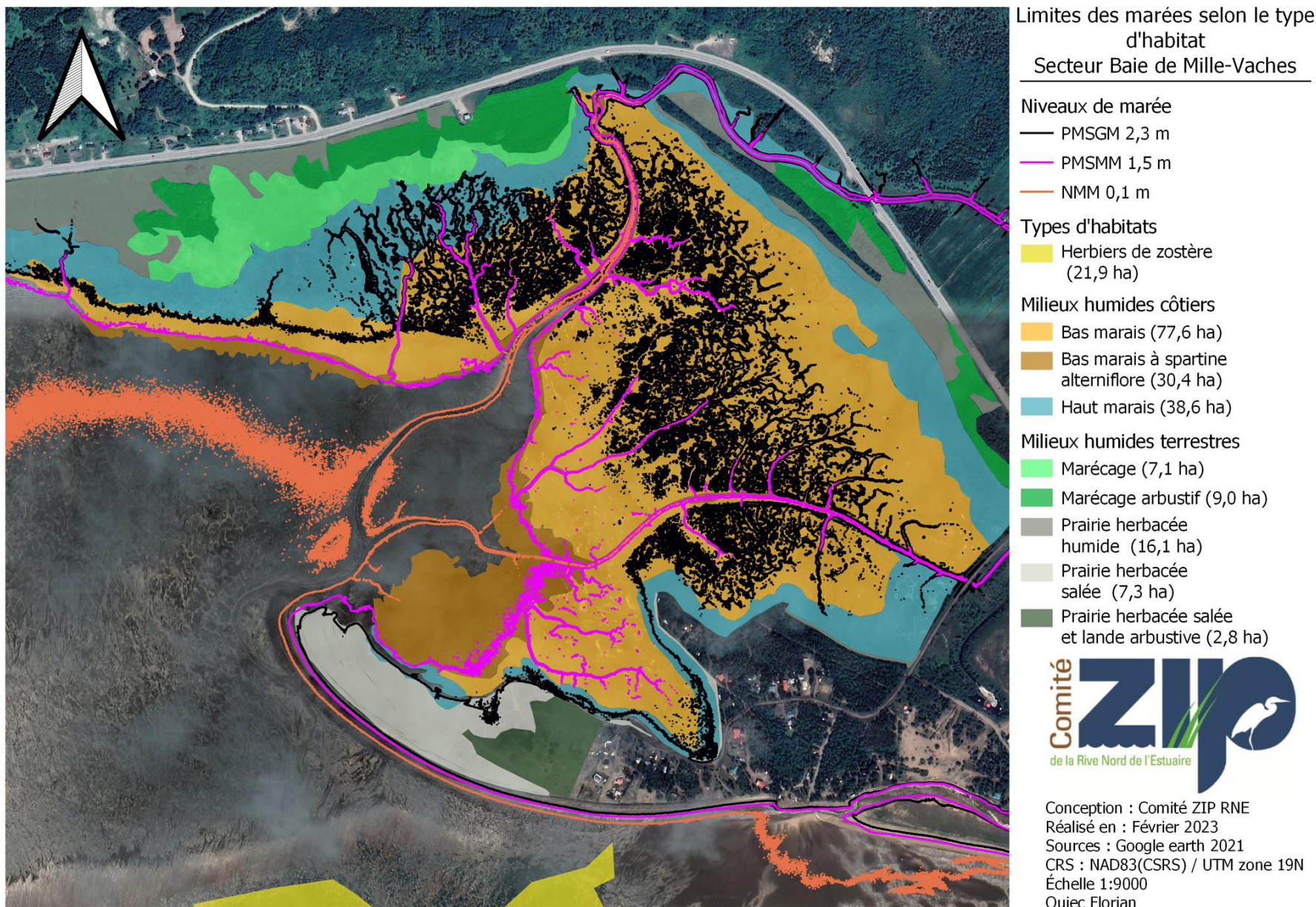


Figure 9. Niveaux de la marée selon le type d'habitat du secteur de la BMV.

6.2 Description des zones de végétation

La superficie des marais des secteurs de Saint-Paul-du-Nord et de la BMV totalise près de 189 hectares, respectivement 32,6 hectares et 156,3 hectares (Figure 10). Les marais sont entourés par une multitude d'habitats qui viennent augmenter la richesse végétale du site d'étude. Les groupements végétaux sont répartis dans le milieu selon leur tolérance et leur préférence à différents facteurs abiotiques, notamment l'influence des marées, la salinité, la topographie et la nature du sol (Lapointe, 2014).

Les inventaires floristiques et la photointerprétation ont permis d'identifier cinq zones de végétation différentes dans le marais du secteur de Saint-Paul-du-Nord : 1- Bas marais à spartine alterniflore ; 2- Bas marais ; 3- Haut marais ; 4- Prairie herbacée salée ; 5 - Prairie herbacée humide (Figure 10). Huit zones de végétation différentes ont été identifiées dans le marais du secteur de la BMV : 1- Bas marais à spartine alterniflore ; 2- Bas marais ; 3- Haut marais ; 4- Marécage (typhaie) ; 5- Marécage arbustif ; 6 - Prairie herbacée salée ; 7- Prairie herbacée humide ; 8- Prairie herbacée salée et lande arbustive (Figure 10). Des herbiers de zostère de superficie variée sont présents au pourtour de la zone d'étude.

Les caractéristiques des différents types d'habitat des deux secteurs d'étude ainsi que des principales plantes rencontrées sont présentées dans les paragraphes suivants. Les relevés des stations et la liste exhaustive des plantes répertoriées sont insérés en annexe I et le statut des plantes en annexe II.

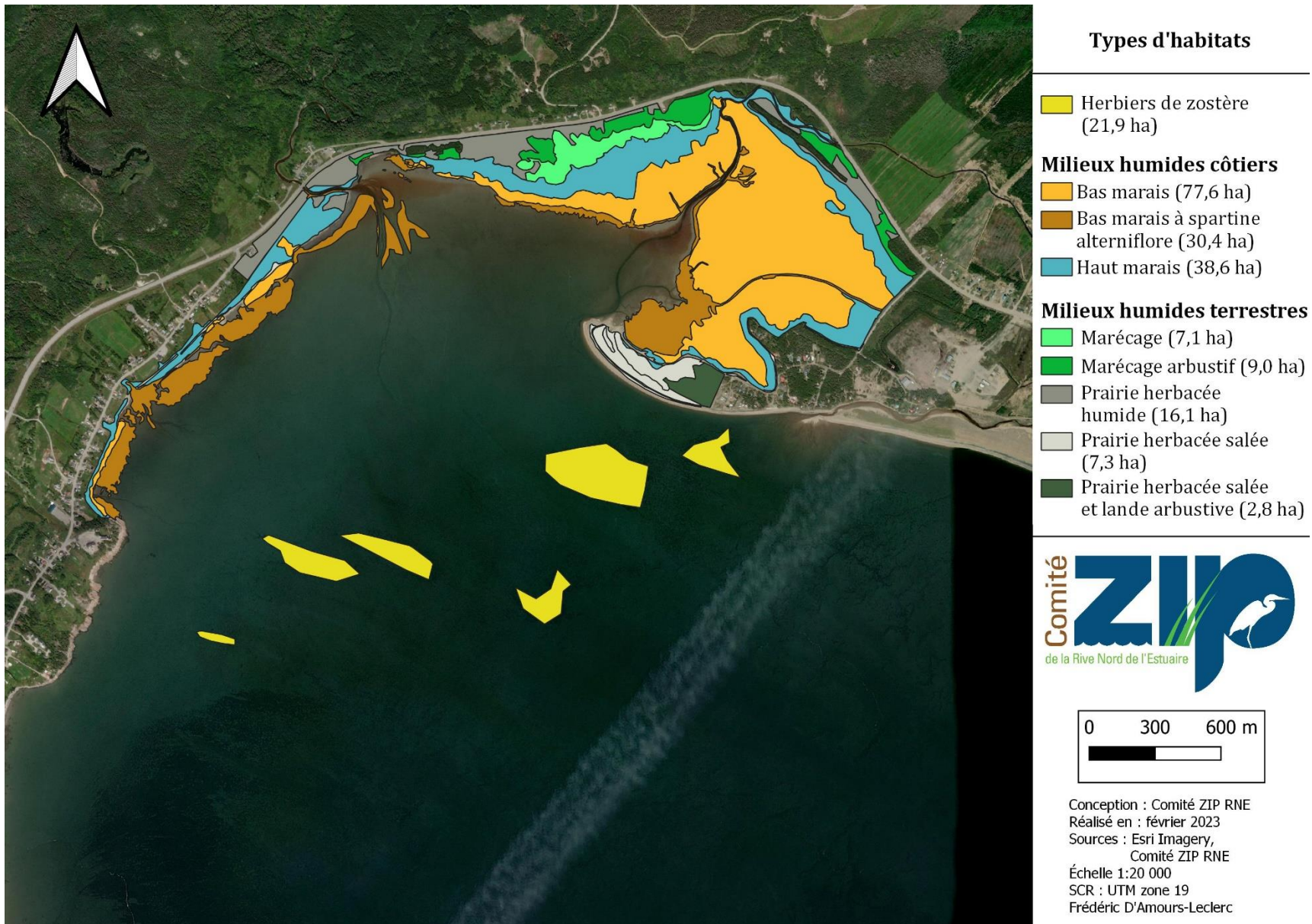


Figure 10. Zones de végétation des marais des secteurs d'étude.

6.2.1 Répartition des types d'habitat

Secteur de Saint-Paul-du-Nord

Le marais du secteur de Saint-Paul-du-Nord est divisé par des bandes plus ou moins larges (slikke, schorre inférieur et schorre supérieur) parallèles au rivage (Figures 10 et 11). Les bas marais à spartine alterniflore dominant l'espace dans ce secteur, occupant 53 % de la superficie (Figure 12). Les hauts marais sont le deuxième habitat d'importance, recouvrant 26 % de la superficie. Une fine bande de bas marais est présente dans certains segments du marais alors qu'ils sont absents dans d'autres. Les prairies herbacées humides et salées occupent respectivement 2 % et 11 % de la superficie.

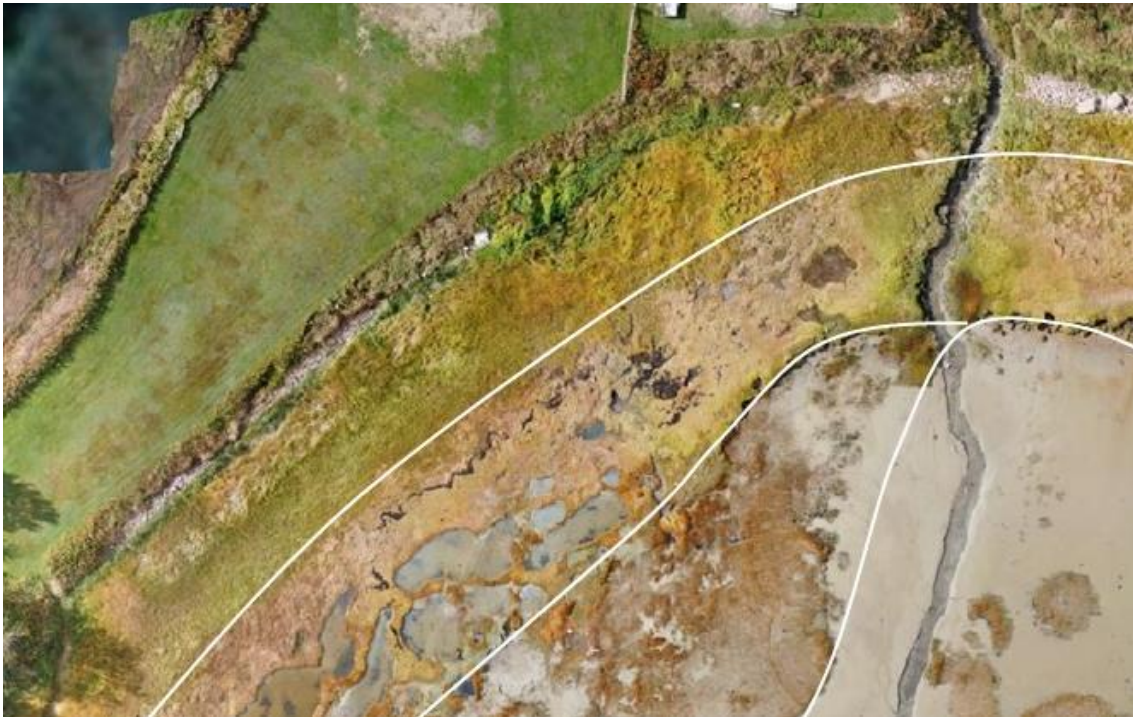


Figure 11. Vue aérienne de l'extrémité ouest du marais du secteur de Saint-Paul-du-Nord (2021).

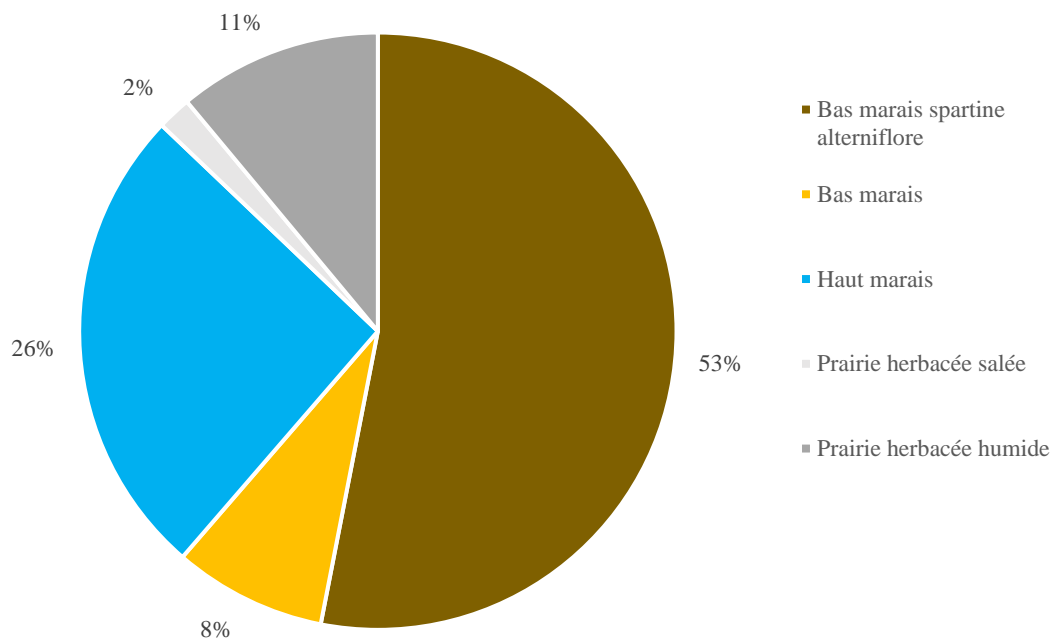


Figure 12. Importance relative des différentes zones de végétation dans le marais du secteur de Saint-Paul-du-Nord (2021).

Secteur de la baie de Mille-Vaches (BMV)

Les bas marais dominent l'espace dans le marais du secteur de la BMV, représentant 48 % (Figures 10, 13 et 14). Les hauts marais sont le deuxième habitat d'importance, recouvrant 19 % de la superficie. Contrairement au marais du secteur de Saint-Paul-du-Nord, les bas marais à spartine alterniflore du secteur de la BMV ne représentent que 8 % de l'espace. Une plus grande diversité de milieux humides dulcicoles est présente dans ce secteur, les prairies et les marécages représentant respectivement 14 % et 11 % de l'espace.



Figure 13. Vue aérienne de l'étalement des différents types d'habitats dans le secteur de la BMV (2021).

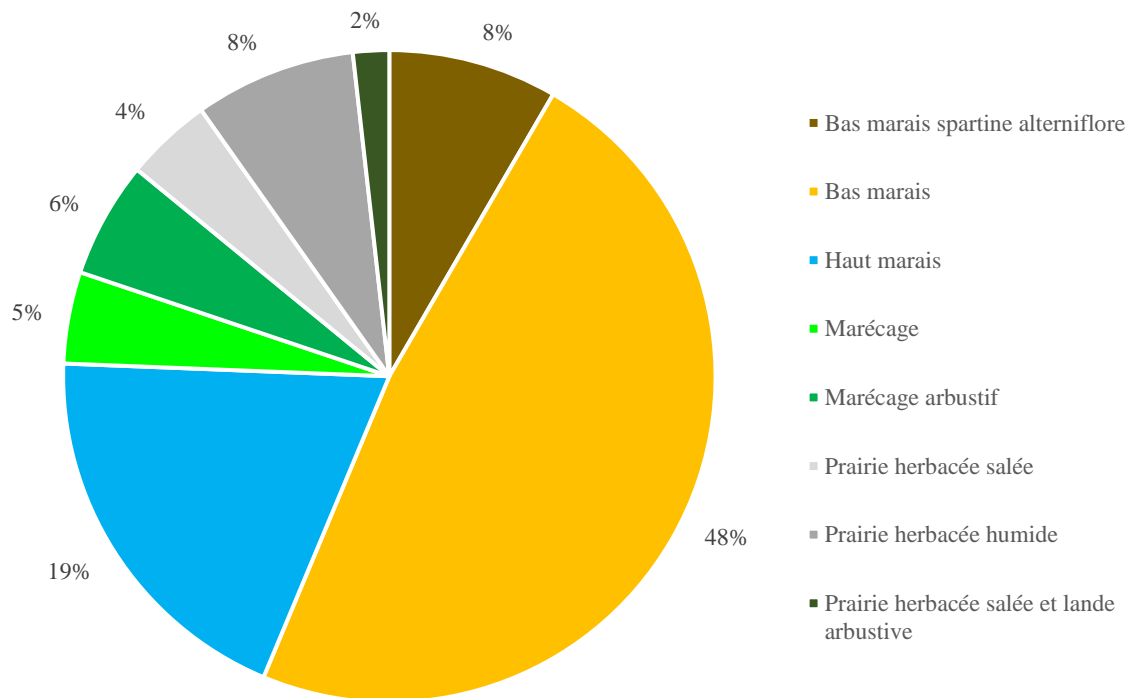


Figure 14. Importance relative des différentes zones de végétation dans le marais du secteur de la BMV (2019-2021).

6.2.2 Le marais du secteur de Saint-Paul-du-Nord

Les bas et les hauts marais du secteur de Saint-Paul-du-Nord sont caractérisés par des plantes herbacées, partiellement ou complètement submergées au cours de la saison de croissance (MDDEP, 2006). Trois cours d'eau permanents traversent ce secteur (Figure 15). Des traces d'érosion, d'ensablement et de bancs végétalisés sont présentes le long du bas marais à spartine alterniflore. Des marelles, colonisées par la ruppie maritime (*Ruppia maritima*), se trouvent en grande quantité.



Figure 15. Vue aérienne des hauts et bas marais adjacents à l'un des cours d'eau permanents traversant le marais du secteur de Saint-Paul-du-Nord (2021).

Bas marais à spartine alterniflore

Les bas marais à spartine alterniflore dominent l'espace des parties basses du schorre inférieur (Figure 16). Ils sont relativement uniformes et peu diversifiés en espèce. Une station d'échantillonnage ainsi qu'une vidéo de repérage ont été réalisées (Station MV5, Figure 6 et Vidéo MV12, Annexe I). La spartine alterniflore domine l'espace, d'un recouvrement d'environ 5-25 %. Dans les secteurs plus élevés, elle partage l'espace avec une autre espèce halophile, la salicorne d'Europe (*Salicornia depressa*).

La transition vers la slikke n'est pas graduelle, mais se fragmente dans sa partie inférieure. Plusieurs radeaux de spartine alterniflore arrachés laissent des espaces libres de végétation (Figure 16). Il est situé sur du sable très fin limoneux, qui se trouve par-dessus un dépôt marin de faciès d'eau peu profonde.



Figure 16. Vue aérienne des bas marais à spartine alterniflore et des bas marais du secteur de Saint-Paul-du-Nord (2021).

Bas marais

La partie supérieure des bas marais se diversifie en espèce, mais seule une mince bande végétalisée occupe certains segments légèrement plus élevés (Figure 16), alors qu'elle est absente dans d'autres (Figure 10). Une station d'échantillonnage et trois vidéos de repérage permettent de faire ressortir les différents cortèges de plantes dominantes (Station MV6, Figure 6 et Vidéos MV3, MV8 et MV10, Annexe I). Les bas marais sont situés sur du loam organique, qui se trouve au-dessus d'une couche de sable très fin argileux, suivi d'un dépôt marin de faciès d'eau peu profonde.

La spartine alterniflore est toujours omniprésente, mais elle partage l'espace avec la spartine étalée (*Sporobolus pumilus*) dans les zones de transition. La fétuque rouge (*Festuca rubra subsp. rubra*), le plantain maritime (*Plantago maritima*), le troscart

maritime (*Triglochin maritima*), la glaux maritime (*Lysimachia maritima*), la spergulaire du Canada (*Spergularia canadensis*), la salicorne d'Europe, le troscart de Gaspésie (*Triglochin gaspensis*) et la limonie de Nash (*Limonium carolinianum*) sont présents en faible abondance (Tableau 3). On retrouve dans les mares la ruppie maritime. Des plantes typiques des eaux douces et saumâtres bordent les rives des cours d'eau : le scirpe piquant (*Schoenoplectus pungens var. pungens*), l'éléocharide naine (*Eleocharis parvula*) et la calla des marais (*Calla palustris*). L'apport d'eau douce des ruisseaux explique probablement leur présence.

Tableau 3. Principales plantes rencontrées dans les bas marais (par ordre d'importance).

Nom scientifique
Spartine alterniflore (<i>Sporobolus alterniflorus</i>)
Spartine étalée (<i>Sporobolus pumilus</i>)
Fétuque rouge (<i>Festuca rubra</i>)
Plantain maritime (<i>Plantago maritima</i>)
Troscart maritime (<i>Triglochin maritima</i>)
Glaux maritime (<i>Lysimachia maritima</i>)
Limonie de Nash (<i>Limonium carolinianum</i>)
Salicorne d'Europe (<i>Salicornia depressa</i>)
Spergulaire du Canada (<i>Spergularia canadensis</i>)
Troscart de Gaspésie (<i>Triglochin gaspensis</i>)
Scirpe piquant (<i>Schoenoplectus pungens var. pungens</i>), rives
Calla des marais (<i>Calla palustris</i>), rives
Éleocharide naine (<i>Eleocharis parvula</i>), rives
Ruppie maritime (<i>Ruppia maritima</i>), mares

Haut marais

Bien que deux fois plus petit que les bas marais (Figure 4), les hauts marais occupent une zone plus élevée, adjacents aux zones urbanisées ou aux prairies herbacées (Figure 10). Une station et deux vidéos de repérage ont été réalisées dans la portion des hauts marais (Station MV4, Figure 6 et Vidéos VID10 et VID11, Annexe I).

Les hauts marais sont situés sur une mince couche de loam organique, qui se trouve sur du loam limoneux suivi d'un dépôt marin de faciès d'eau peu profonde. Les plantes dominantes sont de manière générale typiques des hauts marais salés. On retrouve en grande abondance l'hiéochloé odorante (*Anthoxanthum nitens subsp. nitens*) et le carex paléacé (*Carex paleacea*). On retrouve aussi en plus faible abondance la potentille du Groenland (*Potentilla anserina subsp. groenlandica*), le laiteron des champs (*Sonchus arvensis subsp. arvensis*), le jonc de la Baltique (*Juncus balticus subsp. littoralis*) et la spartine pectinée (*Sporobolus michauxianus*) (Tableau 4). Des lobes de débordement sableux ainsi que des débris laissés lors des hautes marées sont présents à la partie supérieure des hauts marais (Figure 17).



Figure 17. Vue des hauts marais (à gauche) et des lobes d'ensablement (à droite) (2021).

Tableau 4. Principales plantes rencontrées dans les hauts marais (par ordre d'importance).

Nom scientifique
Hiérocloé odorante (<i>Anthoxanthum nitens subsp. nitens</i>)
Carex paléacé (<i>Carex paleacea</i>)
Potentille du Groenland (<i>Potentilla anserina subsp. groenlandica</i>)
Laiteron des champs (<i>Sonchus arvensis subsp. arvensis</i>)
Jonc de la Baltique (<i>Juncus balticus subsp. littoralis</i>)
Spartine pectinée (<i>Sporobolus michauxianus</i>)

Une butte anthropique se trouve adjacente à l'un des segments des hauts marais. Elle est fort probablement d'origine anthropique, mise en place pour protéger les champs en arrière du front de mer. À 20 cm de la surface, il y a présence de pierres dans l'horizon dans l'un des segments des haut marais (Station MV4), qui est probablement originaire des activités de labour dans les décennies antérieures. La butte est colonisée par des plantes typiques des hauts marais salés et de prairies herbacées salées : chiendent commun (*Elymus repens*) et livèche d'Écosse (*Ligusticum scoticum*).

Milieus humides connexes

Les prairies herbacées sont les milieux humides les plus fréquents, elles se divisent en prairie herbacée salée et prairie herbacée humide (Figure 18). Les prairies herbacées salées longent un petit segment entre les hauts marais et les bas marais à spartine alterniflore, sous l'influence des embruns salés, alors que les prairies herbacées humides sont dans les espaces sans influence des marées.

Une station a été réalisée dans la prairie salée et une vidéo de repérage dans la prairie humide (Station MV7 et Vidéo MV9, Figure 6, Annexe I). Une prairie humide salée est située sur une mince couche sable grossier, suivie par du gravier. Elle se trouve en haut de la butte, fort probablement anthropisée (Figure 18). Les espèces dominantes sont la gesse maritime (*Lathyrus japonicus*), la vesce jargeau (*Vicia cracca*), l'élyme des sables (*Leymus mollis subsp. mollis*), l'épilobe à feuilles étroites (*Chamaenerion angustifolium subsp. angustifolium*) et la calamagrostide du Canada (*Calamagrostis canadensis var. canadensis*) (Tableau 5). Elles sont accompagnées par le chiendent

commun, l'élyme à chaumes rudes (*Elymus trachycaulus* subsp. *trachycaulus*), la spartine pectinée, la potentille du Groenland, le framboisier sauvage (*Rubus idaeus* subsp. *strigosus*), l'achillée millefeuilles (*Achillea millefolium*) et la sanguisorbe du Canada (*Sanguisorba canadensis*).



Figure 18. Vue de la butte, prairie herbacée salée (2021).

Tableau 5. Principales plantes rencontrées dans les prairies herbacées salées (par ordre d'importance).

Nom scientifique
Gesse maritime (<i>Lathyrus japonicus</i>)
Vesce jargeau (<i>Vicia cracca</i>)
Élyme des sables (<i>Leymus mollis</i> subsp. <i>mollis</i>)
Épilobe à feuilles étroites (<i>Chamaenerion angustifolium</i> subsp. <i>angustifolium</i>)
Calamagrostide du Canada (<i>Calamagrostis canadensis</i> var. <i>canadensis</i>)
Chiendent commun (<i>Elymus repens</i>)
Élyme à chaumes rudes (<i>Elymus trachycaulus</i> subsp. <i>trachycaulus</i>)
Spartine pectinée (<i>Sporobolus micahuxianus</i>)
Potentille du Groenland (<i>Potentilla anserina</i> subsp. <i>groenlandica</i>)
Framboisier sauvage (<i>Rubus idaeus</i> subsp. <i>strigosus</i>)
Achillée millefeuilles (<i>Achillea millefolium</i>)
Sanguisorbe du Canada (<i>Sanguisorba canadensis</i>)

Les prairies herbacées humides situées dans le secteur de Saint-Paul-du-Nord ont une faible diversité d'espèce (Figure 19). Les plantes dominantes sont l'aster à ombelles (*Doellingeria umbellata* var. *umbellata*), le pâturin des prés (*Poa pratensis* subsp.

pratensis), la sanguisorbe du Canada, la vesce jargeau, la calamagrostide du Canada et le framboisier sauvage.



Figure 19. Vue de la prairie herbacée humide (2021).

6.2.3 Le marais du secteur de la BMV

La spartine alterniflore domine les parties basses des bas marais du secteur de la BMV alors qu'elle partage l'espace avec d'autres espèces halophiles dans les secteurs plus élevés : la glaux maritime, la salicorne d'Europe, le plantain maritime, le troscart maritime, la limonie de Nash et la spergulaire du Canada. La végétation se diversifie davantage dans les hauts marais. Elle est composée d'une herbaçaie salée dominée par des carex et des graminées. On y trouve en grande quantité le jonc de la Baltique, la fétuque rouge et le carex paléacé. La spartine étalée est également présente dans les zones de transition.

Deux rivières, à la Truite et Éperlan, ainsi que de nombreux étiers d'écoulement (chenaux) traversent le marais du secteur de la BMV (Figure 20). La caractérisation des communautés végétales des bas et hauts marais est complexe. La variation au niveau du substrat, du taux de salinité et du temps d'immersion par les marées mènent à des compositions floristiques très hétérogènes et à une mosaïque d'habitats particuliers. Le carex de Mackenzie (*Carex mackenziei*), la ruppie maritime et le scirpe

maritime (*Bolboschoenus maritimus subsp. paludosus*) se trouvent dans les marelles, alimentées lors des marées.



Figure 20. Vue aérienne des bas et hauts marais du marais du secteur de la BMV (2021).

Bas marais à spartine alterniflore

Les bas marais à spartine alterniflore occupent les parties basses du schorre inférieur (Figure 10). Il est relativement uniforme en composition floristique, mais la transition vers la slikke ne l'est pas. Certains segments sont en progression (bancs végétalisés) alors que d'autres sont en érosion (microfalaises) ou enfouis par des sédiments sableux (p. ex. la zone à proximité de la flèche littorale de la pointe à Émile). Plusieurs radeaux de spartine alterniflore arrachés laissent des espaces libres de végétation (Figure 21). Les bas marais sont situés sur de l'argile, un dépôt marin de faciès d'eau peu profonde.



Figure 21. Vue aérienne du schorre inférieur (2021).

Une station a été réalisée dans les bas marais (Station S09, Figure 6, Annexe I). La spartine alterniflore domine la partie inférieure des bas marais. Elle partage l'espace avec d'autres espèces halophiles plus faible en abondance dans les secteurs plus élevés : la salicorne d'Europe et la spergulaire du Canada (Tableau 6).

Tableau 6. Principales plantes rencontrées dans les bas marais à spartine alterniflore (par ordre d'importance).

Nom scientifique
Spartine alterniflore (<i>Sporobolus alterniflorus</i>)
Salicorne d'Europe (<i>Salicornia depressa</i>)
Spergulaire du Canada (<i>Spergularia canadensis</i>)

Bas marais

Un amalgame d'assemblage de différentes plantes dominantes se trouve dans les bas marais selon les variations topographiques (Figure 22). La partie supérieure du schorre inférieur se diversifie. Deux stations permettent de faire ressortir les différents cortèges de plantes dominantes (Stations MV2 et S08, Figure 6, Annexe I). La spartine alterniflore est toujours omniprésente, mais en plus faible abondance. Elle partage l'espace avec différents cortèges végétaux : la fétuque rouge, le plantain maritime, le troscart maritime et la spartine pectinée (Tableau 7). On observe

également en plus faible abondance dans les sections les plus élevées des bas marais la limonie de Nash, la spartine étalée, la glaux maritime et le plantain maritime. Une grande abondance de salicorne d'Europe et de spergulaire du Canada colonise les dépressions alors qu'on retrouve la spartine étalée et alterniflore aux bordures des étiers.



Figure 22. Vue des bas marais (2021).

Tableau 7. Principales plantes rencontrées dans les bas marais (par ordre d'importance).

Nom scientifique
Fétuque rouge (<i>Festuca rubra</i>)
Plantain maritime (<i>Plantago maritima</i>)
Troscart maritime (<i>Triglochin maritima</i>)
Spartine étalée (<i>Sporobolus pumilus</i>)
Spartine alterniflore (<i>Sporobolus alterniflorus</i>)
Glaux maritime (<i>Lysimachia maritima</i>)
Limonie de Nash (<i>Limonium carolinianum</i>)
Salicorne d'Europe (<i>Salicornia depressa</i>), dépression
Spergulaire du Canada (<i>Spergularia canadensis</i>), dépression

Haut marais

Les hauts marais sont adjacents à différents types de milieux humides. La strate herbacée domine l'espace et la strate arbustive s'y trouve en très faible abondance. Il y a présence de nombreuses marelles, alimentées par les chenaux lors des marées. Le carex de Mackenzie, la ruppie maritime et le scirpe des marais salés (*Bolboschoenus maritimus subsp. paludosus*) colonisent ces micro-habitats. Il est situé sur une mince couche de loam organique ou d'argile, qui se trouve sur du loam ou de l'argile, suivi d'un dépôt marin de faciès d'eau peu profonde. Trois stations ont été réalisées dans la portion des hauts marais (Stations S05, S07 et MV1, Figure 6, Annexe I).

Les hauts marais sont une mosaïque d'habitats qui varie selon les élévations. La fétuque rouge, le jonc de la baltique, la spartine étalée, le carex paléacé et l'hiéochloé odorante sont les plantes dominantes (Tableau 8). On retrouve aussi en plus faible abondance dans les secteurs les moins élevés, la glaux maritime, le plantain maritime, la potentille du Groenland (Station MV1) (Figure 23). La livèche d'Écosse, l'aster de la Nouvelle-Belgique (*Symphyotricum novi-belgii var. novi-belgii*) et la calamagrostide contractée (*Calamagrostis stricta subsp. inexpansa*) sont quant à elles présentes dans les portions supérieures de la station S05 (Figure 23).



Figure 23. Vue de la station MV1 (en haut) et de la station S05 (en bas) (2020).

Tableau 8. Principales plantes rencontrées dans les hauts marais (par ordre d'importance).

Nom scientifique
Fétuque rouge (<i>Festuca rubra</i>)
Jonc de la Baltique (<i>Juncus balticus</i> subsp. <i>littoralis</i>)
Carex paléacé (<i>Carex paleacea</i>)
Spartine étalée (<i>Sporobulus pumilus</i>)
Potentille du Groenland (<i>Potentilla anserina</i> subsp. <i>groenlandica</i>)
Plantain maritime (<i>Plantago maritima</i>)
Glaux maritime (<i>Lysimachia maritima</i>)
Livèche d'Écosse (<i>Ligusticum scoticum</i>)
Aster de la Nouvelle-Belgique (<i>Symphyotricum novi-belgii</i> var. <i>novi-belgii</i>)
Calamagrostide contractée (<i>Calamagrostis stricta</i> subsp. <i>inexpansa</i>)
Hiéochloé odorante (<i>Anthoxanthum nitens</i> subsp. <i>nitens</i>)
Carex de Mackenzie (<i>Carex mackenziei</i>), mares
Ruppie maritime (<i>Ruppia maritima</i>), mares
Scirpe des marais salés (<i>Bolboschoenus maritimus</i> subsp. <i>paludosus</i>), mares

Prairies herbacées

Les prairies herbacées sont les milieux humides les plus fréquents, elles se divisent en prairie salée, en prairie humide ainsi qu'en prairie salée et lande arbustive. Les prairies herbacées salées occupent les espaces soumis aux PMSGM ou aux embruns salés, au centre de la pointe à Émile, alors que les prairies herbacées humides sont dans les espaces sans influence des marées. Des prairies herbacées salées et de landes arbustives se trouvent au milieu de la pointe à Émile (Figure 10).

Six stations ont été réalisées dans les prairies herbacées, soit deux dans des prairies humides (Stations S04 et S12) et quatre dans des prairies salées (Stations S01 à S03 et S06 (Figure 6, Annexe I).

Praires herbacées humides

La station S04 a été réalisée à proximité de la pointe à Émile et la station S12 le long de la route 138 (Figure 6). La prairie herbacée de la station S04 se trouve sur une mince couche de matière organique, suivie par du sable moyen qui est par-dessus un dépôt de surface d'une plage soulevée(S04) alors que celle de la station 12 se trouve sur du loam, par-dessus de l'argile. C'est un dépôt marin de faciès d'eau peu profonde.

La station S04 a une strate arbustive de moins d'un mètre de haut de 50 % de recouvrement : genévrier commun déprimé (*Juniperus communis var. depressa*), airelle rouge (*vaccinium vitis-idaea*), framboisier sauvage et cornouiller hart-rouge (*Cornus sericea*). La strate herbacée est dominante. On y observe en forte abondance l'ammophile à ligule courte (*Ammophila breviligulata*), la canche flexueuse (*Avenella flexuosa*), la fétuque rouge, l'élyme des sables (*Leymus mollis subsp. mollis*) et l'épilobe glanduleux (*Epilobium ciliatum subsp. glandulosum*) (Tableau 9).

Tableau 9. Principales plantes rencontrées dans les prairies herbacées humides S04 (par ordre d'importance).

Nom scientifique
Ammophile à ligule courte (<i>Ammophila breviligulata</i>)
Canche flexueuse (<i>Avenella flexuosa</i>)
Fétuque rouge (<i>Festuca rubra subsp. rubra</i>)
Élyme des sables (<i>Leymus mollis subsp. mollis</i>)
Framboisier sauvage (<i>Rubus idaeus subsp. strigosus</i>)
Épilobe glanduleux (<i>Epilobium ciliatum subsp. glandulosum</i>)
Genévrier commun déprimé (<i>Juniperus communis var. depressa</i>)
Airelle rouge (<i>vaccinium vitis-idaea</i>)
Cornouiller hart-rouge (<i>Cornus sericea</i>)

La station S12 n'a pas de strate arbustive (Tableau 10). Les espèces dominantes sont la calamagrostide du Canada (*Calamagrostis canadensis var. canadensis*) et l'épilobe glanduleux. Ces espèces partagent l'espace avec la vesce jargeau, le framboisier sauvage, l'agrostide stolonifère (*Agrostis stolonifera*), la quenouille à feuille large (*Typha latifolia*), le jonc de la Baltique et le jonc brévicaudé (*Juncus brevicaudatus*).

Tableau 10. Principales plantes rencontrées dans les prairies herbacées humides S12 (par ordre d'importance).

Nom scientifique
Calamagrostide du Canada (<i>Calamagrostis canadensis var. canadensis</i>)
Épilobe glanduleux (<i>Epilobium ciliatum subsp. glandulosum</i>)
Vesce jargeau (<i>Leymus mollis subsp. mollis</i>)
Framboisier sauvage (<i>Rubus idaeus subsp. strigosus</i>)
Agrostide stolonifère (<i>Agrostis stolonifera</i>)
Quenouille à feuille large (<i>Typha latifolia</i>)
Jonc de la Baltique (<i>Juncus balticus subsp. littoralis</i>)
Jonc brévicaudé (<i>Juncus brevicaudatus</i>)

Prairies herbacées salées

Trois des quatre stations sont similaires, elles sont situées sur une couche de sable fin à moyen, le long de la pointe à Émile (Stations S01 à S03, Figure 6). Les espèces dominantes sont la gesse maritime (*Lathyrus japonicus*) et l'élyme des sables (Tableau 11). L'ammophile à ligule courte (*Ammophila breviligulata*) se trouve aussi en très grande abondance dans la station S02, avec un recouvrement de plus de 50%. En plus faible abondance, on observe aussi la fétuque rouge.

Tableau 11. Principales plantes rencontrées dans les prairies salées (Stations S01 à S03) (par ordre d'importance).

Nom scientifique
Gesse maritime (<i>Lathyrus japonicus</i>)
Élyme des sables (<i>Leymus mollis subsp. mollis</i>)
Vesce jargeau (<i>Vicia cracca</i>)
Ammophile à ligule courte (<i>Ammophila breviligulata</i>)
Fétuque rouge (<i>Festuca rubra subsp. rubra</i>)

La station S06 a été réalisée à proximité des hauts marais, plus éloignée de la pointe à Émile (Figure 6). Elle présente une plus grande diversité d'espèces que les autres stations de prairies salées. La station 06 est située sur une mince couche matière organique, par-dessus de l'argile sableuse, suivi d'un dépôt marin de faciès d'eau peu profonde. Les espèces dominantes sont la gesse maritime, la vesce jargeau, l'élyme des sables, l'aralie à tige nue (*Aralia nudicaulis*), l'airelle rouge, le bleuet à feuilles étroites (*Vaccinium angustifolium*), la camarine noire (*Empetrum nigrum subsp. nigrum*) et l'épilobe glanduleux (Tableau 12). Une strate arborescente de 20 % de recouvrement et une strate arbustive de 30 % colonise ce milieu. On y retrouve du peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides*) et l'aulne rugueux (*Alnus incana subsp. rugosa*).

Tableau 12. Principales plantes rencontrées dans les prairies salées (Station S06) (par ordre d'importance).

Nom scientifique
Gesse maritime (<i>Lathyrus japonicus</i>)
Vesce jargeau (<i>Vicia cracca</i>)
Élyme des sables (<i>Leymus mollis subsp. mollis</i>)
Aralie à tige nue (<i>Aralia nudicaulis</i>)
Airelle rouge (<i>Vaccinium vitis-idaea</i>)
Bleuet à feuilles étroites (<i>Vaccinium angustifolium</i>)
Camarine noire (<i>Empetrum nigrum subsp. nigrum</i>)
Épilobe glanduleux (<i>Epilobium ciliatum subsp. glandulosum</i>)
Peuplier faux-tremble (<i>Populus tremuloides</i>)
Aulne rugueux (<i>Alnus incana subsp. rugosa</i>)

Marécages

Deux stations ont été réalisées dans chaque type de marécage (Stations S10 et S11, Figure 6, Annexe I). Ils sont situés sur une couche de matière organique fibrique sur plus de 130 cm de profondeur. La station S10 est un marécage arbustif alors que la station S11 est un marécage de type typhaie.

Les marécages arbustifs sont dominés par la strate arbustive, avec 90 % de recouvrement. L'espèce dominante est le bouleau à feuilles cordées (*Betula cordifolia*), avec plus de 50 % de recouvrement (Tableau 13). On y trouve aussi en grande abondance le cornouiller hart-rouge, le framboisier sauvage et la ronce pubescente (*Rubus pubescens*). La strate herbacée est aussi présente avec 50 % de recouvrement. Les espèces dominantes sont l'impatiante du cap (*Impatiens capensis*), le pigamon pubescent (*Thalictrum pubescens*) et la calamagrostide du Canada.

Tableau 13. Principales plantes rencontrées dans les marécages arbustifs (par ordre d'importance).

Nom scientifique
Bouleau à feuilles cordées (<i>Betula cordifolia</i>)
Cornouiller hart-rouge (<i>Cornus sericea</i>)
Framboisier sauvage (<i>Rubus idaeus subsp. strigosus</i>)
Ronce pubescente (<i>Rubus pubescens</i>)
Impatiante du cap (<i>Impatiens capensis</i>)
Pigamon pubescent (<i>Thalictrum pubescens</i>).
Calamagrostide du Canada (<i>Calamagrostis canadensis var. canadensis</i>)

Les strates arbustives et herbacées partagent l'espace des typhaies de la station S11. Les espèces dominantes de la strate herbacée sont le carex de Mackenzie, le carex paléacé, la calamagrostide du Canada, l'aster de la Nouvelle-Belgique et de la quenouille à feuilles larges (Tableau 14). La strate arbustive est composée de l'aulne crispé (*Alnus alnobetula subsp. crispa*).

Tableau 14. Principales plantes rencontrées dans les typhaies (par ordre d'importance).

Nom scientifique
Carex de Mackenzie (<i>Carex mackenziei</i>)
Calamagrostide du Canada (<i>Calamagrostis canadensis var. canadensis</i>)
Quenouille à feuilles larges (<i>Typha latifolia</i>)
Aulne crispé (<i>Alnus alnobetula subsp. crispa</i>)
Carex paléacé (<i>Carex paleacea</i>)
Aster de la Nouvelle-Belgique (<i>Symphyotricum novi-belgii var. novi-belgii</i>)

6.3 Diversité floristique

Au total, 199 espèces végétales ont été répertoriées dans les secteurs d'étude en 2019 et en 2021, soit 193 plantes vasculaires et 6 espèces de lichen et bryophyte (Tableau 15).

Tableau 15. Nombre d'espèces répertoriées par type d'habitat dans les marais des secteurs de Saint-Paul-du-Nord et de la BMV (2019 et 2021).

Type habitats	Nombre d'espèces total
Bas marais à spartine alterniflore	9
Bas marais	24
Haut marais	51
Marécage	24
Marécage arbustif	45
Prairie herbacée salée	70
Prairie herbacée humide	132
Prairie herbacée salée et lande arbustive	NA
Total d'espèces répertoriées	199

Sur les 199 espèces de plantes identifiées, 93,5 % ont un statut indigène (186 espèces) et 6,5 % ont un statut introduit (13 espèces). Sur les 186 indigènes, 65 ont un statut hydrique OBL (Obligé des milieux humides), 57 un statut FACH (facultative des milieux humides) et 64 NI (non-indicatrices des milieux humides) (Annexe II).

On observe un gradient positif de la diversité végétale de la slikke vers les terres, représentatif de l'exposition à la salinité et la topographie du milieu (Figure 24).

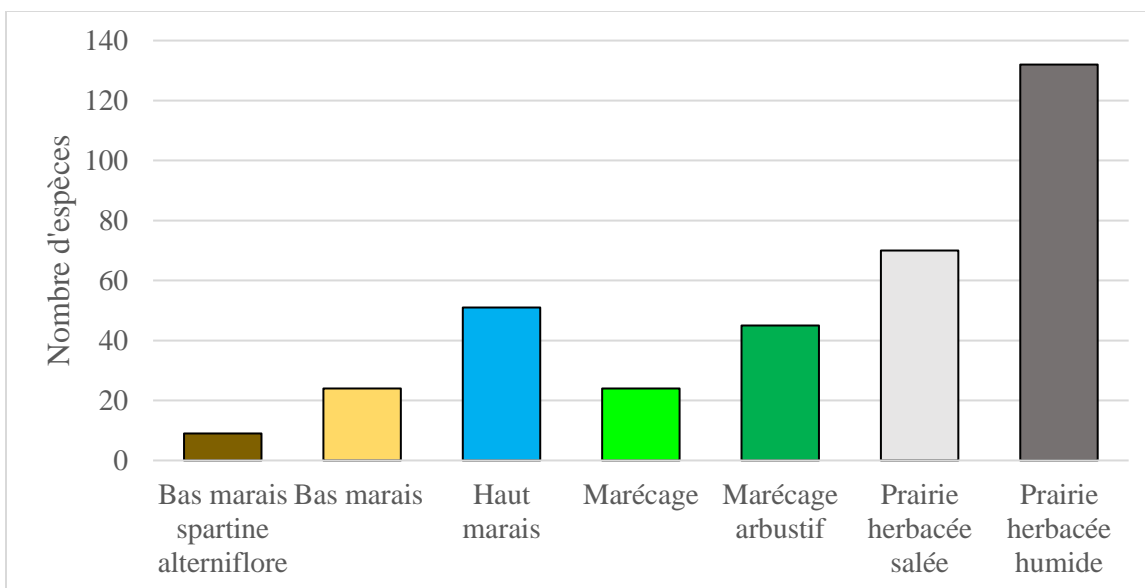


Figure 24. Nombre d'espèces répertoriées par types d'habitats aux marais de la zone d'étude (2019 et 2021).

6.4 Plantes à statut particulier

D'après la documentation consultée et les inventaires terrain réalisés en 2019 et en 2021 par le Comité ZIP RNE, aucune espèce vasculaire à statut n'a été observée dans les deux secteurs d'étude.

6.5 Plantes exotiques envahissantes (PEE)

Trois PEE ont été aperçues dans les marais des deux secteurs d'étude ou à proximité lors des inventaires de 2019 et de 2021 (Figure 25) :

- 1) La renouée du Japon (*Reynoutria japonica*) ;
- 2) L'alpiste roseau (*Phalaris arundinacea* var. *arundicea*) ;
- 3) La salicaire pourpre (*Lythrum salicaria*).

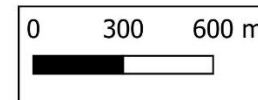


Plantes envahissantes

Marais et milieux humides connexes étudiés

Plantes exotiques envahissantes

- Alpiste faux-roseau
- Renouée du Japon
- Salicaire commune



Conception : Comité ZIP RNE
 Réalisé en : mars 2023
 Sources : Esri Imagery,
 Sentinelle,
 Comité ZIP RNE
 Échelle 1:20 000
 SCR : UTM zone 19
 Frédéric D'Amours-Leclerc

Figure 25. Localisation des plantes exotiques envahissantes dans la zone d'étude ou à proximité.

7. INTERPRÉTATIONS

Les marais sont des écosystèmes où la végétation est soumise à des stress physiques (fréquence d'immersion et salinité) qui conditionnent leur distribution. Ce sont des milieux dynamiques, sensibles aux conditions hydrologiques et sédimentaires ainsi qu'aux pressions anthropiques. Les résultats obtenus permettent de mettre à jour les connaissances floristiques dans les marais des secteurs de Saint-Paul-du-Nord et de la BMV. Les espèces végétales répertoriées sont représentatives de la période saisonnière d'échantillonnage et du trajet réalisé en 2019 et en 2021 (Figure 6).

Le marais du secteur de la BMV a été reconnu par la population régionale comme site naturel d'intérêt lors de consultations publiques tenues en 1999. L'importance écologique de ce marais est qualifiée de très élevée, il est le 2^e marais côtier en importance de la rive nord de l'estuaire maritime (Heppell et *al.*, 2000). Les exportations de nutriments en provenance des marais côtiers enrichissent le milieu marin environnant, la productivité primaire annuelle est évaluée à 30 000 kg/hectare (Argus Groupe-Conseils, 1990). Cet écosystème ainsi que les milieux humides connexes procurent aussi un environnement propice pour les oiseaux migrateurs et nicheurs, qui s'y nourrissent et s'y abritent. Les interventions dans la zone de marais littoraux ainsi que les milieux humides connexes doivent être choisies judicieusement afin de ne pas nuire à la diversité des espèces végétales ainsi qu'à l'intégrité écologique du milieu.

7.1 Diversité végétale

Bien que la végétation des marais soit exposée différemment aux conditions hydrodynamiques selon les secteurs, la composition floristique dans les types d'habitats est similaire. Les inventaires botaniques ont permis de repérer la végétation dominante (et codominante) et de déterminer les habitats supportant ces espèces. La diversité floristique est variable entre les différents types d'habitats qui peuvent être différenciés en fonction de leurs degrés d'isolement vis-à-vis des masses d'eau salée côtière. Comme les marais sont des milieux de transition entre les milieux terrestres et milieux aquatiques, cette hétérogénéité s'explique par le caractère adaptatif de chaque plante face à leur tolérance de salinité et à la fréquence d'inondation (Lapointe, 2014). La diversité des espèces est en lien avec l'altitude des étagements du marais. On observe un gradient positif de la diversité végétale de la slikke vers les terres, représentatif des marais côtiers (Davidson-Arnott *et al.*, 2019). Des herbiers de zostère ont également été observés dans la baie de Mille-Vaches. Ils colonisent la zone infralittorale au pourtour de la zone d'étude, représentant près de 22 hectares.

En plus de la diversité floristique, le statut des plantes (indigène, introduite ou exotique) est un facteur pouvant être pris en compte pour évaluer le niveau d'intégrité de la végétation du marais (Desroches, 2010). La majorité des plantes observées dans les marais des secteurs de Saint-Paul-du-Nord et de la BMV, soit 93,5 %, sont indigènes.

Bien qu'aucune plante à statut n'ait été observée lors des inventaires, ceci n'empêche pas la présence potentielle de cinq d'entre elles, dans et à proximité de la zone d'étude : le botryche du Michigan (*Botrychium michiganense*), le botryche pâle (*Botrychium pallidum*), le carex des glaces (*Carex glacialis*), la matteuccie fougère-à-l'autruche (*Matteuccia struthiopteris*) et la pédiculaire des marais (*Pedicularis palustris* subsp. *palustris*). Ces espèces ont été recensées sur le territoire de la Côte-Nord (Tardif *et al.*, 2016). Par ailleurs, des populations de grande envergure de la pédiculaire des marais ont été recensées dans le marais à Hickey près des Îlets-

Jérémies par le Comité ZIP RNE (2023a) et par Cayouette et Lynch (2009) ainsi que dans le marais de la Pointe-aux-Outardes par le Comité ZIP RNE (Desrochers et *al.*, 2022a). Finalement, une espèce, qui était sur la liste de plantes à statut par le passé, est présente dans le marais du secteur de Saint-Paul-du-Nord, le troscart de la Gaspésie (*Triglochin gaspensis*) (Tardif et *al.*, 2016).

Trois espèces de PEE ont également été répertoriées dans la zone d'étude, à proximité des milieux humides connexes aux marais. Les PEE sont connues pour coloniser les milieux perturbés et envahir les zones dénudées de végétation (Lavoie, 2019). Par conséquent, il faut porter une attention lors de la réalisation de travaux dans les sites colonisés par les PEE. Il ne faudrait pas modifier l'intégrité de ces zones au risque d'initier des conditions propices au développement et à l'expansion de ces colonies de plantes envahissantes.

D'autres PEE non-observées, mais susceptibles de se retrouver dans les marais et milieux humides connexes, pourraient être présentes dans et à proximité de la zone d'étude : la glycérie aquatique (*Glyceria maxima*), la berce du Caucase (*Heraclum mantegazzianum*), l'égopode podagraire (*Aegopodium podagraria*), l'impatiante glanduleuse (*Impatiens glandulifera*), le panais sauvage (*Pastinaca sativa*), la renouée de Bohême (*Reynoutria x bohemica*), la renouée Sakhaline (*Reynoutria sachalinensis*) et le roseau commun (*Phragmites australis subsp. australis*). Ces plantes nuisibles ont toutes été observées sporadiquement sur la Côte-Nord et sont des envahisseurs potentiels des milieux humides.

7.2 Intégrité écologique

Plusieurs critères établis par Joly et *al.* (2008) définissent la valeur écologique des milieux naturels (type de milieu humide, dimension spatiale, fragilité du milieu, etc.). Un total de huit types d'habitats, de formes et de dimensions variées, a été délimité dans les deux secteurs d'étude. Bien que certains de ces écosystèmes soient connectés les uns aux autres, d'autres montrent des signes de fragmentation apparente et d'érosion.

Le nombre de niches écologiques augmente proportionnellement au nombre de types d'habitats. Ainsi, les milieux naturels adjacents sont susceptibles de présenter un plus grand nombre de niches écologiques, de rendre le milieu plus apte à supporter plusieurs espèces et de favoriser leur déplacement (Joly *et al.*, 2008). Les marais des deux secteurs d'étude offrent alors un grand potentiel de niches écologiques en raison de la mosaïque d'habitats naturels directement connectés qui les caractérise et de la grande superficie que chacun d'entre eux couvre. Toute intervention susceptible de fragmenter le milieu ou de nuire à la connectivité des milieux serait néfaste pour les différentes espèces résidentes et visiteuses.

La connectivité de l'ensemble de ces milieux humides et naturels se traduit par l'augmentation de services écologiques offerts au milieu. Cette situation augmente le nombre d'habitats disponibles et par conséquent rend le milieu apte à supporter une plus grande diversité d'espèces (Joly *et al.*, 2008). Elle permet aussi aux espèces de se déplacer sans entrave tandis que la fragmentation des habitats isole les populations fauniques et contribue à leur déclin. La perte et la fragmentation des habitats sont reconnues comme étant des causes importantes de la diminution de la biodiversité (Joly *et al.*, 2008). La fragmentation est donc une menace à l'intégrité écologique. À ce stade-ci, des signes de fragmentation à l'intérieur et au pourtour des marais des secteurs d'étude sont présents et viennent influencer l'intégrité écologique du milieu.

8. SYNTHÈSE

Les résultats obtenus lors des inventaires réalisés en 2019 et en 2021 permettent de générer un portrait global des habitats et des espèces végétales présentes dans les marais des deux secteurs d'étude et des milieux humides connexes. La caractérisation floristique facilitera les futurs travaux de suivi, ce qui permettra de mesurer l'ampleur des changements au sein des écosystèmes. La végétation joue un rôle important dans la croissance des marais par la rétention des sédiments fins nécessaires à la progression du marais au-dessus du NMM (Dionne, 1986). Un couvert végétal dense et diversifié favorisera donc la rétention des sédiments alors qu'on observera un taux d'érosion plus intense dans les zones dénudées (Davidson-Arnott *et al.*, 2019).

Les marais des secteurs de Saint-Paul-du-Nord et de la BMV présentent une diversité d'espèces caractéristique de chaque type d'habitat. Contrairement au marais de la Pointe-aux-Outardes, où les perturbations humaines sont quasi-absentes, les interventions humaines sont très présentes dans ce cas-ci et ont causé des pertes de superficie d'habitats. On y retrouve 199 espèces végétales, dont 186 avec un statut indigène. Les différents assemblages des végétaux ainsi que l'évaluation de leur abondance montrent une diversité spécifique moins élevée que celle obtenue à Pointe-aux-Outardes (337 espèces végétales répertoriées). Cette différence peut être expliquée par la plus grande diversité de type d'habitats présents dans le marais de la Pointe-aux-Outardes, dont un marais estuarien et des tourbières. La modification du territoire dans et au pourtour des marais des secteurs de la BMV et de Saint-Paul-du-Nord comparée à la quasi-absence d'activités anthropiques au marais de la Pointe-aux-Outardes est aussi à considérer.

VOLET ICHTYOLOGIQUE

9. OBJECTIF

L'objectif principal du volet ichtyologique est de faire la caractérisation des populations de poisson qui habitent et visitent les différents habitats du marais du secteur de la BMV (secteurs BMV ouest et BMV est) (Figure 4). Aucun engin de pêche n'a été installé dans les marais des secteurs de Saint-Paul-du-Nord et de la Pointe à Boisvert, le niveau d'eau ne permettait pas d'assurer la survie des espèces capturées.

Cette étude vise l'acquisition de données de références récentes afin de compléter le portrait du milieu dont les derniers inventaires remontent à 1999 et à 2003 (Heppell *et al.*, 2000 ; Canards Illimités Canada, 2004).

10. MATÉRIEL ET MÉTHODE

10.1 Matériel

Des inventaires ont été réalisés en 2019 et en 2021 en vertu des dispositions et restrictions énumérées dans les permis obtenus auprès des gouvernements fédéral et provincial. Pour ces inventaires, trois types d'engins de pêche ont été utilisés (verveux, bourolle et senne de rivage) afin de maximiser le potentiel de capture (Tableau 16).

Tableau 16. Effort d'échantillonnage par engin de pêche¹.

Campagne	Engin de pêche	Nombre d'engins	Effort de pêche
2019	Bourolles	5	3 jours
	Verveux	1	3 jours
	Senne	1	9 traits de senne
2021	Bourolles	2	2 jours
	Verveux	1	2 jours

¹Réfère au nombre de jours/engin pour la bourolle et le verveux. Le nombre de traits de senne sert à quantifier l'effort de pêche pour la senne.

Un verveux est un engin de pêche qui possède un filet pliant qui a la forme d'une longue nasse cylindrique montée sur les anneaux rigides (Figure 26). Il possède aussi deux ailes en filet de chaque côté et un guideau central qui servent à diriger le poisson vers l'ouverture d'entrée.



Figure 26. Verveux déployé dans un chenal principal dans le secteur de la BMV (2021).

Deux types de bourolles ont été employés : des bourolles métalliques et des bourolles en tissu (Figure 27). Quant à la senne, il s'agit d'un grand filet rectangulaire (15 m de longueur sur 1,5 m de hauteur) monté sur deux cordages, l'un flottant et l'autre lesté. Le filet est muni d'une poche en son centre pour récupérer les poissons capturés. L'utilisation de la senne nécessite l'intervention de deux personnes, soit une à chaque extrémité du filet qui se déplace de façon simultanée, à contre-courant.



Figure 27. Déploiement d'une senne dans un chenal du marais (à gauche) et bourolles en tissu (à droite).

10.2 Méthodologie d'inventaire

Pour l'étude des communautés ichtyologiques, les engins de pêche ont été placés dans différents types d'habitats (mares/marelles et chenaux) du marais du secteur de la BMV (Figure 28, Annexe III). Deux campagnes d'échantillonnage ont été réalisées à des périodes saisonnières différentes, soit une à l'été 2019 (29 juillet au 1^{er} août) et une au printemps 2021 (17 mai au 19 mai).

10.2.1 Caractérisation de l'habitat

Pour les deux saisons d'inventaires, que ce soit lors de l'installation des engins de pêche ou lors des relevés, des paramètres physico-chimiques ont été relevés quotidiennement à l'aide d'une sonde multiparamètres Hanna HI-98194 (Température, pH, oxygène dissous, conductivité, salinité) (Annexe III).

10.2.2 Caractérisation de la faune

Verveux

En 2019, lors de la première campagne terrain à l'été (29 juillet au 1^{er} août), le verveux V1 a été installé dans un des chenaux principaux de manière à capturer les poissons pendant la marée montante, soit avec son ouverture dirigée vers le fleuve. Un deuxième verveux V2 a été positionné en 2021 (17 mai au 19 mai) de façon similaire dans un chenal principal (Figure 28).

Bourolles

En 2019, cinq bourolles (B1 à B5) ont été positionnés et deux autres (B6 et B9) ont été rajoutés en 2021 dans des étiers secondaires et tertiaires (Figure 28).

Senne de rivage

En 2019, la senne de rivage a été déployée dans deux zones distinctes de l'estran (slikke et bas marais) ainsi que dans les embouchures de rivière afin de collecter des données dans des zones éloignées des engins de pêche fixes. Neuf traits de senne (TS1 à TS9) ont été réalisés en 2019 dans le secteur de la BMV (Figure 28). Aucun trait de

senne n'a été réalisé en 2021. Chaque coup de senne couvrait une superficie approximative de 500 m² à marée haute descendante.



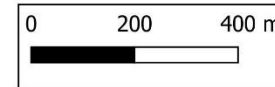
Emplacement des engins de pêche en 2019 et 2021

2019

- Bourolles
- Senne de rivage
- Verveux

2021

- Bourolles
- Verveux



Conception: Comité ZIP RNE
 Réalisé en : Février 2023
 Source: Esri imagery,
 Comité ZIP RNE
 SCR : UTM zone 19N
 Échelle 1:10 000
 Frédéric D'Amours-Leclerc

Figure 28. Emplacement des engins de pêche en 2019 et en 2021.

10.2.3 Prise de données

Les verveux et les bourolles ont été relevés à chaque cycle de 24 heures durant la marée basse pour toutes les périodes de campagne de terrain. À chacune des levées, les poissons capturés ont été identifiés à l'espèce et dénombrés avant d'être relâchés. La longueur totale, de la bouche à l'extrémité de la nageoire caudale, a été mesurée (au millimètre) sur un maximum de trente spécimens par espèce par station.

10.3 Traitement des données

Les données collectées ont été compilées dans des fichiers Excel pour faciliter le traitement et l'analyse des résultats. Le rendement a été calculé pour les différents engins de pêche : la capture par unité d'effort (CPUE). Le CPUE est un indicateur de rendement de l'activité de pêche ; il informe notamment sur la densité du stock de poisson.

11. RÉSULTATS

11.1 Caractéristiques de l'habitat

L'annexe III présente les conditions physico-chimiques observées lors de la collecte à l'été 2019 et au printemps 2021. Ces résultats doivent être considérés comme des données ponctuelles des conditions physico-chimiques et biogéochimiques du marais du secteur de la BMV. Ils ne représentent en aucun cas une moyenne journalière ou annuelle.

Les données de salinité montrent des valeurs fluctuantes entre 0,2 et 30,0 PSU (Annexe III). Ces données indiquent des milieux d'eau douce (salinité inférieure à 1 g/L), saumâtre (salinité comprise entre 1 et 10 g/L) et d'eau salée (salinité au-delà de 10g/L). Les données ont été collectées à marée basse. Les valeurs les plus basses ont été relevées au printemps 2021, dans les étiers principaux (B9 et V2). Les données de saturation en oxygène n'ont pas été collectées en 2019. Les données de 2021 sont comprises entre 6,0 % et 109,9 % (Annexe III).

En ce qui a trait aux données de pH, elles varient entre 6,84 à 8,80 (Annexe III). Les valeurs de pH déterminées afin de préserver la vie aquatique se situent entre 6,5 à 9,0 unités pH (MELCC, 2021b). La température de l'eau fluctue entre 13,2°C et 24,5°C (Annexe III). Les températures les plus basses ont été relevées dans V2 dans l'étier principal lors des inventaires printaniers hâtifs en 2021 tandis que les plus hautes sont observées au filet de senne (S7 et S8) à l'été 2019 durant la saison estivale.

En somme, la variabilité des données physico-chimiques traduit la mosaïque d'habitats que constitue le marais du secteur de la BMV (marelles, estran, chenal secondaire, etc.).

11.2 Distribution et abondance générale

De manière générale, le dénombrement de la faune ichthyenne traduit un nombre relativement restreint d'espèces. Toutefois, l'abondance relative de certaines espèces est élevée. Les campagnes de terrain ont permis de collecter 12 091 individus, répartis en six espèces de poisson (Tableau 17). Les photographies des principales espèces capturées apparaissent à la figure 29.

Tableau 17. Espèces de poissons capturés dans le marais du secteur de la BMV en 2019 et en 2021.

Nom scientifique	Nom commun	Acronyme	Type espèce
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Épinoche à trois épines	GAAC	Saumâtre
<i>Pungitus pungitus</i>	Épinoche à neuf épines	PUPU	Saumâtre
<i>Gasterosteus whetlandi</i>	Épinoche tachetée	GAWH	Saumâtre
<i>Osmerus mordax</i>	Éperlan arc-en-ciel	OSMO	Saumâtre
<i>Anguilla rostrata</i>	Anguille d'Amérique	ANRO	Catadrome
<i>Salvelinus fontinalis</i>	Ombre de fontaine	SAFO	Dulcicole ou Anadrome

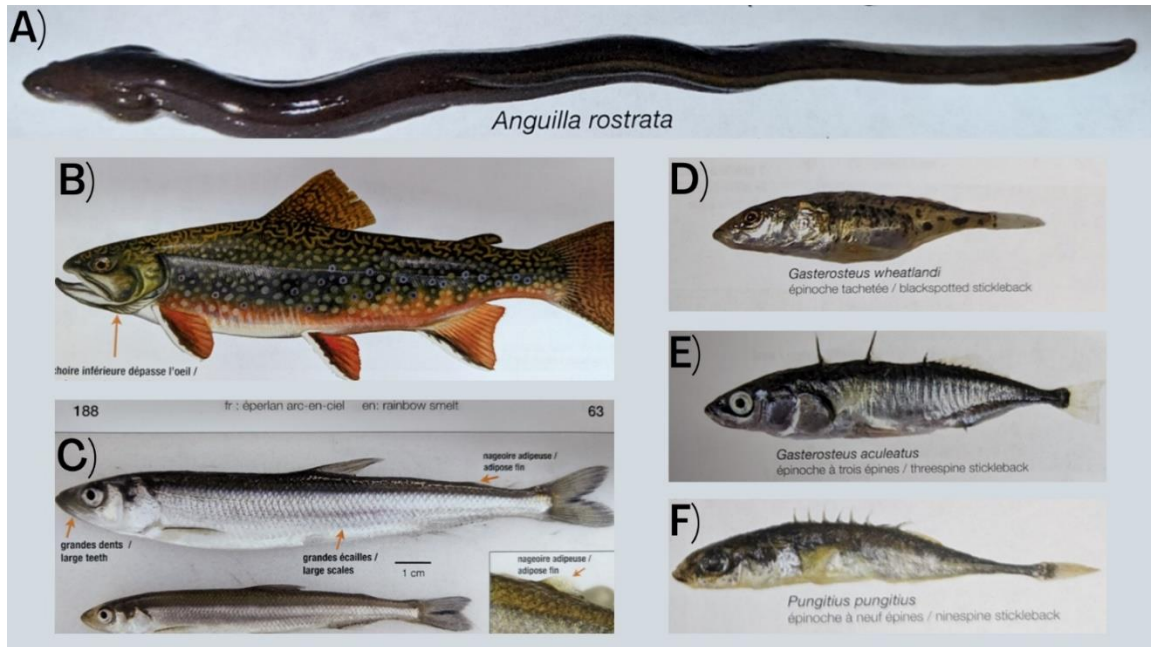


Figure 29. A) Anguille d'Amérique ; B) Omble de fontaine 3 ; C) Éperlan arc-en-ciel ; D) Épinoche tachetée ; E) Épinoche à trois épines ; F) Épinoche à neuf épines.

L'épinoche (de la famille des *Gasterosteidae*) est le poisson le plus représenté. Plus particulièrement, l'épinoche à trois épines (*Gasterosteus aculeatus*) comptabilise l'abondance relative totale la plus élevée (89,6 %) (Tableau 18). L'épinoche tachetée (*Gasterosteus wheatlandi*) et l'épinoche à 9 épines (*Pungitius pungitius*) représentent respectivement 6,0 % et 4,1 % du total des individus capturés. Plusieurs individus d'épinoches capturés en 2019 et en 2021 avaient des traits morphologiques distinctifs de fraie.

L'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) représente moins de 1 % des captures avec 15 individus. L'anguille d'Amérique est désignée menacée selon le COSEPAC. Elle ne possède toutefois aucun statut légal de conservation au Québec. On retrouve également en très faible abondance des individus de l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) et d'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*). L'éperlan arc-en-ciel a été observé lors du suivi en 2019. En raison de son statut d'espèce anadrome, l'espèce migre en rivière pour se reproduire, et ce, généralement de la fin du mois de mai à la mi-juillet.

Tableau 18. Abondance totale des espèces capturées dans le marais du secteur de la BMV (2019 et 2021).

		2019		2021		2019-2021	
		Abondance	Abondance relative (%)	Abondance	Abondance relative (%)	Abondance	Abondance relative (%)
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Épinoche à 3 épines	969	70,0	9 864	92,1	10 833	89,6
<i>Gasterosteus wheatlandi</i>	Épinoche tachetée	-	-	730	6,8	730	6,0
<i>Pungitius pungitius</i>	Épinoche à 9 épines	403	29,1	95	0,9	498	4,1
<i>Anguilla rostrata</i>	Anguille d'Amérique	8	0,6	7	0,1	15	0,1
<i>Salvelinus fontinalis</i>	Ombre de fontaine	2	0,1	11	0,1	13	0,1
<i>Osmerus mordax</i>	Éperlan arc-en-ciel	2	0,1	-	-	2	0,0
		2019		2021		2019-2021	
Nombre total de captures		1 384		10 707		12 091	
Nombre total d'espèces		5		5		6	

11.2.1 Distribution des espèces capturées selon les engins de pêche

Pour la campagne d'échantillonnage du marais du secteur de la BMV, l'essentiel des captures (82,9 %) provient des verveux (Tableau 19). Les verveux ont permis de révéler la présence des six espèces, contrairement aux deux autres engins de pêche qui n'ont capturé que des espèces d'épinoches. Les bourolles totalisent seulement 11,0 % des captures, alors que la senne 6,2 %.

Tableau 19. Nombre d'individus capturés par engin de pêche (2020-2021).

Type d'engin	Nombre d'individus	Abondance relative (%)
Bourolle	1 327	11,0
Senne	745	6,2
Verveux	10 019	82,9
Total général	12 091	100,1

11.2.2 Effort de pêche

Les efforts ont été calculés par type d'engin. Les verveux ont fourni les rendements de pêche (CPUE) les plus élevés, tant en 2019 qu'en 2021, avec respectivement 107,33 captures/nuit-verveux et 4 848,50 captures/nuit-verveux (Tableau 20). En 2019, l'épinoche à neuf épines (PUPU) est l'espèce pour laquelle le CPUE des verveux est le plus élevé avec 71,33 captures/nuit-verveux, suivi par l'épinoche à trois épines (GAAC) avec 32,00 captures/nuit-verveux. Les bourolles et les traits de senne ont été les engins ayant permis de capturer le nombre le moins élevé d'espèces. En 2021, le verveux a principalement permis la capture de l'épinoche à 3 épines (GAAC) avec 4 686,50 captures/nuit-verveux. S'ensuit l'épinoche tachetée (GAWH) avec un CPUE beaucoup plus petit de 153 captures/nuit-verveux. Les bourolles ont révélé un meilleur CPUE en 2021 qu'en 2019, avec 252,5 captures/nuit-bourolles.

Tableau 20. Effort de pêche et de rendement par type d'engin.

Engin	Nombre	Effort	Espèce ¹	Nombre	CPUE ²
2019					
Verveux	1	3 jours – verveux	ANRO	8	2,67
			GAAC	96	32,00
			OSMO	2	0,67
			PUPU	214	71,33
			SAFO	2	0,67
			Total	322	107,33
Bourolles	5	15 jours - bourolles	GAAC	150	10,00
			PUPU	167	11,13
			Total	317	21,13
Sennes	9	4500 m ²	GAAC	723	0,16
			PUPU	22	0,00
			Total	745	0,17
2021					
Verveux	1	2 jours- verveux	ANRO	7	3,50
			GAAC	9 373	4 686,50
			GAWH	306	153,00
			SAFO	11	5,50
			Total	9 697	4 848,50
Bourolle	2	4 jours- bourolles	GAAC	491	122,75
			GAWH	424	106,00
			PUPU	95	23,75
			Total	1 010	252,50

¹ANRO : Anguille d'Amérique ; GAAC : Épinoche à 3 épines ; GAWH : Épinoche tachetée ; PUPU : Épinoche à 9 épines ; OSMO : Éperlan arc-en-ciel ; SAFO : Omble de fontaine.

²CPUE : Capture par unité d'effort.

11.3 Longueur des poissons

La figure 20 compare les données de longueur moyenne (mm) des différentes espèces par engin de pêche (Annexe IV). Les espèces totalisant moins de 5 individus n'ont pas été intégrées. Certaines espèces du tableau 20 sont donc manquantes de la figure 30. L'espèce possédant la longueur moyenne la plus grande est l'anguille d'Amérique avec une moyenne de 398 mm. Les espèces d'épinoches, véritables espèces fourragères des marais, ont des longueurs moyennes variées. De manière générale, la taille moyenne des différentes espèces d'épinoches varie entre 24 mm à 54 mm. Les individus les plus grands pour chacune des espèces ont été capturés par l'intermédiaire des verveux alors que les plus petits par les sennes (Figure 30).

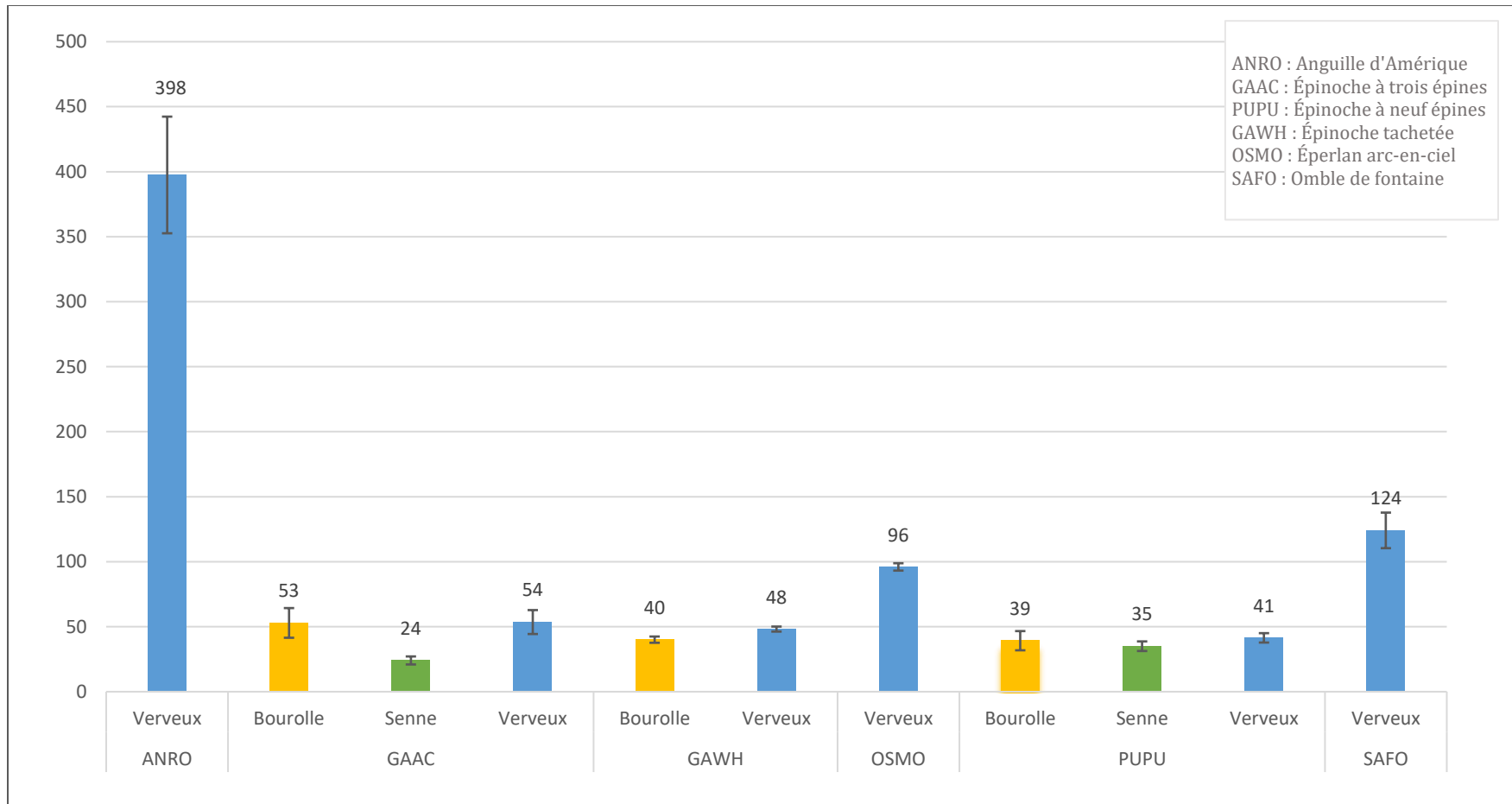


Figure 30. Longueurs moyennes (mm) des espèces capturées dans le marais de la BMV (2019 et 2021). L'écart-type pour chaque moyenne est représenté par la barre d'erreur noire.

12. INTERPRÉTATIONS

12.1 Diversité faune ichtyenne

Les recensements effectués en 2019 et en 2021 dans le marais du secteur de la BMV ont permis de révéler la présence de 3 espèces résidentes : les épinoches à 3 et à 9 épines et tachetées. Les épinoches sont reconnues pour occuper des milieux d'eau douce ou saumâtre, particulièrement les marelles et les tributaires saumâtres le long des estuaires (Desroches et Picard, 2013). L'utilisation des marais salés pour une ou plusieurs activités de leur cycle de vie (alimentation, croissance, reproduction) a été démontrée par plusieurs auteurs (Scott et Crossman, 1974 ; Campeau et *al.*, 1984). Ces espèces sont très tolérantes aux conditions difficiles et fluctuantes, dont la salinité. Ces poissons-fourrages sont des proies idéales pour les espèces prédatrices. Elles sont une source d'alimentation pour plusieurs poissons et divers oiseaux aquatiques (goélands, mouettes, harles, etc.). En raison de ses épines courtes, l'épinoche à neuf épines peut constituer une part importante de l'alimentation de certains poissons de pêche (ombles, lotte, perchaude et doré jaune) (Desroches et Picard, 2013).

L'anguille d'Amérique présente une abondance non anecdotique. Lors des inventaires en 2019 et en 2021, des individus d'anguille d'Amérique de tailles moyennes (270 mm à 398 mm) (Annexe IV), correspondant au stade d'anguillette et d'anguille jaune, sont retrouvés. Dans le cycle de développement des anguilles, les stades civelles et aigillettes constituent la phase juvénile tandis que les stades d'anguilles jaune et argentée sont la phase adulte (Scott et Crossman, 1974). Au printemps et à l'été, les civelles migrent en grande partie vers les eaux douces/saumâtres du Saint-Laurent et de ses tributaires. La montaison par les civelles s'effectue généralement de juin à août, et la migration des adultes vers leur site de reproduction (mer des Sargasses) en septembre et octobre (Lemieux, 1995 dans Nature Québec, 2012). Il faudra attendre 10 à 20 ans avant que les juvéniles atteignent leur maturité sexuelle, moment où ils pourront effectuer leur migration automnale vers leur lieu de fraie (Scott et Scott, 1988). Le marais du secteur de la

BMV est utilisé par les anguilles d'Amérique durant leur période de croissance. La forte productivité primaire et secondaire des marais côtiers (Dupras *et al.*, 2013) constitue une source de nourriture non négligeable pour l'espèce. Au stade adulte (anguille jaune), l'anguille s'alimente principalement de poissons, mollusques, crustacés, larves d'insectes ou encore d'insectes vivant à la surface de l'eau (MPO, 2013). Elle constitue une espèce prédatrice supérieure des marais salés.

Les inventaires ichtyologiques ont aussi permis de recenser la présence de l'omble de fontaine. Cette espèce anadrome a tendance à demeurer près de l'embouchure des rivières, même s'il peut s'éloigner dans les estuaires (Desrochers et Picard, 2013). Son cycle de vie est complexe en raison de l'utilisation de différents habitats en eau douce (sites de fraie, aire d'alevinage et d'hivernage en rivière) et en eau saumâtre et salée (aires d'alimentation et refuges thermiques en mer) (MFFP, 2020). Le marais du secteur de la BMV est une source d'alimentation pour l'espèce, notamment en raison de la présence d'espèces fourragères de la famille des épinoches. La forte productivité primaire et secondaire des marais salés (Dupras *et al.*, 2013) constitue une source de nourriture non négligeable pour l'espèce. L'omble de fontaine anadrome dévore principalement des crustacés et divers poissons (Dupras *et al.*, 2013). La majorité des individus adultes ont une taille variante entre 9 à 17 cm (Annexe IV), ce qui suggère que les individus capturés lors de l'inventaire soient des tacons (stade juvénile).

Finalement, l'inventaire de 2019 a permis de révéler la présence de l'éperlan arc-en-ciel. Au même titre que l'anguille d'Amérique, le marais salé constitue une source d'alimentation pour l'espèce qui se nourrit principalement de petits crustacés, larves d'insectes, mollusques et petits poissons (Desroches et Picard, 2013). Tout comme les épinoches, l'éperlan arc-en-ciel représente à son tour une proie idéale pour de nombreux poissons (omble de fontaine, perchaude, doré jaune) et oiseaux (goéland et cormoran). Il s'agit d'une espèce dite anadrome qui est restreinte aux eaux côtières et estuariennes et remonte dans les cours d'eau et les rivières pour frayer uniquement : la fraie a lieu de la fin de mai à la mi-juillet dans la région de la Manicouagan (Communication orale, 2021). Le déplacement des éperlans vers les

sites de reproduction s'effectue avec le changement de la température de l'eau, lorsque celle-ci atteint 8,9 °C (Scott et Crossman, 1974).

Le marais du secteur de la BMV bénéficie d'une richesse ichtyologique qui est profitable à de nombreuses autres espèces, mais également qui soutient d'autres réseaux trophiques, dont la faune avinée.

12.2 Comparaison avec des études antérieures

En 1999, la firme Naturam Environnement réalisait un inventaire sommaire des espèces présentes du secteur de la BMV (Heppell et *al.*, 2000). L'étude avait permis de recenser la présence de l'épinoche à trois épines dans les marelles. L'inventaire réalisé par le Comité ZIP RNE en 2019 et en 2021 confirme le statut des épinoches comme espèces dominantes du marais. Le site de la plage de la pointe à Boisvert y est identifié comme une aire de fraie pour le capelan (Heppell et *al.*, 2000), mais aucune observation n'a été faite par le Comité ZIP RNE lors des inventaires. En raison d'une fraie qui s'observe principalement entre mai et juin, les périodes d'inventaire plus tardives peut expliquer l'absence d'observations.

12.3 Comparaison avec d'autres marais

Depuis 2018, le Comité ZIP RNE procède à la caractérisation des marais littoraux d'importance de son territoire (Portneuf-sur-Mer, Les Bergeronnes, Hickey, Pointe des Fortin et Pointe-aux-Outardes).

Les résultats obtenus lors de la caractérisation ichtyologique du marais du secteur de la BMV confirment la large dominance de l'épinoche à trois épines comme espèce la plus abondante des marais étudiés à ce jour sur la Côte-Nord par le Comité ZIP RNE. Il en est de même pour les autres espèces de *Gasterosteidae* (épinoches à 9 épines ou tachetées). L'omble de fontaine anadrome a été recensé dans l'ensemble des marais caractérisés à ce jour, à l'exception des marais de la pointe des Fortin et de Pointe-aux-Outardes. L'espèce est connue pour fréquenter les rivières Portneuf, Petites Bergeronnes et Grandes Bergeronnes (MFFP, 2020). Ces rivières possèdent à leur

estuaire des marais qui ont été caractérisés par le Comité ZIP RNE. Le capelan a été recensé dans les marais de Les Petites Bergeronnes et de Portneuf-sur-Mer.

La présence de l'éperlan arc-ciel dans quatre des marais côtiers étudiés, dont celui du secteur de la BMV, confirme sa fréquentation des zones littorales de l'estuaire et donc de la zone d'influence des marées de différents tributaires au moment de sa migration pour la reproduction. L'anguille d'Amérique, que l'on retrouve sous divers stades de croissance dans le marais du secteur de la BMV, s'observe également dans les marais de Pessamit, de Pointe-aux-Outardes et de Hickey.

Dans le reste de l'estuaire maritime du fleuve Saint-Laurent, une caractérisation effectuée en 2012 (Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, 2013) au marais salé de Sacré-Cœur à Rimouski, confirme la dominance de l'épinoche à trois épines comme espèce phare des marais littoraux. Durant ce dernier, plus de 22 000 individus ont été pêchés en un seul échantillonnage au verveux. On y retrouvait également l'éperlan arc-ciel en abondance et l'épinoche à quatre et neuf épines en plus faible proportion.

13. SYNTHÈSE

Le marais du secteur de la BMV présente une diversité d'espèce caractéristique des eaux saumâtres et salées des marais de la Côte-Nord. On y retrouve principalement des espèces fourragères, associées à la base de la chaîne alimentaire et de la production primaire du Saint-Laurent. Elles servent à l'alimentation des consommateurs primaires, secondaires ainsi que les grands prédateurs (aquatiques et aviaires) en haut de la chaîne. Ce marais remplit plusieurs fonctions écosystémiques locales et régionales, notamment celles d'aire nourricière (forte présence de juvéniles), d'alimentation (présence d'espèces fourragères) et de voie migratoire (présence de l'omble de fontaine, de l'anguille d'Amérique et de l'éperlan arc-en-ciel) (Decreton, 2009).

Les nombreuses espèces fourragères présentent dans le marais, associées à la base de la chaîne alimentaire et de la production primaire du Saint-Laurent, servent à l'alimentation des consommateurs primaires, secondaires ainsi que les grands prédateurs (aquatiques et aviaires) en haut de la chaîne. Une espèce à statut désignée par le COSEPAC a été recensée : l'anguille d'Amérique. Il s'agit d'une espèce qui a subi un fort déclin au fil du siècle dernier (barrage, surpêche, pollution, etc.), mais possède un rôle potentiel comme vecteur de transfert trophique de la production des marais vers les habitats océaniques ouverts (Eberhardt *et al.*, 2015).

VOLET GÉOMORPHOLOGIQUE

14. OBJECTIF

L'objectif principal de ce volet vise à présenter et à documenter le portrait des marais littoraux et des formes géomorphologiques dans la zone d'étude. Il vise à mieux comprendre les processus côtiers et les perturbations anthropiques impliqués dans la dynamique naturelle du milieu pour établir un état initial du milieu afin d'orienter les mesures de gestion et faciliter les futurs suivis.

14.1 Localisation de la zone d'étude géomorphologique

La zone d'étude couvre quatre secteurs : 1) Saint-Paul-du-Nord ; 2) BMV ouest ; 3) BMV est ; 4) Pointe à Boisvert (Figure 31). Le marais du secteur de Saint-Paul-du-Nord adopte généralement une configuration parallèle à la côte, puisque des agents érosifs (vagues et glaces) les empêchent de s'étendre en direction de l'estuaire (Cocheril, 2019). La rivière Éperlan sépare le secteur de Saint-Paul-du-Nord du secteur de la BMV ouest alors que la rivière à la Truite divise le marais du secteur de la BMV ouest et BMV est. Le marais du secteur de la BMV ouest montre des signes d'érosion alors que celui de la BMV est partiellement protégé de l'érosion par la flèche littorale de la pointe à Émile. L'existence du marais du secteur de la BMV est est intimement liée à celle de la flèche littorale, puisqu'on y retrouve des conditions plus calmes permettant le développement de marais de grandes surfaces (Morissette, 2007). Le ruisseau anonyme divise le secteur de la BMV est du secteur de la pointe à Boisvert. Ce quatrième secteur longe la pointe à Boisvert, qui protège le marais Le Goulet.

Secteur à l'étude: site de Longue-Rive

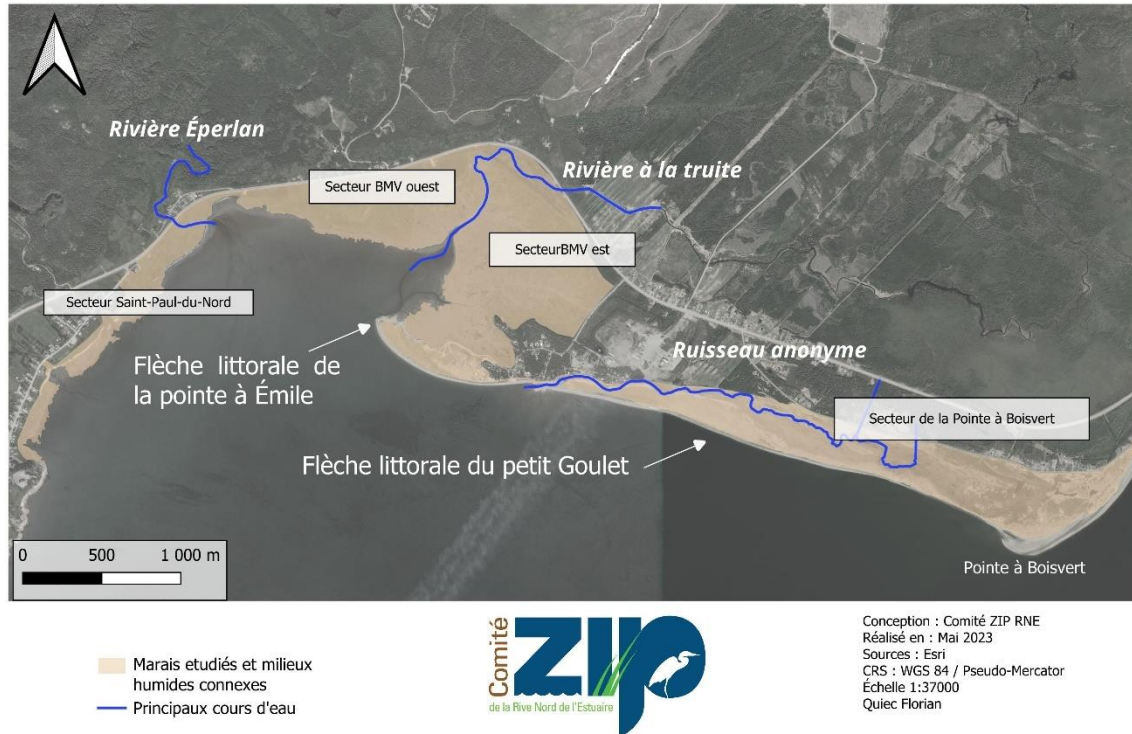


Figure 31. Localisation des secteurs d'étude et des éléments géomorphologiques d'importance dans la zone d'étude.

15. PORTRAIT DU SECTEUR

Cette section présente le contexte postglaciaire de la bande côtière des quatre secteurs de la zone d'étude et les types de sédiments qui alimentent les marais littoraux. L'évolution de cette bande côtière depuis les années 1931 est analysée à partir des études de Morissette (2007), Morissette et Joyal (2012) et Joyal et Morissette (2013). La caractérisation des interventions humaines détaillées par Heppell et *al.* (2000), le Comité ZIP RNE (2003) et Canards Illimités Canada (2004) complète le portrait des connaissances des écosystèmes.

15.1 Évolution quaternaire de la bande côtière comprise dans la zone d'étude

Les marais littoraux de l'estuaire du Saint-Laurent ont été développés lors du dernier millénaire, par accrétion verticale de sédiments (Dionne, 2004 ; Morissette, 2007). La géologie de la zone côtière étudiée est caractérisée par des dépôts meubles d'origine quaternaire issus de la Mer de Goldthwait (Dionne et *al.*, 2004 ; Morissette, 2007) (Annexe V). Un affleurement rocheux d'importance, nommé *Crans Rouges*, se trouve à l'extrémité SO du secteur de Saint-Paul-du-Nord.

15.2 Contexte géomorphologique actuel de la zone d'étude

La baie de Mille-Vaches est une large batture en pente douce s'élargissant en direction de l'estuaire du Saint-Laurent. La plage sableuse de la pointe à Émile est un estran de nature limono-argileuse, qui se prolonge en direction du Saint-Laurent. La batture est recouverte par endroits de sédiments sableux variant en épaisseur (5 à 40 cm) (Dionne et *al.*, 2004 ; Morissette et Joyal, 2012). Ces sédiments présentent des caractéristiques granulométriques semblables à la péninsule de Portneuf qui en serait la source (Morissette, 2007 ; Morissette et Joyal, 2012). La plage sableuse de la pointe à Boisvert est une batture couvrant le territoire vers l'est sur plusieurs kilomètres jusqu'au marais de Portneuf-sur-Mer (Figure 32).

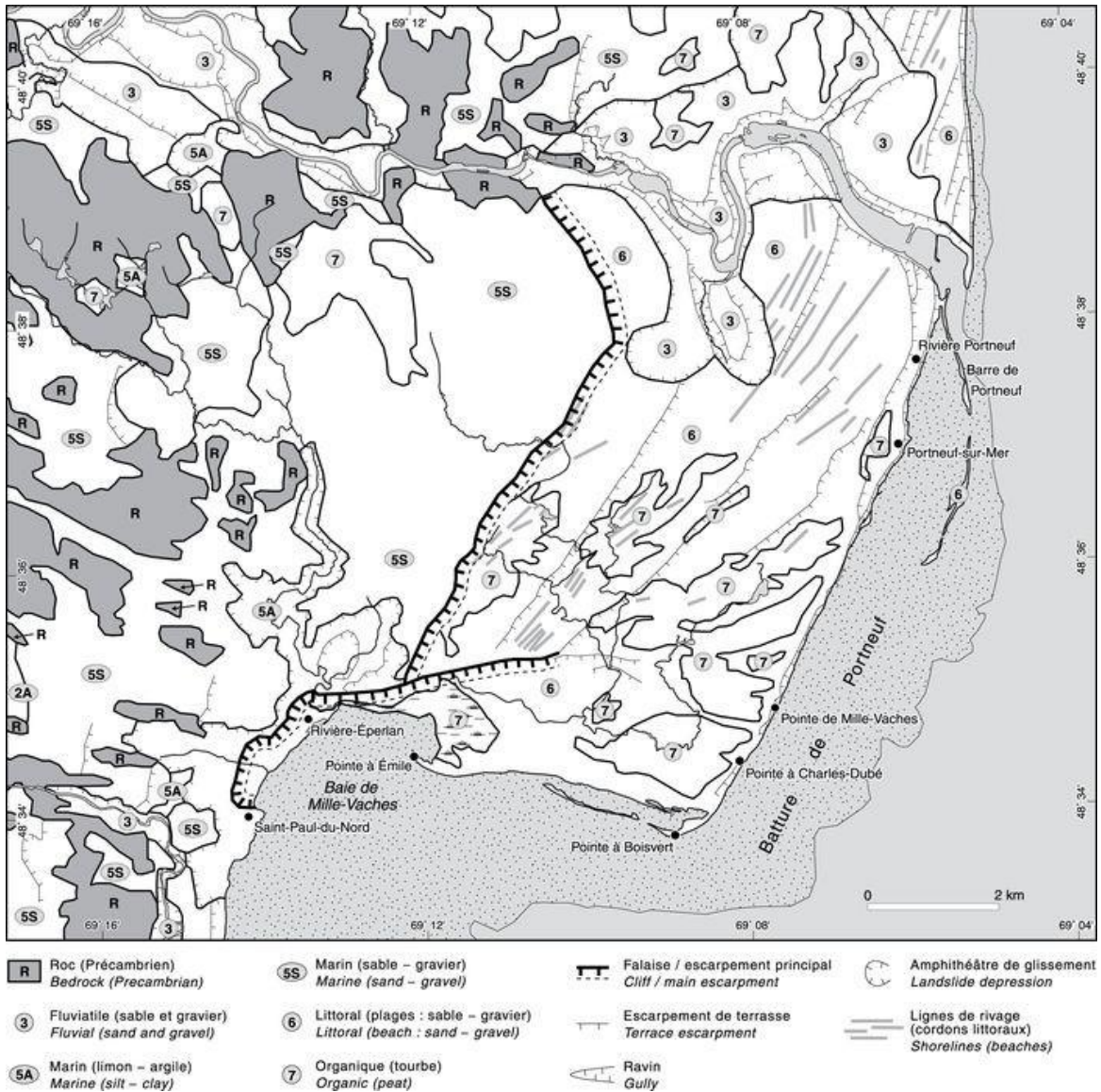


Figure 32. Croquis géomorphologique (Dionne et al., 2004, p.284).

15.3 Hydrodynamisme

15.3.1 Régime hydrologique

Trois rivières traversent la zone d'étude : la rivière à la Truite, la rivière Éperlan et le ruisseau anonyme (Figure 31). D'une longueur d'environ 11 km, la rivière à la Truite draine un bassin versant de 31 km² alors que la rivière Éperlan est d'une longueur d'environ 16 km et son bassin-versant occupe une superficie de 61 km² (OBVHCN, 2014). Ces rivières se jettent toutes les deux dans l'estuaire maritime du fleuve Saint-

Laurent. Le ruisseau anonyme, de plus petite envergure, traverse le marais Le Goulet avant d'entailler la flèche littorale du petit Goulet pour se déverser dans le Saint-Laurent.

Le régime hydrologique des rivières à la Truite et Éperlan est influencé par la variabilité saisonnière des conditions climatiques. Il s'agit d'un régime pluvio-nival qui présente des crues printanières et automnales et des étiages² au cours de l'été et de l'hiver.

15.3.2 Marée

La marée dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent est de type semi-diurne, ce qui correspond à deux cycles complets de marée par jour. Elle influence le niveau d'eau dans la zone d'étude. Le marnage de la marée moyenne est de 2,9 m. Il peut atteindre 4,5 m lors des grandes marées (Tableau 21) (Pêches et Océans Canada, 2021).

Tableau 21. Caractéristiques de la marée dans la zone d'étude (Pêches et Océans Canada, 2021).

Localité	Baie de Mille-Vaches	
Port de référence	Pointe-au-Père	
Port secondaire	Saint-Anne-de-Portneuf (Portneuf-sur-Mer)	
Station	2883	
Type de marée	Semi-diurne	
Marnage	Marée moyenne	2,9 m
	Grande marée	4,5 m
Hauteur	Pleine mer supérieure de marée moyenne (PMSMM)	1,5 m
	Pleine mer supérieure de grande marée (PMSGM)	2,3 m
	Niveau moyen des mers (NMM)	0 m

* Les altitudes ont été ajustées au zéro géodésique. La conversion des altitudes est réalisée à partir de l'information altimétrique au zéro des cartes obtenues à la station 2883.

Le courant de marée est bidirectionnel, il se dirige vers l'amont lors de la marée montante (courant de flot) et vers l'aval lors de la marée descendante (courant de jusant). À marée montante, le courant de flot prédomine et le niveau d'eau augmente.

² Un étiage correspond au niveau le plus bas d'un cours d'eau en période de sécheresse.

Lors du jusant, le courant de marée combiné à l'écoulement fluvial augmente les vitesses de courant vers l'estuaire maritime. La marée haute permet la submersion quotidienne des parties basses des marais côtiers. Cet effet est indispensable à l'existence des marais salés et de la végétation qui s'y développe.

Il existe peu de données concernant la pénétration de l'eau salée à l'intérieur des rivières. La présence d'une végétation halophile typique des marais côtiers observée à l'embouchure des rivières à la Truite et Éperlan par le Comité ZIP RNE suggère une pénétration de l'eau salée à l'intérieur de celles-ci. Morissette et Joyal (2012) ont aussi observé des courants de marée importants, notamment à l'embouchure du ruisseau anonyme du secteur de la pointe à Boisvert, avec des vitesses de courant de flot supérieur à 1 m/s.

15.3.3 Vagues

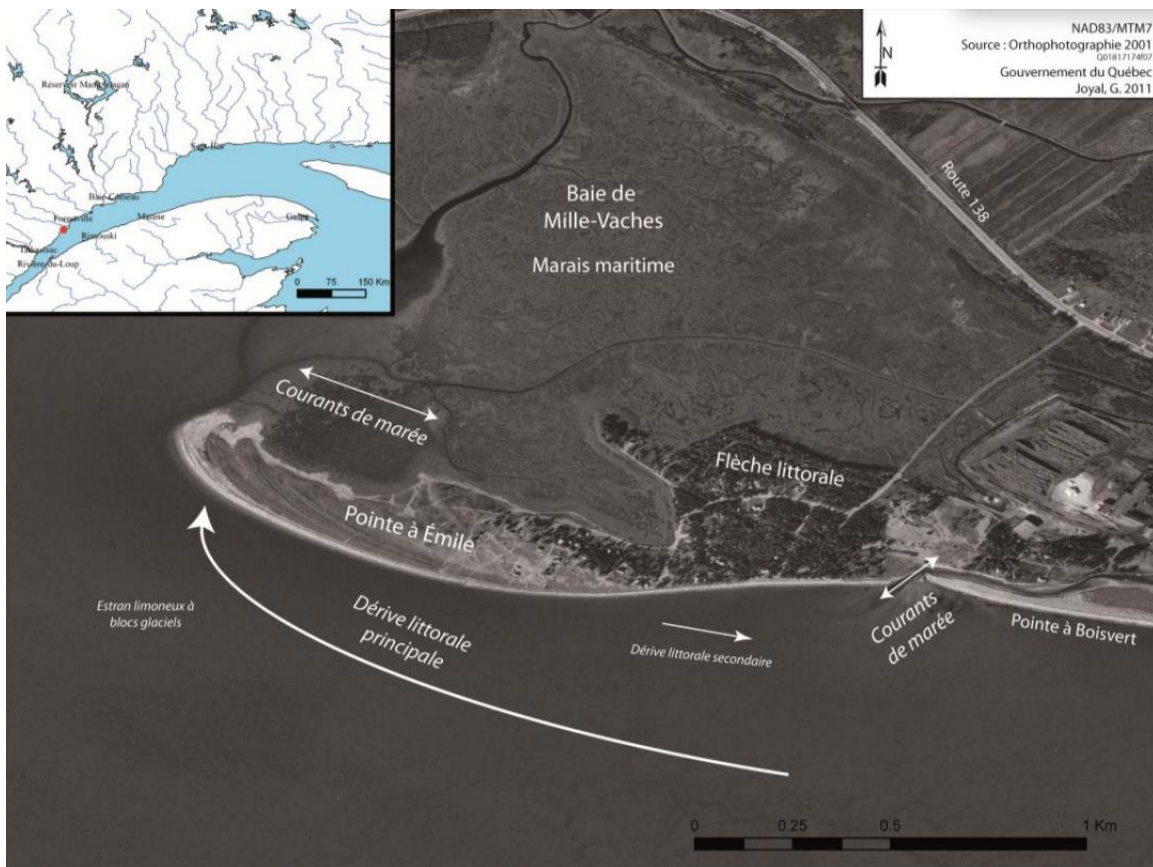
Une vague est un mouvement oscillatoire généré à la surface de l'eau par le vent. Les caractéristiques des vagues sont en fonction du fetch³, de la vitesse et de la durée des vents. Ces caractéristiques déterminent l'énergie qui sera dissipée par les vagues lors de leur déferlement sur la cote alors que leur sens de propagation est déterminé par la direction des vents (MEEDM, 2010). Les vents dominants dans l'estuaire maritime du fleuve Saint-Laurent sont généralement en provenance du SO (Savard, 2000). La zone d'étude est soumise à une fréquence des vents de toutes directions (OBVHCN, 2014). Depuis les dernières décennies, on observe également une hausse des vents de tempête supérieurs à 50 km/h en provenance du NE (Bernatchez et al., 2012).

La baie de Mille-Vaches et la pointe à Émile sont exposées au S et SO alors que le secteur de Saint-Paul-du-Nord et l'extrémité est de la pointe à Boisvert sont exposées au SE. Les vagues de tempête du NE, où le fetch est le plus important, affectent ainsi principalement les secteurs de Saint-Paul-du-Nord et l'extrémité est de la pointe à

³ Le fetch correspond à la distance d'eau libre, sans obstacle, sur laquelle le vent peut avoir une influence.

Boisvert. Le reste du site est vulnérable aux tempêtes du SO, qui se présente avec un fetch beaucoup plus réduit (Morissette, 2007).

La combinaison du déferlement sur la plage et du retour de vague induit un mouvement de l'eau parallèle au littoral : le courant de dérive littorale (Savard, 2000). Deux grands courants de dérive littorale se rencontrent au bout de la flèche littorale de la pointe à Émile, la dérive littorale principale est orientée du NE vers le SO de l'estuaire maritime du fleuve Saint-Laurent (Morissette, 2007) (Figure 33).



15.4 Dynamique sédimentaire

Le régime et le bilan sédimentaire sont influencés par les conditions hydrodynamiques. Le système est alimenté en sédiments principalement par l'érosion des pieds de falaises de Forestville et du banc de Portneuf (Dionne et *al.*, 2004 ; Morissette, 2007 ; Morissette et Joyal, 2012).

Les vagues et la dérive littorale sont les principaux facteurs qui influencent le régime sédimentaire côtier et qui alimentent la zone d'étude. Elles érodent et déplacent le sable des plages et des falaises meubles dans le sens du courant de la dérive littorale, en direction de la pointe à Émile.

L'analyse du bilan sédimentaire, l'équilibre entre l'érosion (pertes) et l'accumulation (gains), s'effectue au sein d'un segment homogène de côte, la cellule hydrosédimentaire. Les limites d'une cellule hydrosédimentaire sont définies par des éléments morphologiques, plus ou moins fixes dans le temps (p. ex. les flèches littorales) se trouvant sur le littoral. Les sédiments sont remaniés et redistribués au sein d'une même cellule, et peuvent se déplacer d'une cellule à une autre. Les marais des secteurs de la BMV ouest et de la BMV est se trouvent entre deux cellules, définies par la divergence de courants de dérive littorale de part et d'autre (Figure 34).

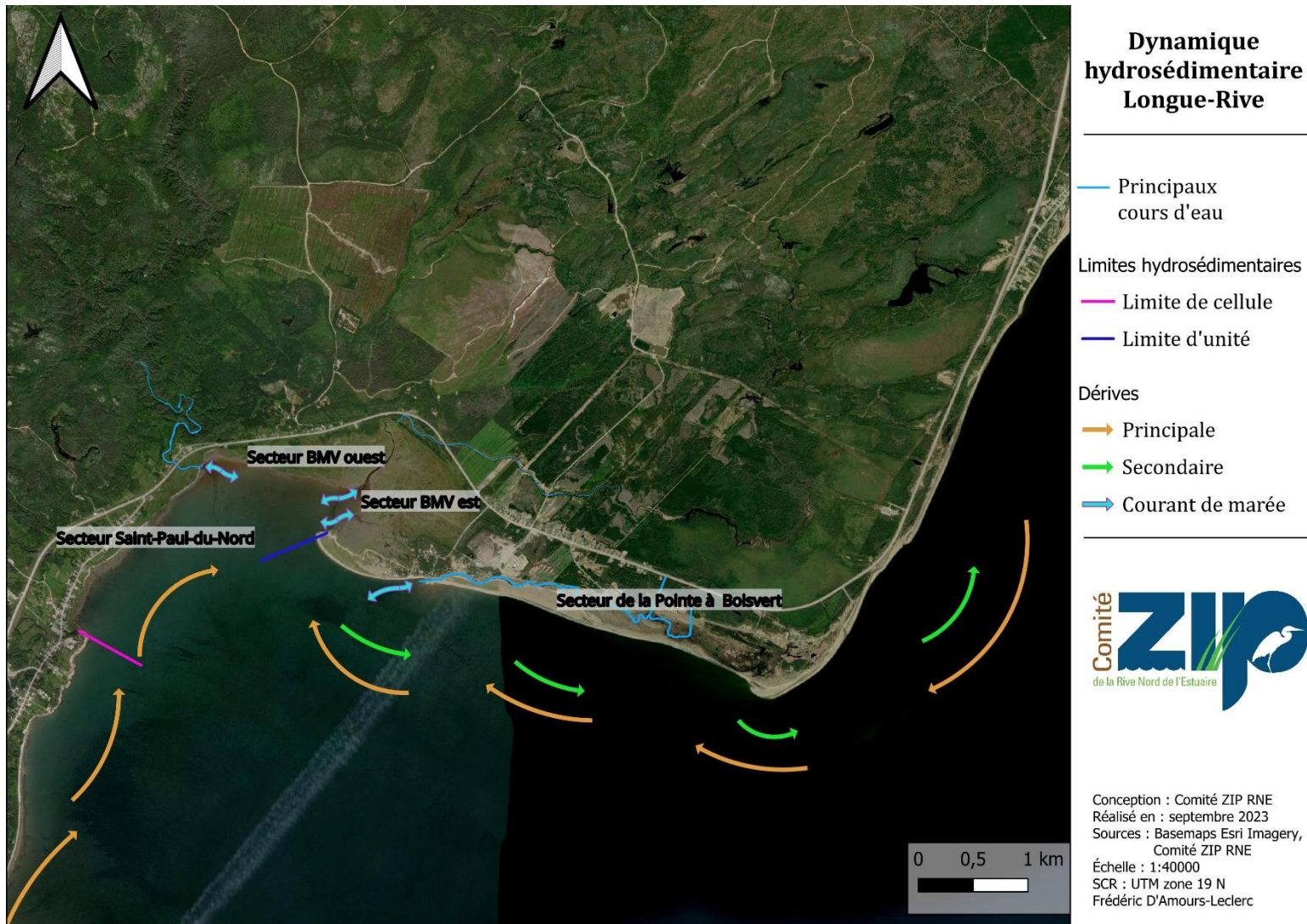


Figure 34. Dynamique hydrosédimentaire de la zone d'étude.

Les rivières à la Truite et Éperlan n'apportent probablement qu'une faible contribution sédimentaire. Leur débit étant modeste, ils ne peuvent transporter une forte charge sédimentaire. Il est probable qu'ils participent à la mobilisation et au transport des sédiments vers le large. La mobilité latérale et l'incision engendrées par les cours d'eau dans les marais sont responsables de l'effet érosif des bords de lit (Corriveau et *al.*, 2016).

Une dérive secondaire en sens inverse partant du pédoncule de la flèche littorale de la pointe à Émile vers la pointe à Boisvert contribue au transport sédimentaire (Morissette et Joyal, 2012).

15.4.1 Trajectoire morphologique des flèches littorales

Les flèches littorales sont parmi les formes géomorphologiques les plus dynamiques et elles varient selon les facteurs littoraux prédominants (Davidson-Arnott et *al.*, 2019). Sous l'effet de la dérive littorale, une flèche littorale est alimentée en sable et s'allonge au fil du temps, en fonction de divers agents d'érosion et d'accumulation (Savard, 2000). L'évolution des flèches littorales est le facteur déterminant quant à l'évolution des marais qu'elles peuvent abriter. En effet, l'allongement latéral de la flèche littorale contribue à protéger le marais, mais le rapprochement de la flèche vers la côte induit l'ensablement du marais et diminue sa surface (Morissette, 2007). Deux flèches littorales sont aujourd'hui présentes dans la zone d'étude : de la pointe à Émile et du petit Goulet.

La flèche littorale de la pointe à Émile

L'extrémité de la flèche littorale est récente (entre 1930 et 1950) et est toujours une zone d'accumulation active (Morissette, 2007 ; Morissette et Joyal, 2012). Elle a été construite grâce à la dérive littorale, elle s'étire vers l'ouest et se replie vers le marais du secteur de la BMV est. Lorsque les vagues arrivent à l'extrémité de la pointe, elles conditionnent la formation de crochets (MEEDM, 2010). Le recourbement de l'extrémité de la flèche vers l'intérieur est un indicateur d'une augmentation de la

vitesse du courant et du déficit sédimentaire en amont de la cellule hydrosédimentaire, soit des sédiments en transit en provenance de l'est.

La flèche littorale de la pointe à Émile permet au marais du secteur de la BMV est de s'étendre vers le haut-fond adjacent. Entre les années 1931 et 1964, les segments des marais des secteurs de la BMV ouest et BMV est ont connu une hausse de superficie de 187 650 m² à mesure que la flèche littorale de la pointe à Émile s'étendait vers l'ouest (Morissette, 2007). La période de 1964 à 2019 montre une tendance d'accumulation, soit un allongement de l'extrémité de près de 175 m (Tableau 22).

Tableau 22. Déplacement des flèches littorales (+ : allongement ; - retrait) en mètres (m) pour les différents intervalles.

	1964-1982	1982-2012	2012-2019	1964-2019
Flèche littorale de la pointe à Émile	+41 m	+93 m	+41 m	+175 m
Flèche littorale du petit Goulet	+311 m	+453 m	+50 m	+814 m

Malgré l'allongement de la flèche littorale de la pointe à Émile à son extrémité, on observe des zones d'érosion de long de celle-ci. L'évolution de la flèche littorale se caractérise par des profils d'accumulation et de microfalaise en érosion : une zone d'accumulation à l'extrémité et vers l'intérieur (Figure 35) et une microfalaise au centre et au pédoncule (Figure 36) (Morissette et Joyal, 2012).



Figure 35. Extrémité de la flèche littorale de la pointe à Émile (en haut) et lobe d'accumulation à l'intérieur de la flèche littorale, côté marais (en bas) (2023).



Figure 36. Microfalaise à proximité de l'extrémité de la flèche littorale de la pointe à Émile (en haut) et microfalaise au pédoncule de la flèche littorale (en bas) (2023).

Flèche littorale du petit Goulet du secteur de la pointe à Boisvert

La flèche littorale du petit Goulet du secteur de la pointe à Boisvert connaît une croissance constante en direction de l'ouest, soit une avancée de 814 m pour la période de 1964 à 2019 (Tableau 22). La période 1930-1950 présente des taux d'accumulation particulièrement élevés (Morissette, 2007). Les agents et les processus côtiers et fluviaux impliqués dans la dynamique naturelle à l'embouchure du ruisseau anonyme favorisent l'érosion des basses falaises au bord du lit (Morissette et Joyal, 2012) (Figure 37).



Figure 37. Embouchure du ruisseau anonyme (en haut) et extrémité de la flèche littorale du petit primaire du secteur de la pointe à Boisvert (2023).

15.4.2 Érosion côtière dans la baie de Mille-Vaches

Les causes de l'érosion ciblées par Morissette (2007) et Morissette et Joyal (2012) sont à la fois d'origine naturelle et anthropique. Les épisodes de tempêtes et la hausse du niveau marin ainsi que la construction d'infrastructures et les usages invasifs de la plage favorisent l'érosion. Morissette (2007) observe une constante perte de superficie entre 1931 et 2001 pour le secteur de Saint-Paul-du-Nord, sauf les intervalles de 1978 à 1982 et de 1990 à 1996. Il a connu une perte de superficie atteignant près de 44 740 m² durant la période entre 2000 à 2001 comparativement à un gain de 10410 m² (2 602 m²/an) pour la période de 1978 à 1982.

De 1931 jusqu'à 1964, Morissette (2007) observe une tendance positive, la superficie augmentent des marais des secteurs de la BMV ouest et BMV est. Elle diminue par la suite jusqu'en 2001, sauf pour la période entre 1982 à 1996 qui a connu une hausse. Les secteurs connaissent une hausse de superficie de 56 040 m² (4 003 m²/an) entre 1982 et 1996 et une diminution de 80 690 m² (20 173 m²/an) et de 21 240 m² pour les périodes entre 1996 à 2000 et entre 2000 à 2001 respectivement. Morissette et Joyal (2012) distinguent des segments de côtes en érosion active et semi-actives tout le long de la pointe à Émile (Figure 38).

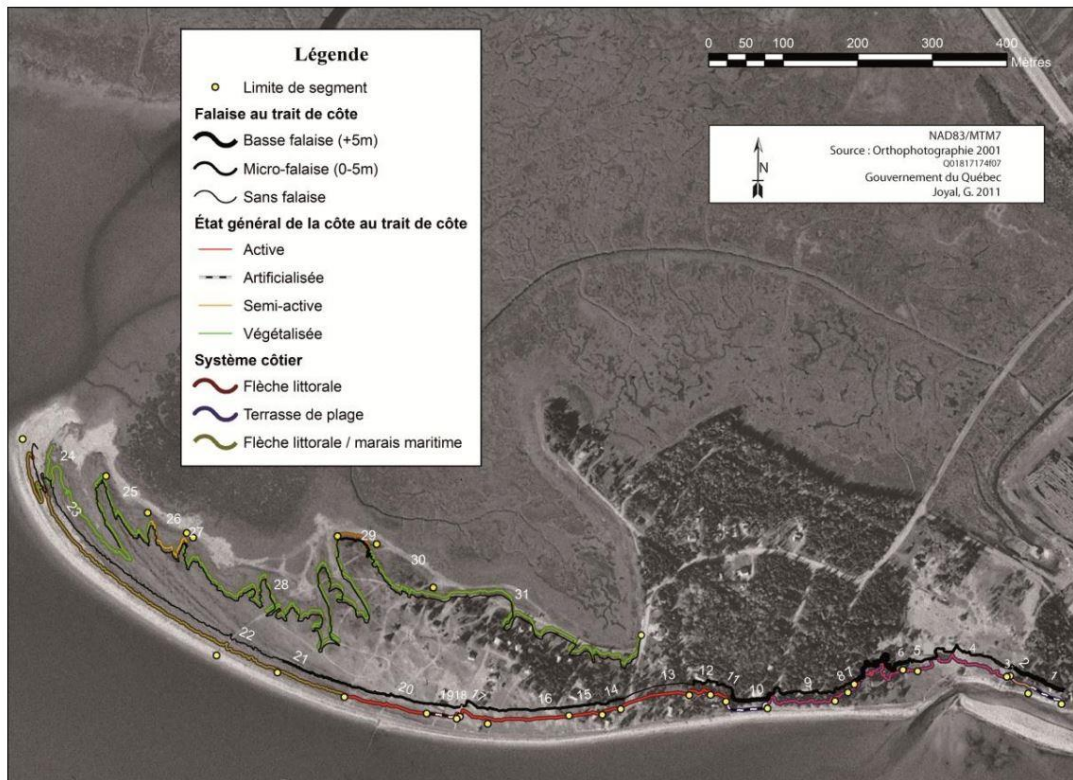


Figure 38. Segmentation côtière de la pointe à Émile (Morissette et Joyal, 2012, p.24).

15.5 Interventions humaines

Les marais dans la zone d'étude ont été altérés par de nombreuses activités anthropiques, telles que l'agriculture, l'élevage de bovins, l'aménagement de la route 138, le développement urbain (récréotouristique et résidentiel) et industriel, etc. (Figures 39 à 41).

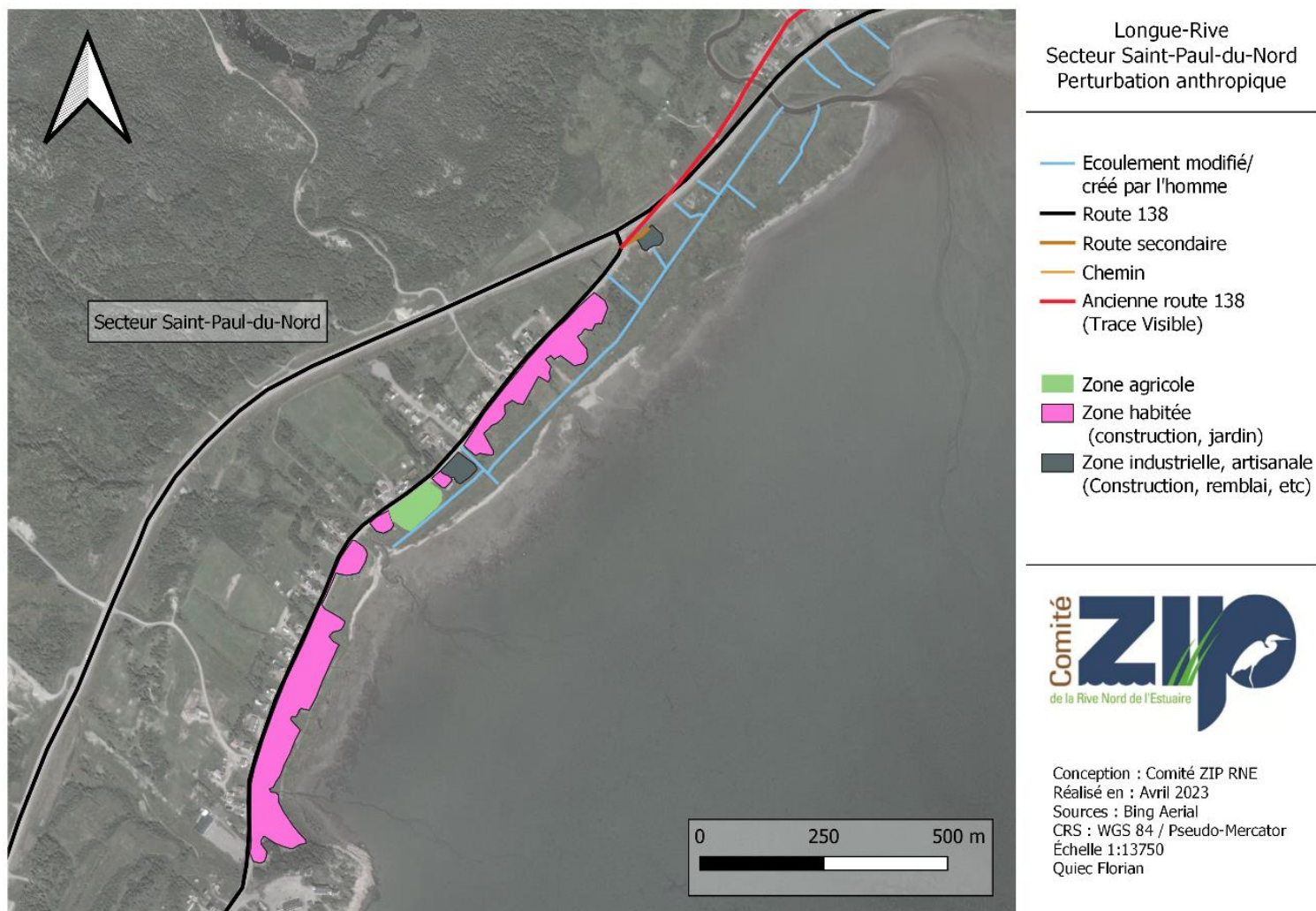


Figure 39. Perturbations anthropiques recensées dans le secteur de Saint-Paul-du-Nord (2023).

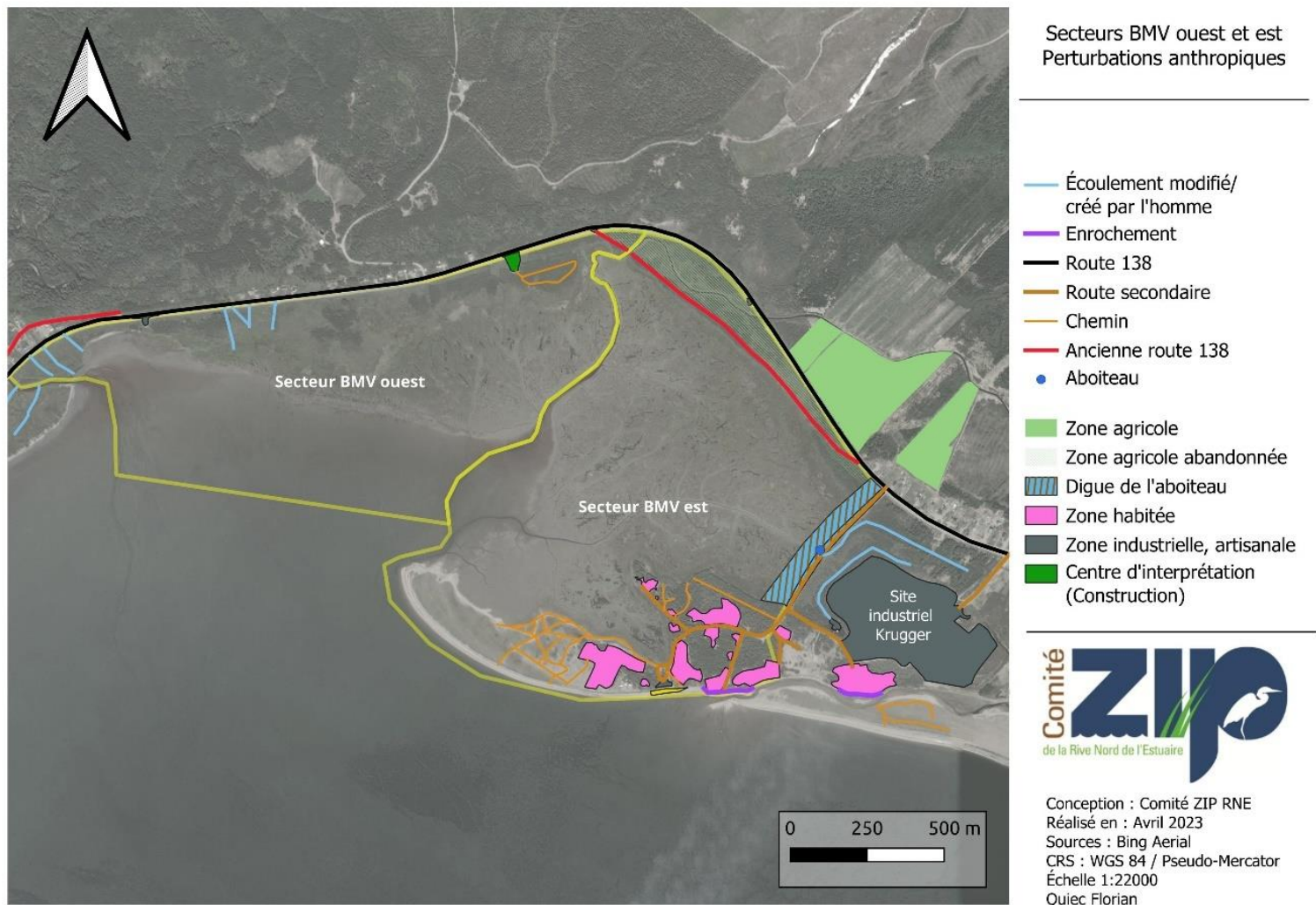


Figure 40. Perturbations anthropiques recensées dans les secteurs de la BMV ouest et BMV est (2023).

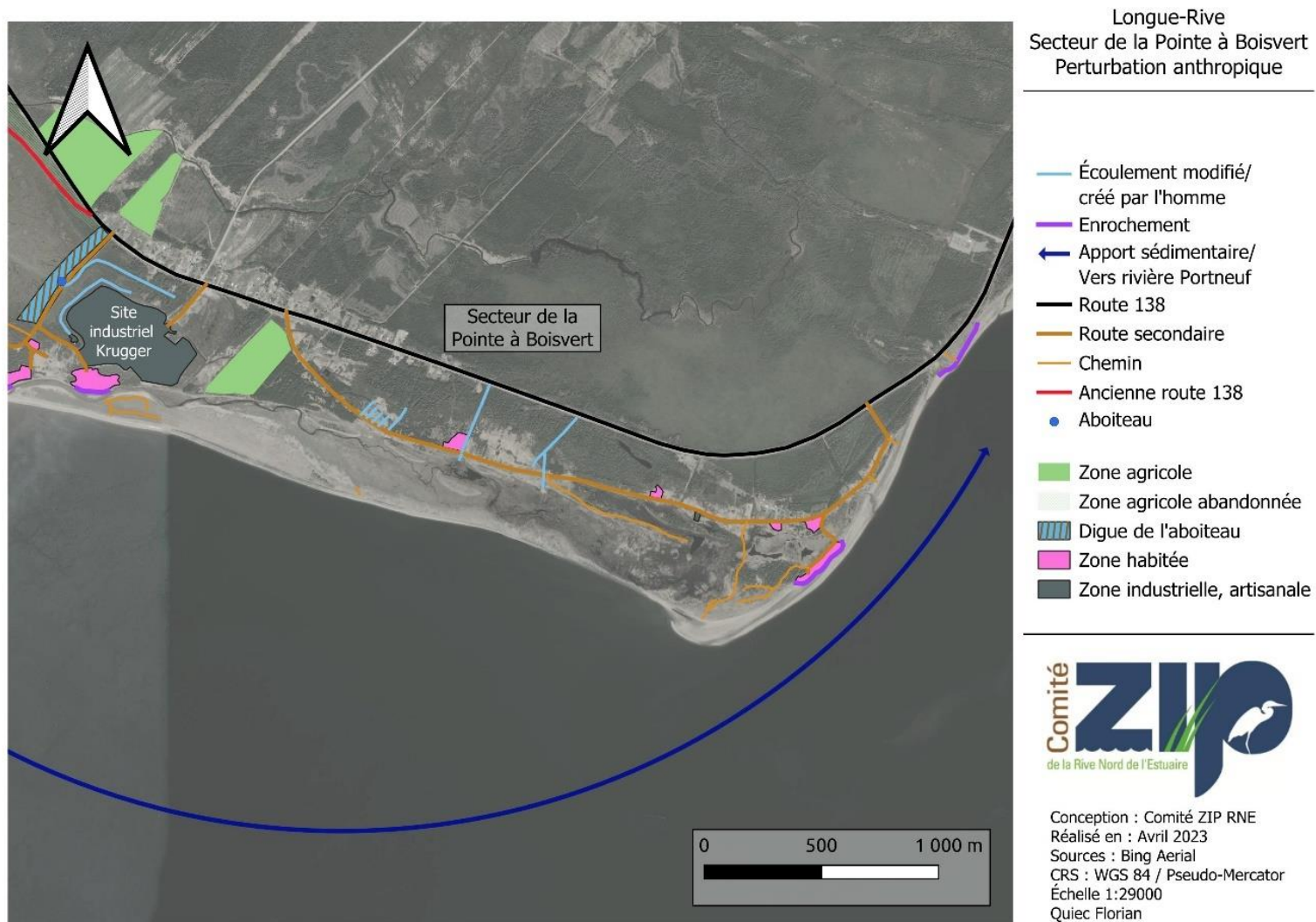


Figure 41. Perturbations anthropiques recensées dans le secteur de la pointe à Boisvert (2023)

15.5.1 Activités humaines depuis 1853

En 1853, les premiers habitants s'installent le long de ce tronçon du fleuve pour y pratiquer l'agriculture. Entre 1930 et 1950, les marais des secteurs de Saint-Paul-du-Nord et de la BMV ouest et BMV est sont utilisés à des fins agricoles et de pâturage. Un réseau de drainage sur les terres humides est creusé afin de permettre une meilleure utilisation pour l'agriculture, contribuant ainsi à la perte d'habitats et à l'augmentation des risques de submersion marine des terres (Morissette, 2007). En 1932, un aboiteau fut installé sur une digue dans l'un des chenaux principaux du secteur de la BMV est pour empêcher la remontée des eaux salées dans les terres et faciliter ainsi l'agriculture (Communication orale, Municipalité de Longue-Rive, mars 2023) (Figure 42).



Figure 42. Vue de l'aboiteau en direction du marais abrité, secteur de la BMV est (en haut) et vue du dessus de l'aboiteau en direction du chemin d'accès, le chemin du Barrage (2022).

Longue-Rive connaît un délaissement des activités agricoles sur son territoire dans les années 1960. Entre 1964 et 1982, les terres drainées des marais ainsi abandonnées sont mises à profit pour d'autres activités économiques. Ces anciennes portions de marais ne connaissent donc pas de gain d'habitats après leur désertion par l'agriculture et ne sont pas retournées à leur état initial (Morissette, 2007).

Entre 1964 et 1982, les pourtours des marais des secteurs de Saint-Paul-du-Nord et de la BMV est connaissent une augmentation de la villégiature (Figures 43 et 44). L'allongement du chemin d'accès à la pointe à Émile (chemin du Barrage) participe notamment à cette expansion, augmentant l'accessibilité pour de nouvelles résidences secondaires et villégiatures où de nombreuses habitations situées au pourtour des marais sont munies d'un puisard (Figure 45). Ce système de traitement des eaux usées est identifié comme une source potentielle de contamination bactériologique par Canards Illimités Canada et Stratégie Saint-Laurent en 2004. De nos jours, une importante zone de villégiature longe les secteurs de Saint-Paul-du-Nord, de la pointe à Émile et à l'est de la pointe à Boisvert (Figure 46). Une hausse de chemin de VTT est également observée depuis. Des sentiers non banalisés ainsi que des zones de piétinement sont présents (Figure 47). Ils contribuent à la dégradation de la végétation le long des flèches littorales (Morissette, 2007).

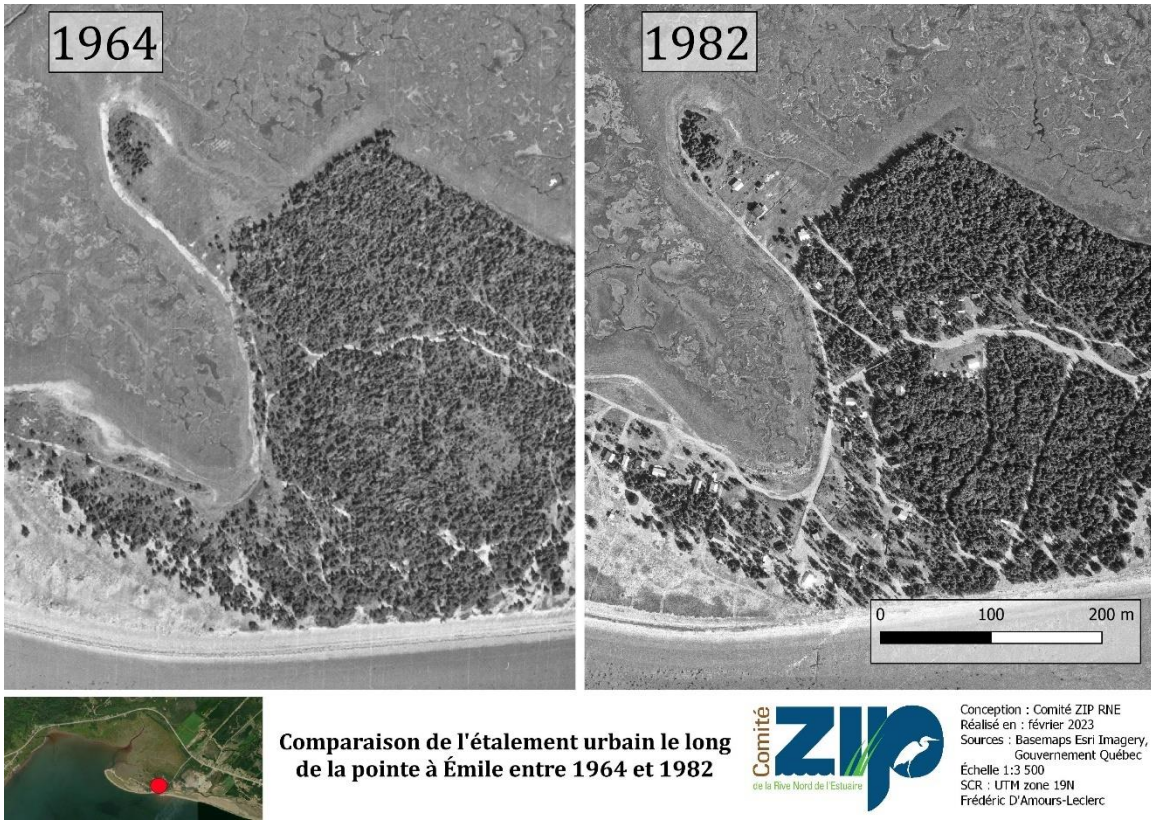


Figure 43. Comparaison de la densification résidentielle le long de la pointe à Émile entre 1964 et 1982.



Figure 44. Comparaison de l'étalement urbain le long de la route 138 dans le secteur de Saint-Paul-du-Nord entre 1964 et 1982 (Ressources naturelles du Canada).



Figure 45. Vue aérienne des résidences à proximité de la pointe à Émile (2023).⁴



Figure 46. Vue aérienne des résidences à l'ancienne halte, le long de la pointe à Boisvert (2023).



Figure 47. Des sentiers non banalisés ainsi que des zones de piétinement sont présents (2023).

Entre 1973 et 2007, une usine de sciage s'installe sur le territoire et occupe une superficie d'environ 13,5 hectares où une dizaine de bâtiments dédiés à la transformation du bois s'y trouvent (Figure 48). La cour du site était utilisée pour l'entreposage des écorces de bois. Cet ancien site industriel comprend également un réseau de canaux et une retenue d'eau destinée à gérer les effluents liquides. Le ruisseau de l'aboiteau traversait le site d'entreposage, mais il a été dévié et canalisé afin de le contourner vers les années 2000 (Communication orale, Municipalité de Longue-Rive, mars 2023). La municipalité de Longue-Rive devient propriétaire des lieux dans les années 2010. En 2000, Lalumière et Morisset ont identifié un écoulement des eaux usées de la scierie dans le marais du secteur de la BMV est et Le Goulet. Les scieries sont susceptibles de rejeter des composés phénoliques dans les eaux de surfaces ou souterraines durant leur activité (Heppell et *al.*, 2000).

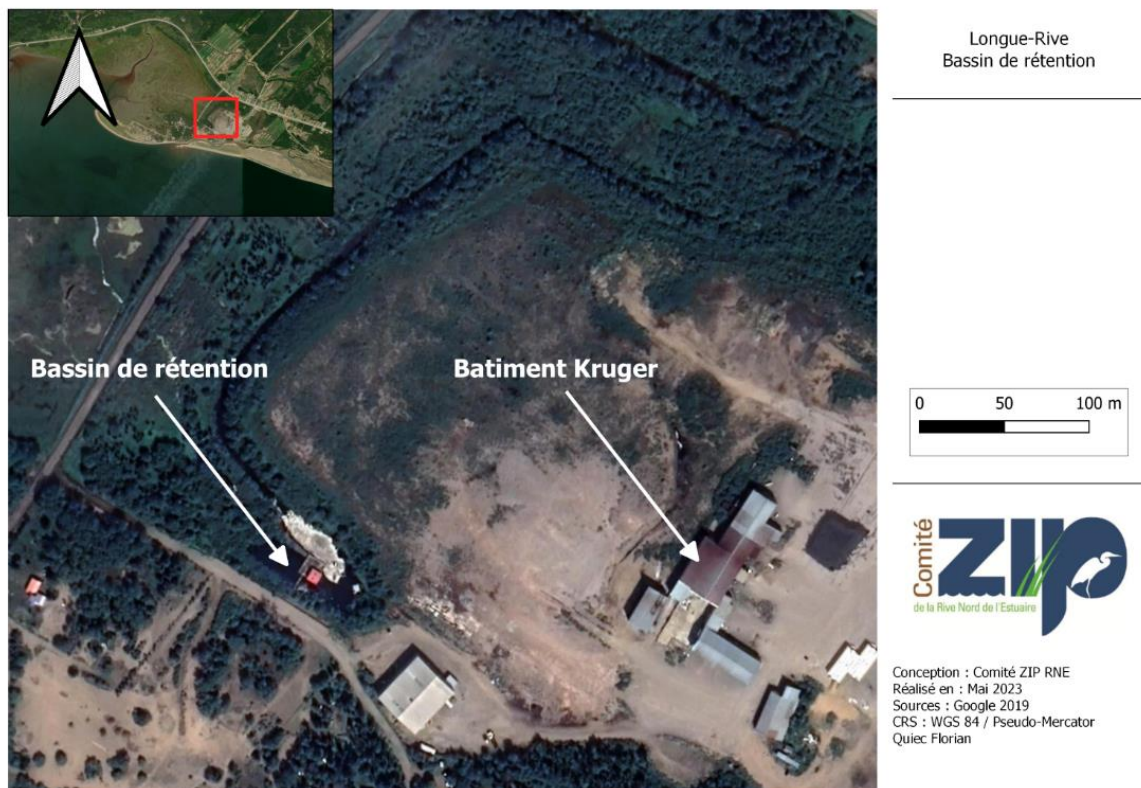


Figure 48. Localisation des installations de la scierie Kruger, Longue-Rive.

15.5.2 Coincement côtier

Les marais peuvent s'ajuster à la montée des eaux, en migrant vers les terres si l'espace y est propice ou en s'élevant verticalement (selon l'apport de sédiments) (Bernatchez et Quintin, 2016). La présence d'obstacles physiques (infrastructures urbaines ou falaises) peut empêcher cette migration. Le marais fait alors face à une situation de coincement côtier venant aggraver les effets de la hausse du niveau marin (Savoie-Ferron et *al.*, 2021).

La route 138, qui permet de relier Tadoussac à Portneuf-sur-Mer, est construite et inaugurée en 1931 (Shields, 2020). Entre 1964 et 1966, une section de la route 138 a été déplacée au nord des secteurs de la BMV. Les fossés de drainage creusés par le MTQ de part et d'autre du déplacement de la route 138 sont considérés comme des menaces potentielles pour les marais à l'intérieur de la baie de Mille-Vaches (Canards Illimités Canada, 2004).

La construction de la route 138 est un des facteurs limitant la migration au nord et au nord-est des marais à l'intérieur de la baie de Mille-Vaches. Le marais du secteur de Saint-Paul-du-Nord se trouve en plus coincé par l'affleurement rocheux *Crans Rouges* et les résidences et les secteurs de la BMV ouest et BMV est par la route 138, le chemin du barrage, l'aboiteau et les résidences. Ces ouvrages fragilisent l'intégrité des marais de ces secteurs face à la montée des eaux (Bernatchez et Quintin, 2016). La pointe à Émile souffre de la submersion et de l'érosion, phénomène aggravé par la montée du niveau marin.



Le marais Le Goulet se développe dans une configuration particulière. Il est naturellement limité au sud et à l'est par la pointe à Boisvert. L'extension des parties situées à l'est et au centre est limitée par la rue Boisvert au nord. La partie ouest est limitée par le ruisseau dont la migration est elle-même limitée par les anciennes installations Kruger et par un enrochement destiné à protéger une zone de villégiature.

15.5.3 Côte artificialisée/Recharge de plage

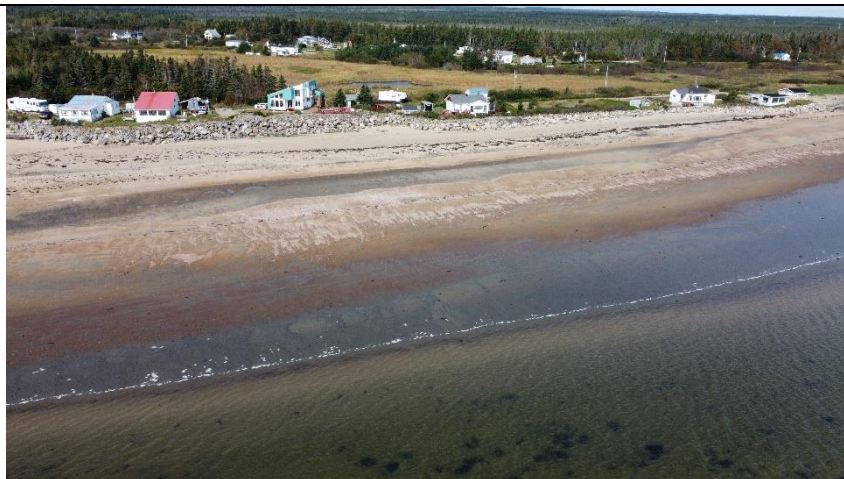
Deux types d'intervention humaine pour contrer l'érosion côtière et le recul des côtes occasionné par l'action des vagues sont présents : enrochement et recharge de plage.

Au total, quatre enrochements sont présents dans la zone d'étude (Tableau 23). Un premier enrochement de 160 m de long a été installé en face de la scierie de Kruger avant 1982. Un deuxième enrochement de 170 m de long a par la suite été mis en place en face d'une propriété privée, située à l'embouchure du ruisseau anonyme. Puis, un troisième enrochement de 300 m a été posé afin de protéger une zone de villégiature. Un dernier enrochement de 170 m, situé à l'extérieur de la zone d'étude, a été mis en place afin de protéger la route 138. Ces segments artificialisés de côte de protection protègent la côte, mais accentuent l'érosion de part et d'autre de la structure rocheuse (effet de bout) (Morissette et Joyal, 2012).

Tableau 23. Longueur des enrochements dans la zone d'étude et adjacents.

Enrochement (Longueur mètres)	Photo (2023)
BMV est – En face de Kruger (160 m)	 An aerial photograph showing a wide, shallow river with a dark, silty water flow. The river curves to the right. On the left bank, there is a cluster of buildings, including a prominent white house with a green roof and several smaller structures. The shoreline is reinforced with a line of grey rocks. The surrounding area is a mix of green grass and trees.
BMV est – En face d'une propriété privée (170 m)	 An aerial photograph showing a river bend. The water is dark and silty. The left bank is heavily reinforced with a thick layer of grey rocks. Behind the rocks, there is a private property with a large grey-roofed building, a smaller structure, and several parked cars. The surrounding area is a mix of green grass and trees.

Secteur de la pointe à Boisvert –
Villégiature (300 m)



Hors zone – Extrémité est de la pointe à
Boisvert (route 138) (170 m)



Trois recharges de plage, suivies d'opération de végétalisation, ont été réalisées en face du stationnement municipal le long de la pointe à Émile (Figures 49 et 50). Elles avaient pour but de rehausser la côte et de faire un reprofilage de plage pour offrir une protection supplémentaire au marais en période de grandes marées et lors des tempêtes. Une première opération en 2013 a permis une recharge de plage de 640 m³ (recharge linéaire parallèle à la ligne des hautes eaux de 20 m de long sur 32 m de large pour 1 m de haut) ainsi qu'une végétalisation du haut de plage. En 2017, un nouveau cordon de sable au même endroit a été déposé en juillet. Des sédiments de sable fin d'une longueur linéaire de 20 m de long par 11 m de large pour 1 m de haut (220 m³) ont été déposés et 585 élymes des sables plantées sur une partie du cordon. Puis, une recharge d'urgence a été effectuée à l'hiver 2018 sur une distance linéaire de 30 m de long sur 11 m de large (330 m³).



Figure 49. Stationnement municipal le long de la pointe à Émile (2023).

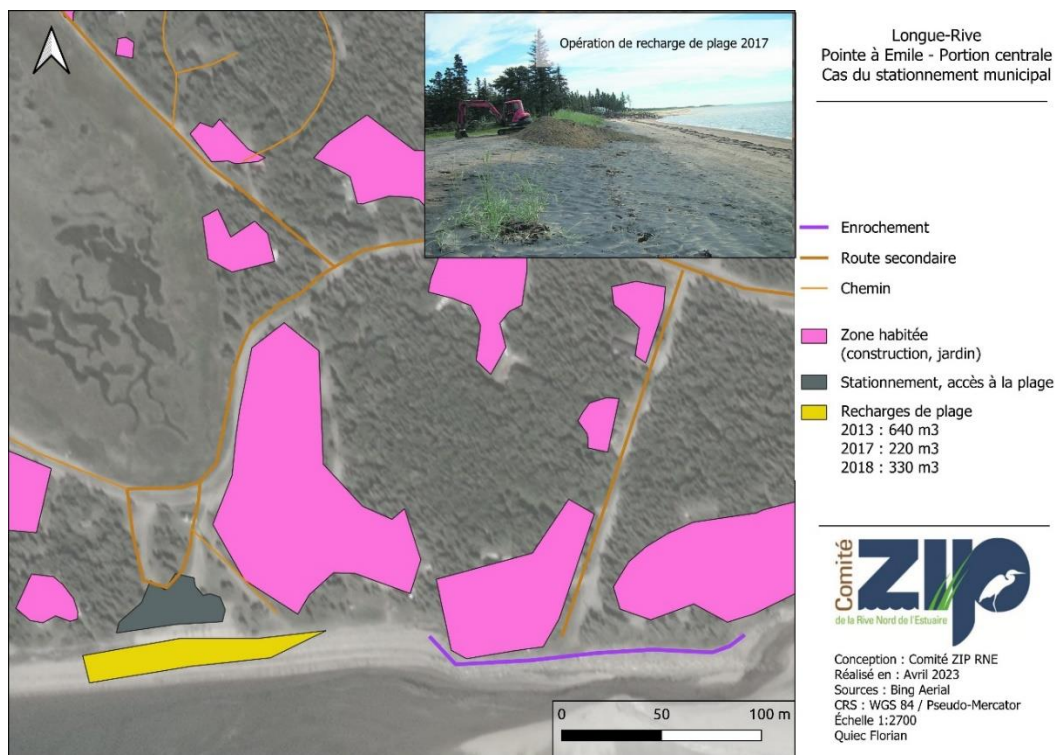


Figure 50. Zone des recharges de plage en face du stationnement municipal (2013, 2017 et 2018).

15.6 Activités récréatives

La baie de Mille-Vaches est particulièrement prisée par la population pour diverses activités récréatives : la chasse à la sauvagine, l'observation des oiseaux, la pêche, la cueillette et les sports nautiques non motorisés (Figure 51). En 1996, la municipalité de Longue-Rive acquiert le terrain situé le long de la route 138, à proximité du marais du secteur de la BMV est, pour y construire le Centre d'interprétation des marais salés (Canards Illimités Canada, 2004). Un balcon et un sentier pédestre ont été aménagés pour faciliter l'observation des oiseaux. Un stationnement a également été aménagé sur le bord de la pointe à Émile pour faciliter l'accès à la cueillette aux mollusques.

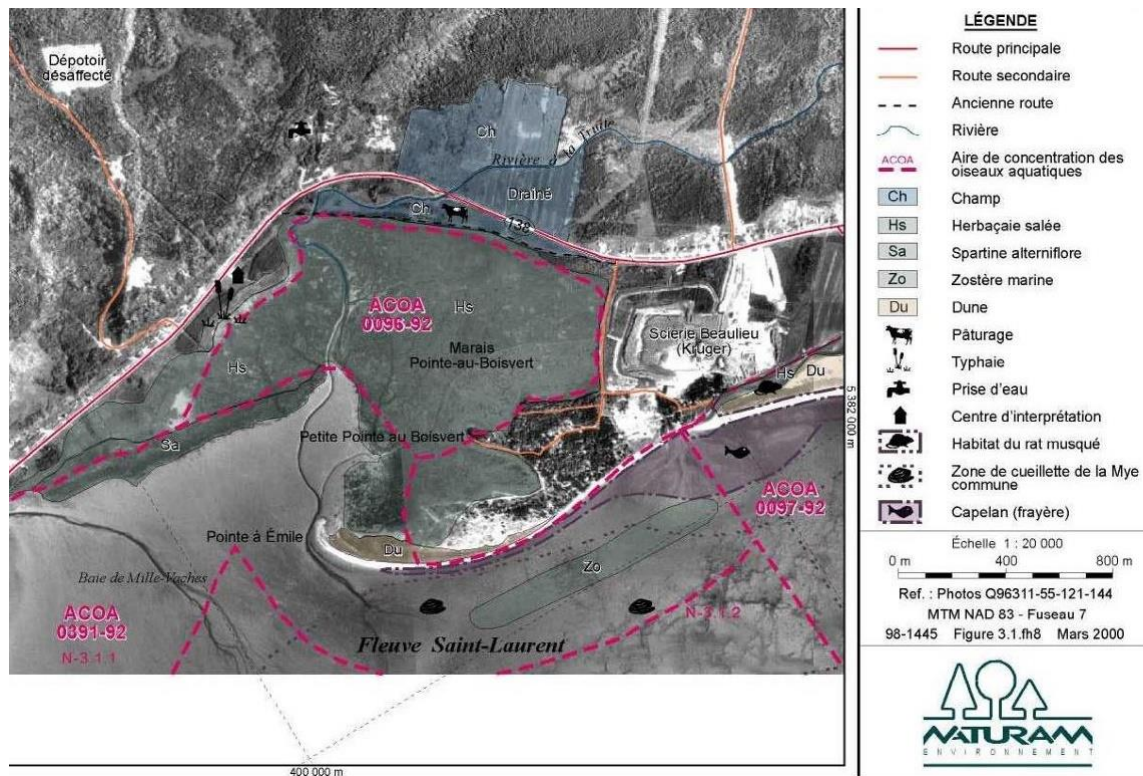


Figure 51. Utilisation du milieu à la fin des années 1990 (Heppell et *al.*, 2000).

Du côté du secteur de Saint-Paul-du-Nord, des sentiers pédestres ont aussi été aménagés pour favoriser l'accessibilité à des points de vue où une plateforme est installée (Figure 52).

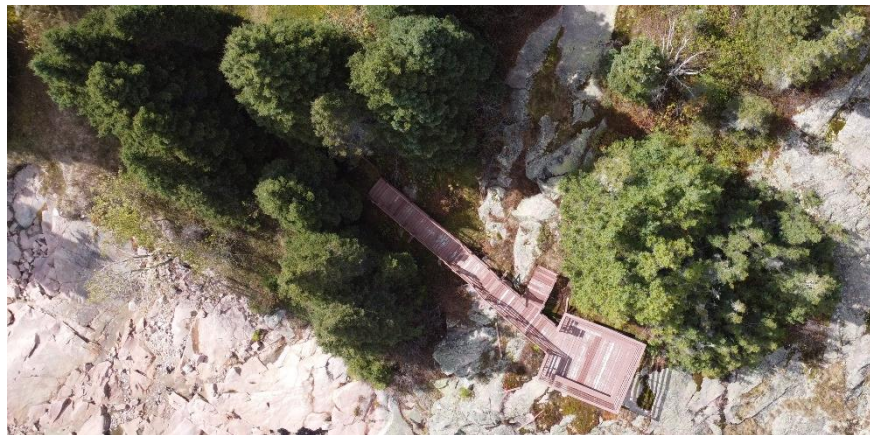


Figure 52. Vue aérienne de la plateforme située à proximité de l'église Saint-Paul-du-Nord (2021).

16. MATÉRIEL ET MÉTHODOLOGIE

16.1 Matériel

Lors des relevés terrain, les données topographiques et les images ont été acquises avec :

- Un drone MavicMini DJI pour les images aéroportées et géoréférencées. Cet outil permet d'avoir des images d'une résolution de 0,017 m/pixel.
- Un récepteur dGNSS EMLID RS2, outil de mesure d'une précision de 0,014 m (z) et 0,007 m (x, y).

16.2 Méthode

L'analyse de l'évolution des quatre secteurs de la zone d'étude se base sur :

1. Le suivi de la limite écogéomorphologique à partir des photographies de 1964, 1982, 1996, 2012 et 2019 en complément de données existantes ;
2. L'acquisition et l'analyse d'images aéroportées.

16.2.1 Choix et identification des limites écogéomorphologiques

La limite écogéomorphologique a été tracée pour effectuer l'analyse de la mobilité de la côte, cette limite correspond à la limite inférieure de la végétation ou à une rupture de pente. Ces critères ont été choisis, puisqu'ils sont facilement identifiables tant sur les images aériennes que sur le terrain.

Trois types de côtes sont observables dans la zone d'étude élargie : 1) marais littoral ; 2) flèche littorale ; 3) terrasse de plage. Les critères retenus pour identifier la limite écogéomorphologique dépendent du type de côte.

1) *Marais littoral*

L'extension maximale de la végétation continue vers l'estuaire maritime du fleuve Saint-Laurent est le critère prioritaire pour déterminer la limite écogéomorphologique. La limite est identifiable par le passage d'une végétation continue vers une végétation absente ou en rupture de pente (microfalaise).

2) *Flèche littorale*

La limite de la végétation dense et continue entre l'arrière-plage et le haut de plage sert de critère pour le suivi de la limite écogéomorphologique de la flèche littorale. En absence de végétation, le sommet de la microfalaise sert alors d'indicateur.

3) *Terrasse de plage*

La limite écogéomorphologique correspond à la limite de la végétation terrestre d'herbacée dense ou au sommet de la microfalaise lorsque la côte est en érosion.

Les intervalles des périodes étudiées pour faire le suivi de la limite écogéomorphologique dépendent de la disponibilité des photographies aériennes du site. Pour être utilisable, une photographie doit permettre l'identification de la limite inférieure de la végétation, c'est-à-dire qu'elle doit être non submergée et correctement exposée. Les années retenues pour le suivi et l'analyse de la mobilité de la côte sont 1964, 1982, 1996, 2012 et 2019 (Tableau 24).

Tableau 24. Liste des photographies aériennes utilisées.

Année	Résolution	Source	Spectre
1964	40 cm	MERN	Noir et Blanc
1982	21 cm	MERN	Noir et Blanc
1996	20 cm	MERN	Noir et Blanc
2012	30 cm	MFFP	Couleur
2019	NA	Esri	Couleur

MERN : Ministère des Ressources naturelles et des Forêts.

16.2.2 Suivi des limites écogéomorphologiques

Principe de suivi multitudes par photointerprétation

La méthode utilisée pour déterminer la progression ou le recul des marais de la zone d'étude consiste à mesurer le déplacement de la limite écogéomorphologique par rapport à un segment-repère, et ce, pour les différents intervalles. La comparaison entre les années de mesure permet d'évaluer s'il y a eu un déplacement de la limite écogéomorphologique et dans un tel cas, s'il s'agit de progression ou de recul. Cette façon de procéder limite l'effet sur la mesure, des erreurs de géoréférencement et des déformations de l'image. Les différentes étapes sont réalisées de manière semi-automatisées, permettant d'utiliser un grand nombre de stations de mesure tout en gardant un temps de traitement raisonnable.

Séquence de travail

Dans un premier temps, les images qui le nécessitent sont géoréférencées manuellement à l'aide de l'outil de géoréférencement natif de QGIS 3.22. Les points de contrôle utilisés sont choisis le plus près de la zone d'étude et à une altitude équivalente. Il s'agit le plus souvent de marelles et de chenaux dont les positions se révèlent remarquablement stables au cours du temps.

La limite inférieure de la végétation est numérisée manuellement pour chaque année. Cette étape conditionne en grande partie le résultat. L'identification de la limite, même si elle se base sur des critères stricts, est sensible à l'effet opérateur. L'identification a donc été réalisée par la même personne pour toutes les photographies, en portant une attention particulière à utiliser les mêmes éléments visuels pour identifier la limite écogéomorphologique, quelle que soit l'année. Ces critères d'identification font l'objet de quelques variations suivant l'aspect de la végétation et la zone du marais considérée.

Une fois les limites écogéomorphologiques numérisées, on trace des segments parallèles à ces lignes, sur toute leur longueur. Ces segments serviront de repère pour les mesures de distance. Les segments-repères sont situés exactement au même

endroit pour les différentes années. Les stations de mesure sont ensuite positionnées sur le segment-repère et la distance entre ces stations et la limite écopéomorphologique de l'année correspondante est mesurée. Les distances obtenues permettent de calculer le recul ou la progression totale par période et les taux de déplacement annuel pour chaque période.

L'erreur associée à la mesure de distance est la somme des erreurs suivantes : 1) le géoréférencement des images ; 2) le positionnement des segments-repères entre les différentes années ; 3) le traçage de la limite écopéomorphologique. Il existe une disparité entre les différentes zones et les différentes années, l'estimation de l'erreur est donc comptabilisée en prenant en compte ces paramètres (Annexe VI et VII).

Les taux de recul et de progression ainsi que la stabilité et le mouvement non significatif sont définis en fonction de la valeur et du type de mouvement (+ : progression ; - : recul) de la limite écopéomorphologique. L'érosion correspond à un mouvement négatif supérieur à 1 intervalle de la marge d'erreur et la forte érosion à un mouvement négatif supérieur à 2 intervalles de la marge d'erreur. Les classes de progression respectent les mêmes intervalles par rapport à la marge d'erreur que pour les mouvements négatifs. Les classes de stabilité et le mouvement non significatif sont définis selon l'amplitude de la marge d'erreur. La stabilité correspond à un mouvement à l'intérieur de l'intervalle d'une marge d'erreur lorsque celle-ci est inférieure à 1m. Le mouvement non significatif correspond à un mouvement à l'intérieur de l'intervalle d'une marge d'erreur lorsque celle-ci est supérieure à 1 m. Les mouvements non significatifs indiquent que la précision des tracés ne permet pas de déterminer le type de mouvement de la limite écopéomorphologique. Des études plus avancées et des photographies aériennes et images satellitaires aux pixels plus précis permettraient de peaufiner la qualification du mouvement de ces tronçons. Les photographies aériennes des périodes choisies ne couvraient pas dans certains cas toute la zone d'étude. La mention NA (non applicable) désigne ainsi l'absence de données, soit le manque de couverture pour déterminer la limite écopéomorphologique le long d'un tronçon pour une période.

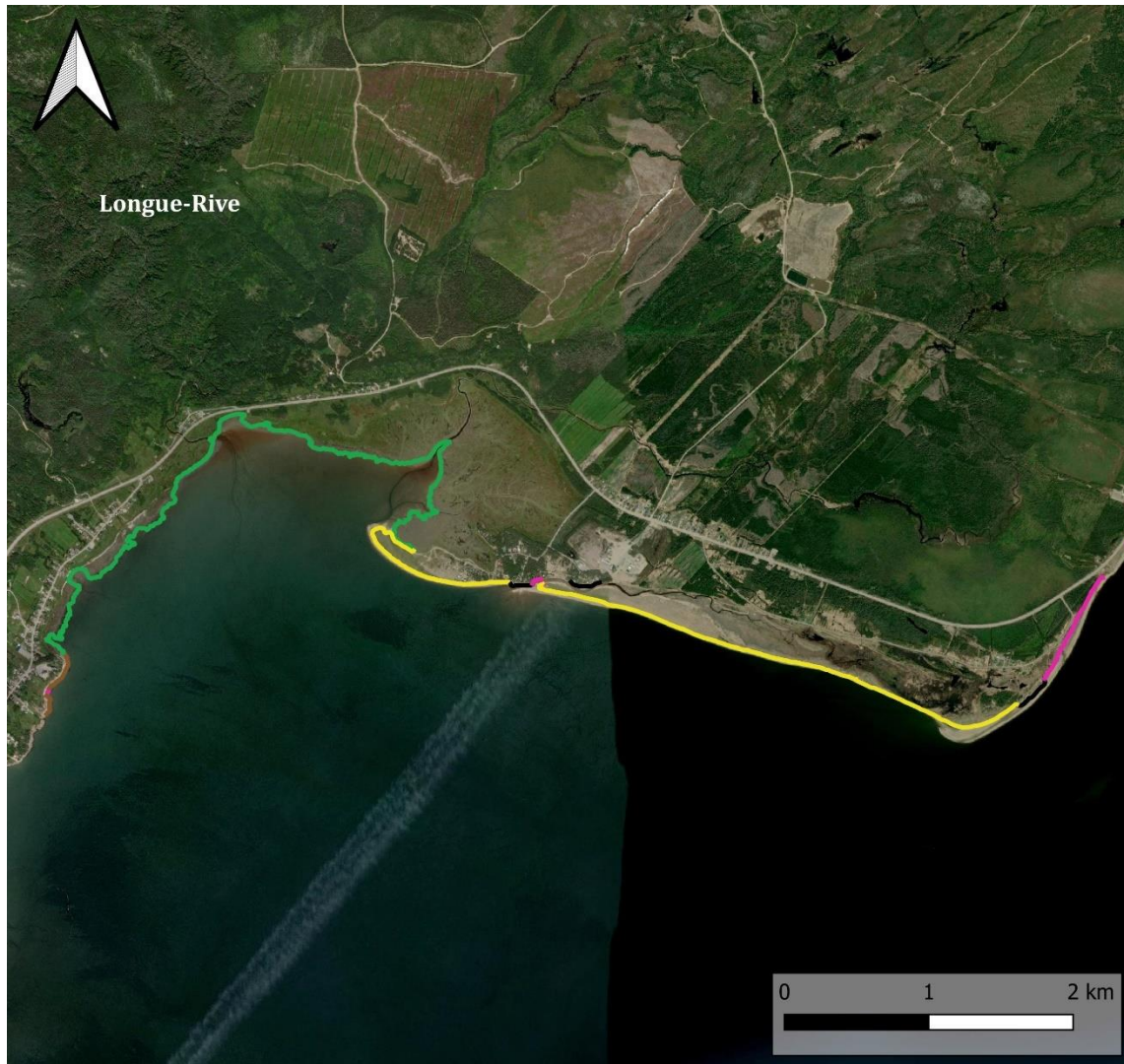
17. RÉSULTATS

17.1 Types de cote

Les quatre secteurs d'étude sont presque tous composés de dépôts meubles, sauf l'extrémité ouest du secteur de Saint-Paul-du-Nord (Figure 53). Différents types de côtes sont présents : 1- marais littoral ; 2- flèche littorale, 3- terrasse de plage et 4- affleurement rocheux (Figure 54). Quatre enrochements totalisant près de 1 km entrecoupent l'extrémité est du secteur de la BMV est et le secteur de la pointe à Boisvert.



Figure 53. L'affleurement rocheux (*Crans Rouges*) à l'extrémité ouest du secteur de Saint-Paul-du-Nord (2021).



Types de côtes

- Affleurement rocheux
- Enrochement
- Flèche littorale
- Marais littoral
- Terrasse de plage



Conception : Comité ZIP RNE
 Réalisé en : septembre 2023
 Sources : Basemaps Esri Imagery,
 Comité ZIP RNE
 Échelle : 35000
 SCR : UTM zone 19 N
 Frédéric D'Amours-Leclerc

Figure 54. Types de côte présents dans les secteurs de la zone d'étude.

Une microfalaise est présente le long du marais du secteur de Saint-Paul-du-Nord à partir de l'extrémité ouest (affleurement rocheux) et ce, jusqu'à la rivière Éperlan. Elle témoigne d'une érosion active de certains segments de ce secteur (Figure 55).



Figure 55. Microfalaise d'érosion dans la partie ouest du secteur de Saint-Paul-du-Nord (à gauche) et microfalaise d'érosion dans la partie est de ce secteur (à droite) (2021).

Une microfalaise est aussi présente le long de certains segments des marais des secteurs de la BMV ouest et BMV est. Elle est plus prononcée à l'est de la rivière Éperlan et le long des berges de la rivière à la Truite (Figure 56).



Figure 56. Microfalaise d'érosion (proximité de la rivière Éperlan) du secteur de la BMV ouest (à gauche) et microfalaise d'érosion (le long des berges de la rivière à la Truite) du secteur de la BMV est (2022).

La flèche littorale de la pointe à Émile se divise en deux, soit la présence d'une microfalaise le long du côté de l'estuaire maritime du fleuve Saint-Laurent et une zone d'accumulation de sable du côté nord de la flèche littorale (côté marais) (Figure 57).



Figure 57. Microfalaise le long de l'estuaire maritime du fleuve Saint-Laurent (à gauche) et une zone d'accumulation de sable du côté nord de la flèche littorale (à droite) (2021).

17.2 La dynamique géomorphologique dans la zone d'étude

Les quatre secteurs de marais de la zone d'étude sont soumis à une dynamique côtière impliquant une variabilité d'agents et de processus qui influencent différemment la dynamique géomorphologique. Les perturbations qui les affectent déterminent entre autres la distribution des formes (marais, flèche littorale) qui s'y retrouvent et également des espèces végétales colonisatrices des milieux humides littoraux.

L'analyse des dynamiques écologiques et géomorphologiques a permis de circonscrire la zone d'étude en quatre secteurs qui sont dominés par des processus distincts (Figure 58). De manière générale, les marais des quatre secteurs sont régis par la combinaison des marées et des vagues ainsi que des interventions humaines. Cette dynamique et leurs interactions varient selon la position des marais par rapport aux éléments géomorphologiques (p. ex. flèche littorale). Le secteur de Saint-Paul-du-Nord est dominé par l'influence des vagues et l'anthropisation des terres (agriculture, canaux de drainage) qui occasionnent de l'érosion. Le secteur de la BMV ouest est une zone où les rivières à la Truite et Éperlan dominent les processus géomorphologiques responsables de l'évolution du marais alors que le secteur de la BMV est soumis à l'évolution de la flèche littorale de la pointe à Émile. Le marais du secteur de la pointe à Boisvert est, quant à lui, celui qui est le plus protégé des processus et des agents côtiers par sa position confinée derrière la flèche littorale du petit Goulet. La dynamique fluviale, les enrochements et la dérive littorale dynamisent ce secteur.

Zonation de la dynamique géomorphologique : secteur de Longue-Rive



Saint-Paul-du-Nord : Secteur du marais dominé par l'influence des vagues qui présente des lobes de débordement et influencé par l'occupation du territoire

BMV ouest : Secteur du marais soumis aux marées mais dominé par l'influence des processus fluviaux

BMV est : Secteur du marais soumis aux marées mais dépendant de l'évolution de la flèche littorale de la pointe à Émile

Pointe à Boisvert : Marais qui est le plus protégé des processus et des agents côtiers. Le secteur est soumis à la dynamique fluviale, mais dominé par l'influence de la dérive littorale et de la présence des enrochements



Conception : Comité ZIP RNE, septembre 2023
Sources : Basemaps Esri Imagery, Comité ZIP RNE
Échelle: 1/27000 SCR : UTM zone 19 N
Maëlle Bourguignat

Figure 58. Segmentation de la dynamique géomorphologique de la zone d'étude.

Les vagues qui dominent le secteur de Saint-Paul-du-Nord entraînent un transport préférentiel vers la côte de sédiments sableux lors du déferlement des vagues. Le déferlement des vagues et le transport sédimentaire vers le large sont exacerbés par la présence d'une microfalaise à la limite entre les différents étages du marais. De plus, cette microfalaise favorise la projection et le débordement de sédiments transportés par les vagues. Cette situation se traduit par la présence de lobes de débordements sableux qui enfouissent la végétation des différents étages du marais (Figure 59). Les nouvelles conditions créées par la présence de sédiments plus grossiers sur une microtopographie plus élevée au sommet du lobe favorisent la colonisation par des espèces halophytes non endémiques aux marais littoraux telles que l'élyme des sables. L'occupation du territoire le long de ce secteur influence également l'évolution du marais de Saint-Paul-du-Nord. La conversion des terres en agriculture et la création de canaux de drainage pour assécher les milieux humides contribuent à l'érosion (Figure 59).



Figure 59. Microfalaise et lobe de sédiments (en haut) et interventions humaines (en bas) dans marais du secteur de Saint-Paul-du-Nord (2021).

La dynamique fluviale et les interventions humaines représentent les principaux paramètres qui influencent la dynamique du secteur de marais de la BMV ouest. L'hydrodynamisme et l'inversion des courants en fonction de la marée conditionnent le transport sédimentaire qui favorise la présence de chevaux fluviaux. Les rivières à la Truite et Éperlan sont les éléments qui influencent l'état des zones aux embouchures des chenaux (Morissette et Joyal, 2012) (Figure 60). La dynamique fluviale contribue à la formation des microfalaises d'érosion du schorre inférieur (Dionne et Bouchard, 2000). L'orientation du chenal principal de la rivière à la Truite le rend plus sensible aux vagues et aux marées durant la période interglaciale, puisqu'il ne bénéficie plus de la protection de la flèche littorale de la pointe à Émile (Dionne et Bouchard, 2000 et Morissette, 2007, cités par Morissette et Joyal, 2012).

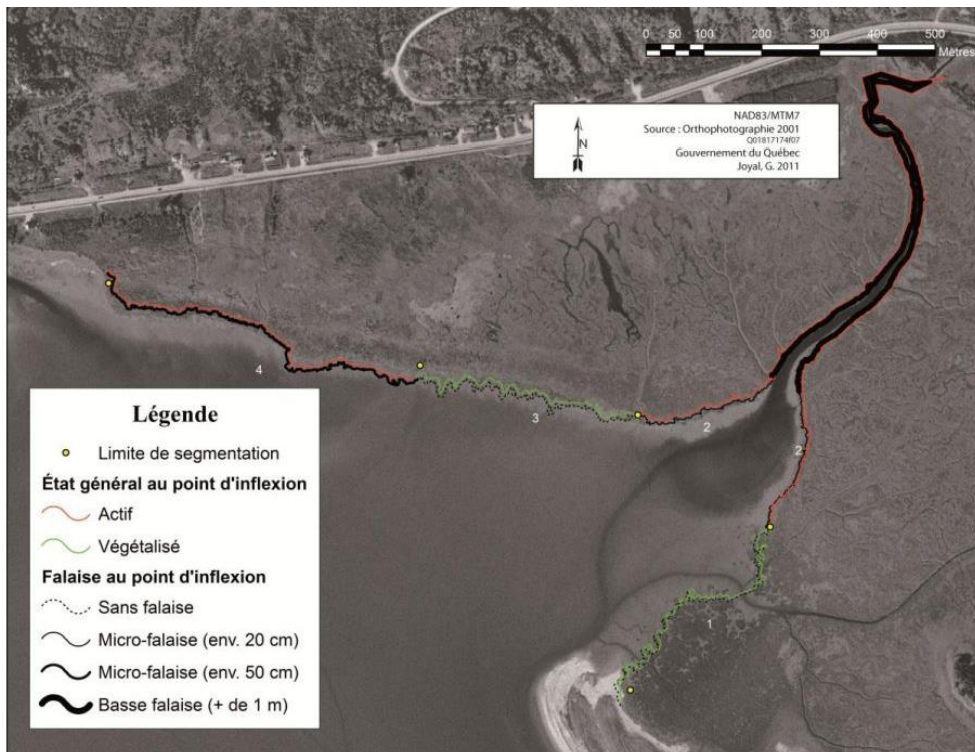


Figure 60. Segmentation du marais littoral des secteurs de la BMV ouest et BMV est (Morissette et Joyal, 2012, p.26).

La présence de la flèche littorale de la pointe à Émile protège partiellement le marais du secteur de la BMV est des processus côtiers. L'évolution du marais est ainsi dépendante de l'évolution de la flèche littorale, qui est en progradation vers l'ouest

depuis 1964. Elle montre une tendance d'érosion du côté de l'estuaire maritime du fleuve Saint-Laurent contrairement au côté de la flèche à l'intérieur du marais, qui montre une tendance d'accumulation de sédiments sableux (Morissette et Joyal, 2012). Une partie du marais est ainsi ensablée (Figure 61). La présence de la route 138, du chemin du Barrage, de l'aboteau ainsi que des enrochements perturbent l'équilibre du secteur et amplifient l'érosion.



Figure 61. Érosion des berges de la rivière à la Truite (en haut) (2021) et ensablement du marais du côté intérieur de la baie de Mille-Vaches (en bas), secteur du marais de la BMV est (CGQ, 2021).

Du fait de sa position, le marais Le Goulet est celui qui est le plus à l'abri des agents et des processus côtiers. Le ruisseau anonyme conditionne la migration de la flèche littorale. L'enrochement ainsi que la dérive littorale sont les principaux facteurs influençant le transport sédimentaire dans le secteur de la pointe à Boisvert.

Les relations et les interactions entre les processus et leur variabilité selon l'emplacement des marais par rapport aux flèches littorales influencent le régime des perturbations qui déterminent la distribution floristique et donc l'étagement du marais. La grande variabilité des habitats des marais est le reflet de cette dynamique géomorphologique et de son évolution.

17.3 Suivi de la limite écogéomorphologique entre 1964 et 2019

Les stations de mesure de l'évolution de la limite écogéomorphologique sont distribuées le long de la côte en ordre croissant de l'ouest vers l'est de la zone d'étude. Au total, 198 stations de mesure ont été définies. Les stations 1 à 45 correspondent au secteur de Saint-Paul-du-Nord, la station 45 étant celle à l'ouest de la rivière Éperlan. Les stations 46 à 83 correspondent au marais du secteur de la BMV ouest et les stations 84 à 113 au secteur de la BMV est : les stations 81 à 88 aux berges de la rivière à la Truite, la station 97 à l'extrémité de la flèche littorale de la pointe à Émile et les stations 110 à 113 à l'enrochement en face de la propriété privée. Les stations 114 à 207 correspondent au secteur de la Pointe à Boisvert : la station 114 à l'extrémité de la flèche littorale du petit Goulet, la station 181 au coude de la pointe à Boisvert, les stations 182 à 186 à l'enrochement en face du secteur de villégiature et les stations 202 à 207 à l'enrochement à l'est de la zone (Tableaux 25 à 28). Certaines stations sont absentes, puisque des sections étaient manquantes sur les photographies aériennes.

La période de couverture totale représente un intervalle de 55 ans, allant de 1964 à 2019. Les valeurs mesurées correspondent à une sommation des déplacements totaux de la période ancienne et récente. La contribution relative de chacune de ces périodes est donc fonction du nombre d'années de l'intervalle de mesure. Le nombre d'années est relativement similaire pour les périodes de 1964 à 1982 (18 ans), de 1982 à 1996 (14 ans) et de 1996 à 2012 (16 ans). La période récente a un nombre d'années inférieures aux autres intervalles, 7 ans (Figures 62 à 66).

Tableau 25. Taux de déplacement annuel (m/an) de la limite écopéomorphologique pour chacun des intervalles de mesures dans le secteur de Saint-Paul-du-Nord. Les valeurs de forte progression sont représentées en vert foncé, les valeurs de progression en vert pâle, la stabilité relative en bleu, le mouvement non significatif en gris, les valeurs d'érosion en orange et les valeurs de forte érosion en rouge.

Taux de déplacement annuel (m/an) Secteur Saint-Paul-du-Nord					
Station	1964-2019	1964-1982	1982-1996	1996-2012	2012-2019
1	-0,29	NA	NA	0,26	-0,10
2	0,15	NA	NA	0,06	-0,33
3	0,16	NA	NA	0,31	-0,56
4	-0,01	NA	NA	0,18	-0,25
5	NA	NA	NA	NA	NA
6	0,29	NA	NA	-2,10	1,06
7	-2,55	NA	NA	-6,19	2,55
8	-1,86	NA	NA	0,29	0,11
9	-0,98	NA	NA	0,05	0,58
10	-2,35	NA	NA	0,26	0,45
11	-2,07	NA	NA	0,25	0,40
12	-3,59	NA	NA	0,87	0,51
13	-3,16	NA	NA	-1,41	0,36
14	-3,51	NA	NA	-6,52	12,70
15	-5,30	NA	NA	-4,30	0,71
16	-5,62	NA	NA	-10,83	1,82
17	-4,62	NA	NA	-10,26	1,44
18	-5,11	-12,41	1,75	-5,80	2,76
19	-5,11	-10,05	2,41	-7,82	0,22
20	-2,95	-7,21	-0,80	-6,55	11,87
21	-2,47	-5,71	-0,80	0,83	-3,98
22	-2,47	-5,60	-0,08	0,23	-4,36
23	-1,53	-2,84	-0,22	0,15	-3,86
24	-1,36	-1,14	-0,11	-0,16	-6,27
25	-1,98	-2,29	-1,32	-0,36	-5,18
26	-2,67	-4,09	-2,36	0,51	-5,65
27	-2,68	-6,65	-1,01	-0,25	-0,50
28	-2,94	-4,39	0,15	-0,50	-9,34
29	-2,50	-5,67	2,04	0,20	-8,27

30	-1,78	-8,46	8,48	-2,49	-2,98
31	-1,34	-5,87	7,06	-2,98	-2,35
32	-1,73	-6,39	7,13	-0,18	-9,94
33	-1,65	-5,05	6,70	-0,24	-11,60
34	-1,75	-7,90	6,19	-0,60	-3,79
35	-2,35	-2,68	-1,49	-1,92	-3,20
36	-2,55	-3,10	-0,78	-3,03	-2,60
37	-3,57	-4,04	-2,56	-4,18	-1,71
38	-3,53	-3,53	-2,20	-5,49	-0,51
39	-3,69	-5,61	-0,15	-4,61	-2,43
40	-3,71	-5,22	-0,66	-4,44	-2,91
41	-3,59	-5,98	2,25	-6,07	-2,28
42	-1,16	0,69	-0,24	-3,23	-2,47
43	NA	NA	NA	NA	NA
44	-1,21	-2,42	3,04	-3,33	-1,31
45	-2,08	-3,38	-1,36	-1,81	-0,12

	Forte progression
	Progression
	Non significatif
	Stabilité relative
	Érosion
	Forte érosion
	Non applicable

Tableau 26. Taux de déplacement annuel (m/an) de la limite écotopographique pour chacun des intervalles de mesures dans le secteur de la BMV ouest. Les valeurs de forte progression sont représentées en vert foncé, les valeurs de progression en vert pâle, la stabilité relative en bleu, le mouvement non significatif en gris, les valeurs d'érosion en orange et les valeurs de forte érosion en rouge.

Taux de déplacement annuel (m/an) Secteur de la Baie de Mille-Vaches ouest					
Station	1964-2019	1964-1982	1982-1996	1996-2012	2012-2019
46	-2,84	-3,58	-1,37	-3,32	-1,73
47	-2,60	-2,71	-1,52	-3,28	-1,96
48	-3,67	-8,36	2,79	-4,50	-1,54
49	-3,66	-7,12	-2,74	-1,09	-1,24
50	-2,35	-3,22	-2,84	-0,68	-1,99
51	NA	NA	NA	NA	NA
52	NA	NA	NA	NA	NA
53	NA	NA	NA	NA	NA
54	-1,22	0,10	-2,23	-1,49	-1,42
55	-1,29	-0,87	-1,54	0,57	-5,31
56	-0,32	-1,62	-0,11	1,24	-0,81
57	-0,28	-2,63	0,47	1,52	0,21
58	-0,45	-1,79	-0,80	1,49	-0,57
59	-1,40	-0,97	0,60	-3,74	-0,69
60	-1,68	-2,48	0,14	-1,66	-2,58
61	-0,86	0,05	0,12	-1,77	-2,59
62	-1,22	-0,61	-0,23	-1,78	-2,86
63	-1,29	-0,70	-0,91	-1,49	-2,49
64	-1,08	-0,95	-0,61	-1,04	-1,96
65	-2,22	-2,06	-2,50	-1,46	-2,86
66	-0,98	-0,05	-2,80	0,18	-1,84
67	-0,73	-1,89	-0,13	-0,05	-0,28
68	-0,07	-0,04	-0,29	0,22	-0,31
69	-0,13	-0,27	-0,36	0,39	-0,46
70	0,23	1,37	-1,59	0,70	-0,14
71	-0,01	0,19	0,68	-0,50	-0,74
72	0,29	0,42	0,50	0,00	0,13
73	0,14	0,35	0,26	-0,03	-0,27

74	0,66	1,85	-1,83	1,59	0,26
75	0,09	1,00	-1,25	0,03	0,57
76	-0,24	0,38	-1,77	-0,13	1,03
77	-0,24	-0,11	-0,72	-0,60	1,19
78	-0,47	-0,12	-1,15	0,24	-1,37
79	-0,36	0,35	-1,21	-0,36	-0,33
80	-0,66	-0,24	-1,99	0,18	-0,74
81	-0,38	-0,02	-0,91	-0,23	-0,38
82	-0,14	0,10	-0,18	-0,35	-0,17
83	-0,07	0,12	-0,35	0,14	-0,40

	Forte progression
	Progression
	Non significatif
	Stabilité relative
	Érosion
	Forte érosion
	Non applicable

Tableau 27. Taux de déplacement annuel (m/an) de la limite écotopographique pour chacun des intervalles de mesures dans le secteur de la BMV est. Les valeurs de forte progression sont représentées en vert foncé, les valeurs de progression en vert pâle, la stabilité relative en bleu, le mouvement non significatif en gris, les valeurs d'érosion en orange et les valeurs de forte érosion en rouge.

Taux de déplacement annuel (m/an) Secteur de la Baie de Mille-Vaches est					
Station	1964-2019	1964-1982	1982-1996	1996-2012	2012-2019
84	-0,22	0,33	-1,00	-0,25	0,09
85	-0,33	0,42	-1,06	-0,67	0,11
86	-0,47	-0,22	-0,86	-0,35	-0,45
87	-0,70	-1,90	0,38	-0,04	-1,01
88	-0,92	-1,02	-1,67	-0,19	-0,43
89	-1,05	-0,62	-2,55	-0,13	-0,80
90	-1,20	0,28	-3,74	-0,55	-0,89
91	-0,77	-0,40	-2,94	-0,11	1,29
92	-0,39	-0,10	0,34	-0,69	-1,65
93	-0,27	-0,26	0,04	-0,46	-0,34
94	-0,34	0,62	0,81	-3,07	1,15
95	2,00	7,70	0,22	-0,06	-4,55
96	3,28	8,43	1,31	-1,45	3,60
97	5,59	7,74	7,41	2,14	2,29
98	1,17	1,59	0,88	1,39	-0,23
99	0,93	1,34	0,38	1,29	-0,18
100	0,72	1,27	0,04	1,20	-0,63
101	0,50	0,91	-0,07	1,14	-0,98
102	0,17	0,52	-0,23	0,86	-1,46
103	-0,48	0,14	0,02	-1,28	-1,04
104	-0,69	0,00	-0,36	-1,30	-1,41
105	-0,90	0,06	-0,90	-1,51	-1,54
106	-1,08	-0,15	-1,20	-1,68	-1,40
107	-1,23	-0,24	-1,38	-1,74	-1,80
108	-1,19	-0,28	-1,59	-1,90	-0,69
109	-1,22	-0,31	-1,89	-1,90	-0,17
110	-1,09	-0,49	-1,81	-0,40	-2,20
111	-0,66	-0,63	-2,00	0,12	0,36

112	-0,57	-0,76	-1,59	0,06	0,71
113	-0,62	-1,05	-1,37	-0,61	2,02

	Forte progression
	Progression
	Non significatif
	Stabilité relative
	Érosion
	Forte érosion
	Non applicable

Tableau 28. Taux de déplacement annuel (m/an) de la limite écotopographique pour chacun des intervalles de mesures dans le secteur de la pointe à Boisvert. Les valeurs de forte progression sont représentées en vert foncé, les valeurs de progression en vert pâle, la stabilité relative en bleu, le mouvement non significatif en gris, les valeurs d'érosion en orange et les valeurs de forte érosion en rouge.

Taux de déplacement annuel (m/an) Secteur de la pointe à Boisvert					
Station	1964-2019	1964-1982	1982-1996	1996-2012	2012-2019
114	-0,19	-1,08	-1,14	-1,42	6,38
115	0,23	-1,06	-1,20	-1,99	10,57
116	0,43	-1,03	-1,19	1,70	4,08
117	0,53	-1,08	-0,18	1,30	3,83
118	0,64	-1,05	-0,23	2,20	2,72
119	0,73	-0,97	-0,51	2,99	2,01
120	1,08	-0,44	-0,52	3,85	1,43
121	1,37	-0,23	-0,53	4,43	1,76
122	1,52	-0,73	-0,25	5,35	1,50
123	1,74	-1,80	3,79	3,11	2,78
124	2,11	-2,06	4,79	2,77	4,77
125	2,24	-1,87	5,07	2,88	4,51
126	2,33	-1,84	6,10	2,39	4,18
127	2,50	-1,57	7,10	2,22	3,23
128	2,80	-1,02	7,65	2,19	3,04
129	3,12	-0,29	7,99	2,13	3,01
130	3,91	1,31	9,08	2,03	2,91
131	3,85	-0,03	10,81	1,63	3,33
132	4,10	-0,28	12,24	1,43	3,38
133	4,38	-0,29	13,30	1,42	3,44
134	4,58	9,42	1,96	1,29	3,26
135	4,78	10,92	0,93	1,19	3,28
136	5,07	11,66	1,21	1,24	2,91
137	5,21	13,67	-0,42	1,18	2,27
138	NA	NA	NA	NA	NA
139	NA	NA	NA	NA	NA
140	NA	NA	NA	NA	NA
141	NA	NA	NA	NA	NA

142	4,87	11,35	0,99	1,13	2,86
143	1,04	1,00	-0,08	1,18	2,52
144	0,72	0,82	-0,82	1,23	1,98
145	0,41	0,57	-0,77	0,96	0,91
146	0,10	-0,01	-0,66	0,62	0,66
147	-0,05	0,08	-0,97	0,40	0,42
148	-0,23	-0,03	-1,07	-0,01	0,52
149	-0,46	0,05	-1,54	-0,34	0,25
150	-0,67	0,02	-1,86	-0,49	-0,21
151	-0,81	-0,06	-2,01	-1,17	0,75
152	-0,92	0,00	-2,26	-0,94	-0,19
153	-0,99	-0,37	-2,12	-0,89	-0,15
154	-1,08	-0,56	-4,35	0,96	-0,09
155	-1,20	-0,51	-2,62	-0,92	-0,34
156	-1,62	-1,07	NA	NA	-0,60
157	-1,80	-1,44	NA	NA	-0,30
158	-2,00	-1,89	NA	NA	-0,52
159	-2,16	-2,32	NA	NA	-0,82
160	-2,22	-2,64	NA	NA	-0,44
161	-2,30	-3,16	NA	NA	-0,76
162	-2,31	-3,11	NA	NA	-0,89
163	-2,41	-3,47	NA	NA	-1,34
164	-2,42	-3,74	NA	NA	-2,09
165	-2,27	-3,96	NA	NA	-1,31
166	-2,08	-3,75	NA	NA	-1,40
167	-1,86	-3,38	NA	NA	-1,81
168	-1,70	-3,15	NA	NA	-2,25
169	-1,47	-2,65	NA	NA	-2,32
170	-1,27	-2,28	NA	NA	-2,54
171	-0,99	-1,39	NA	NA	-3,06
172	-0,68	-0,60	NA	NA	-3,23

173	-0,53	0,13	NA	NA	-4,08
174	-0,35	0,85	NA	NA	-3,48
175	-0,25	0,78	NA	NA	-3,75
176	-0,23	1,00	NA	NA	-3,56
177	-0,12	1,52	NA	NA	-2,03
178	-0,14	3,38	NA	NA	-1,10
179	-0,32	2,21	NA	NA	0,12
180	-0,01	2,11	NA	NA	0,49
181	0,40	2,85	NA	NA	0,62
182	-0,12	-15,79	NA	NA	0,26
183	0,08	-16,79	NA	NA	0,40
184	0,00	-17,90	NA	NA	0,69
185	0,09	-18,83	NA	NA	-0,01
186	-0,42	-19,78	NA	NA	0,84
187	-0,58	-20,78	NA	NA	0,77
188	-0,70	-21,65	NA	NA	0,76
189	-1,00	-22,83	NA	NA	0,28
190	-1,14	-23,21	NA	NA	-0,26
191	-1,12	-23,89	NA	NA	0,92
192	-1,06	-23,76	NA	NA	-0,18
193	-0,94	-23,98	NA	NA	-0,23
194	-1,04	-24,35	NA	NA	-0,76
195	-1,06	-24,55	NA	NA	-0,97
196	-1,00	-24,66	NA	NA	-0,67
197	-0,87	-24,94	NA	NA	0,13
198	-0,92	-25,27	NA	NA	-0,42
199	-0,94	-25,62	NA	NA	-0,62
200	NA	NA	NA	NA	-0,58
201	NA	NA	NA	NA	-0,38
202	NA	NA	NA	NA	0,45
203	NA	NA	NA	NA	0,19
204	NA	NA	NA	NA	0,12
205	NA	NA	NA	NA	0,34
206	NA	NA	NA	NA	-0,05
207	NA	NA	NA	NA	-0,57

	Forte progression
	Progression
	Non significatif
	Stabilité relative
	Érosion
	Forte érosion
	Non applicable

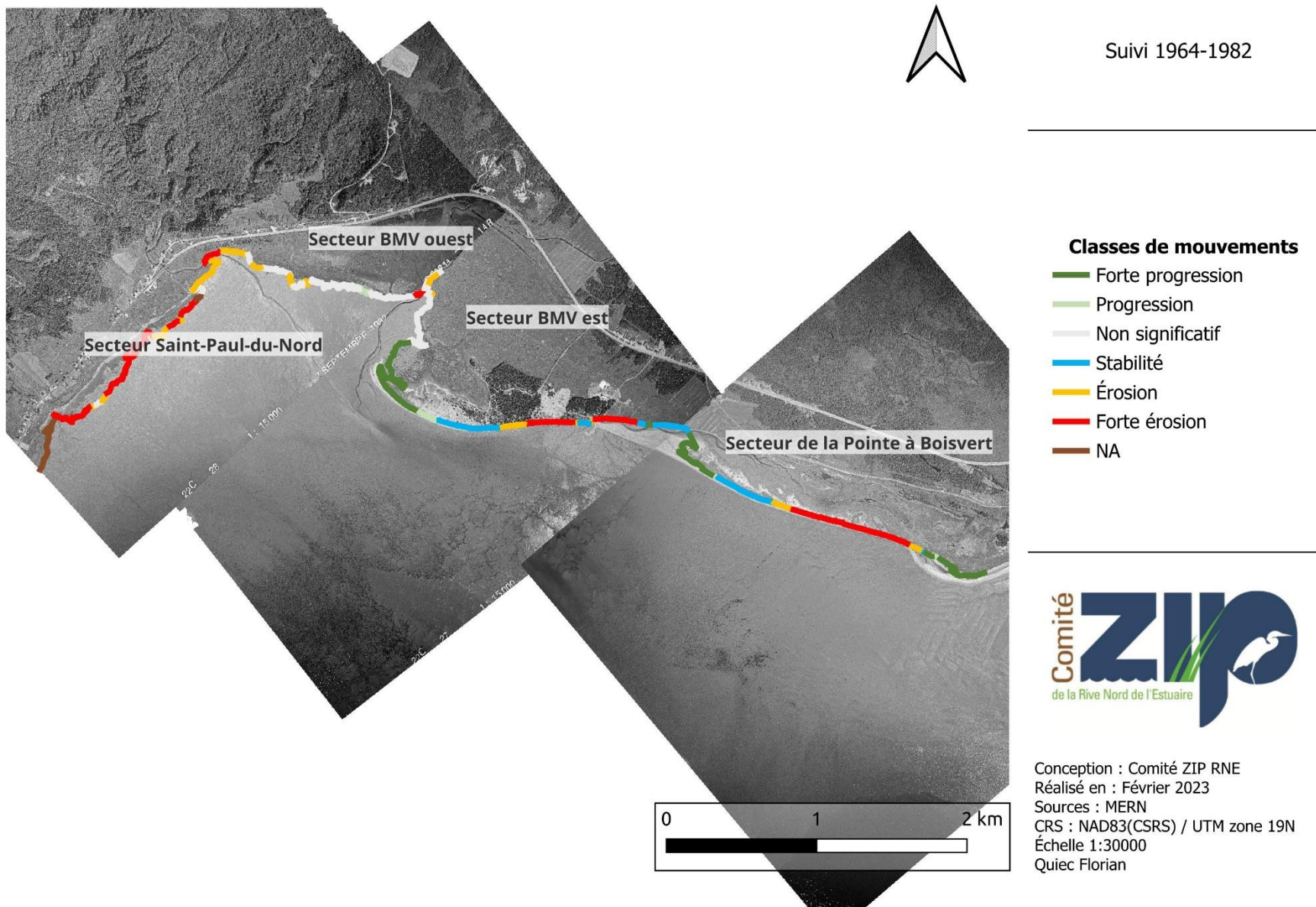


Figure 62. Évolution de la limite écogéomorphologique pour la période de 1964 à 1982.

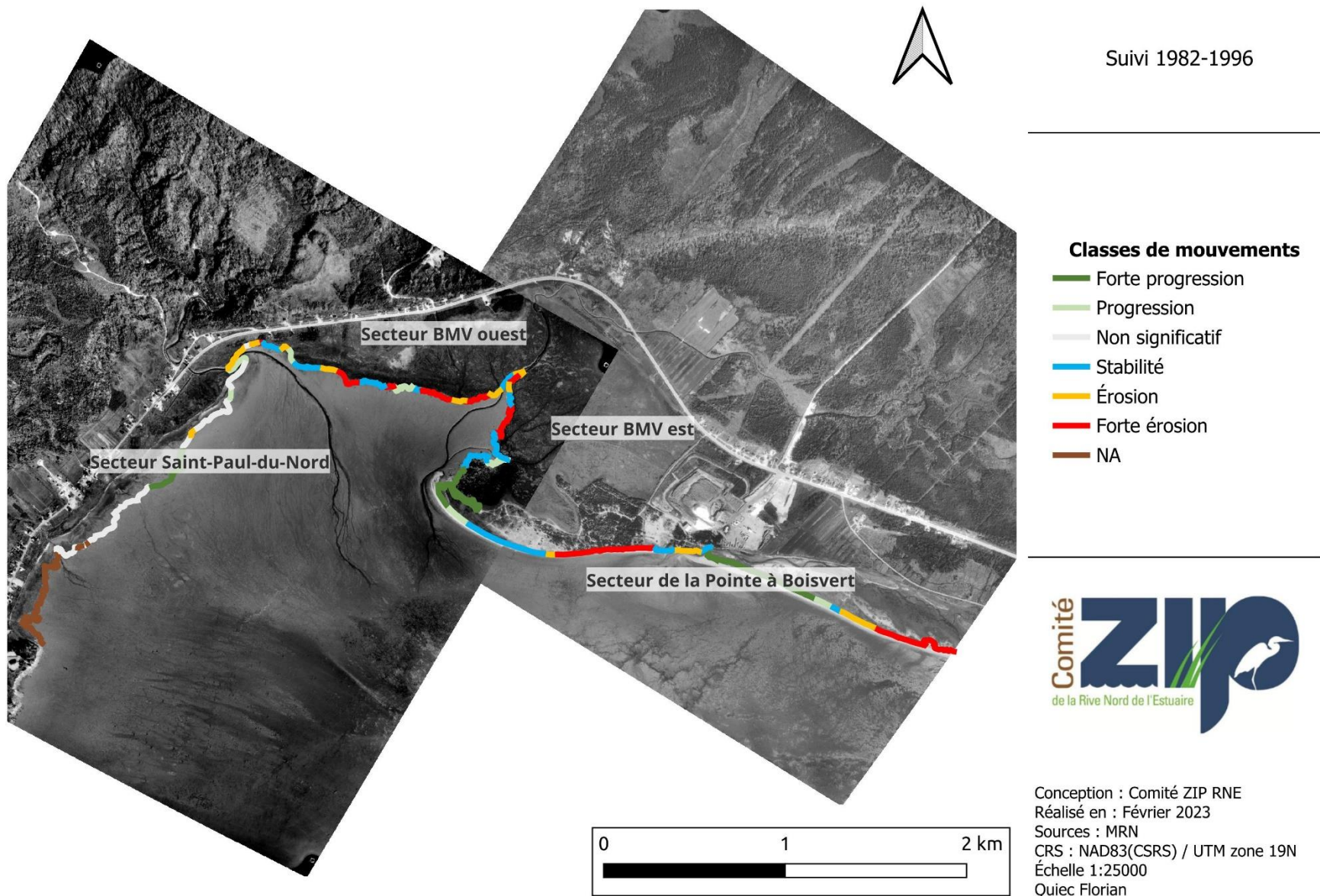
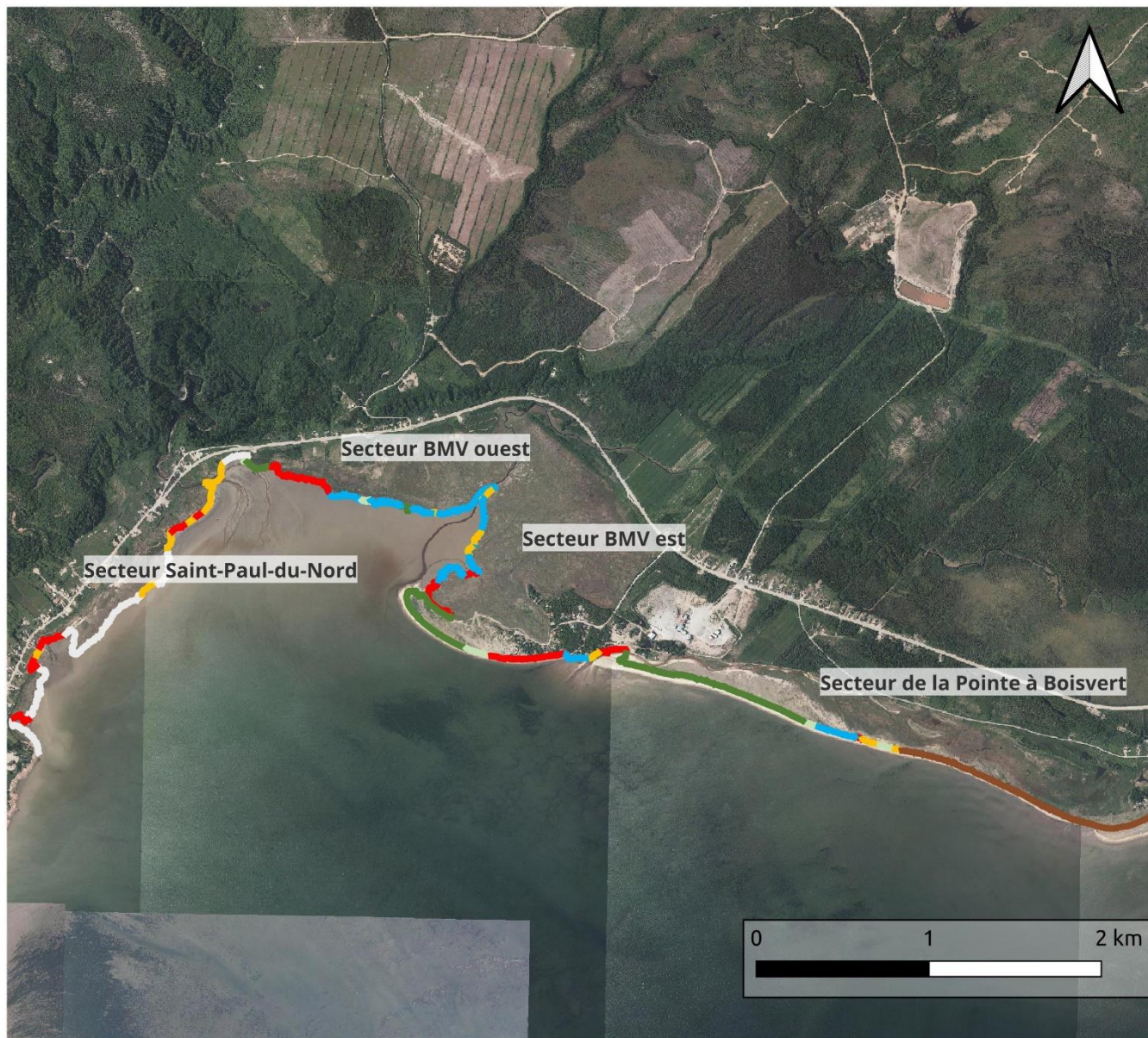


Figure 63. Évolution de la limite écogéomorphologique pour la période de 1982 à 1996.



Suivi 1996-2012

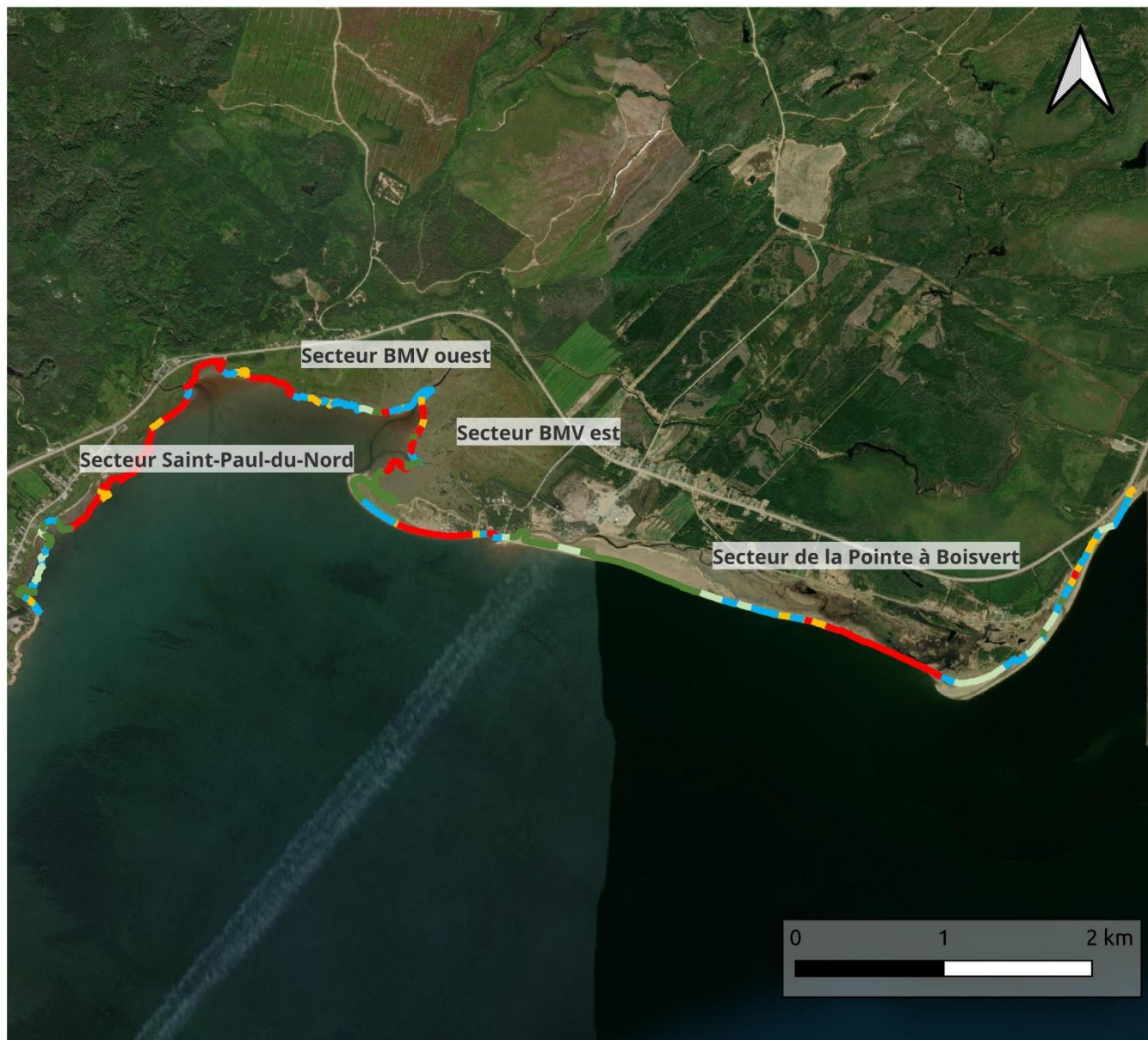
Classes de mouvements

- Forte progression
- Progression
- Non significatif
- Stabilité
- Érosion
- Forte érosion
- NA



Conception : Comité ZIP RNE
 Réalisé en : Février 2023
 Sources : MFFP
 CRS : NAD83(CSRS) / UTM zone 19N
 Échelle 1:30000
 Quiec Florian

Figure 64. Évolution de la limite écogéomorphologique pour la période de 1996 à 2012.



Suivi 2012-2019

Classes de mouvements

- █ Forte progression
- █ Progression
- █ Stabilité
- █ Érosion
- █ Forte érosion



Conception : Comité ZIP RNE
 Réalisé en : Février 2023
 Sources : Esri
 CRS : NAD83(CSRs) / UTM zone 19N
 Échelle 1:35000
 Quiec Florian

Figure 65. Évolution de la limite écogéomorphologique pour la période de 2012 à 2019.



Suivi 1964-2019

Classes de mouvements

- Forte progression
- Progression
- Stabilité
- Érosion
- Forte érosion
- NA



Conception : Comité ZIP RNE
 Réalisé en : Février 2023
 Sources : Esri
 CRS : NAD83(CSRS) / UTM zone 19N
 Échelle 1:35000
 Quiec Florian

Figure 66. Évolution de la limite écogeomorphologique pour la période de 1964 à 2019.

Le marais du secteur de Saint-Paul-du-Nord est majoritairement en érosion ou en forte érosion au cours des 55 ans allant de 1964 à 2019. Le recul maximum mesuré est de $-5,62$ m/an près d'un cours d'eau (Station 16). Cette même zone subit une forte érosion de 1996 à 2012, atteignant un recul de $-10,83$ m/an. La tendance change pour la période de 1982 à 1996, la partie centrale connaît un épisode d'accrétion atteignant une hausse de $8,48$ m/an. La période de 1996 à 2012 est relativement stable, sauf pour les zones adjacentes aux embouchures de la rivière Éperlan et des cours d'eau sont particulièrement touchés par l'érosion. Entre 1996 à 2012, la disparition des dernières traces de la flèche littorale à proximité de la rivière Éperlan coïncide avec le changement de direction des chenaux dans la slikke (Figure 67). Entre 2012 à 2019, la portion ouest du secteur de Saint-Paul-du-Nord est en forte accrétion avec des progressions allant jusqu'à $12,70$ m/an alors que la partie est est en forte érosion, atteignant des taux de recul variant entre $-1,71$ m/an à $-11,60$ m/an.



Figure 67. Chenal de la rivière Éperlan.

Le marais du secteur de la BMV ouest est divisé en deux segments, soit un à l'est de la rivière Éperlan et un à l'ouest de la rivière à la Truite. Les périodes les plus anciennes (1964 à 1982 et 1982 à 1996) ainsi que celle de 2012 à 2019 montrent des taux élevés d'érosion aux zones adjacentes aux rivières, avec des taux recul atteignant jusqu'à - 1,90 m/an entre 1964 à 1982 et de - 3,74 m/an entre 1982 à 1996. La zone à l'est de la rivière Éperlan est en constante érosion ou forte érosion, peu importe la période. Un des segments atteint un recul de - 8,36 m/an entre 1964 et 1982. La période entre 1996 à 2012 connaît une tendance relativement stable, sauf pour le secteur à l'est de la rivière Éperlan.

Le marais du secteur de la BMV est aussi divisé en deux segments, soit un adjacent à la rivière à la Truite et un à proximité de la flèche littorale. La zone adjacente à la rivière à la Truite montre une tendance d'érosion alors que celle à proximité de la flèche littorale de la pointe à Émile montre une tendance de progression pour les différentes périodes, sauf pour celle de 1996 à 2012.

Au cours des 55 ans de la période allant de 1964 à 2019, les flèches littorales de la pointe à Émile et du petit Goulet présentent des tendances d'évolution très similaires : des valeurs de forte progression à leur extrémité, des valeurs relativement stables et d'accrétion à leur partie centrale et des valeurs en érosion ou en forte érosion à leur pédoncule (partie attachée à la côte). La période de 1964 à 1982 présente les taux d'accrétion d'allongement les plus élevés pour les deux flèches littorales alors que c'est la période de 1996 à 2012 qui montrent des taux d'érosion les plus hauts à leur pédoncule.

Le secteur de la pointe à Boisvert présente une tendance d'accrétion, de forte accrétion ou de stabilité dans la partie ouest de la flèche littorale. L'extrémité de la pointe à Boisvert présente une tendance de forte accrétion entre 1964 et 1982. Pour la période entre 2012 à 2019, le secteur est relativement stable. Plusieurs données sont manquantes pour le secteur de la pointe à Boisvert. On remarque toutefois que les bancs de sable présents au niveau de l'ancienne pointe à Boisvert sont visibles en

photointerprétation. L'accumulation de sédiments est présente pour les deux intervalles les plus récents. Cette zone ne présente cependant pas de mouvement positif de la limite écogéomorphologique, excepté pour l'intervalle le plus ancien. Ce phénomène est probablement explicable par la latence entre le dépôt des sédiments et leur colonisation par la végétation.

17.4 Hydrodynamisme et réseau hydrographique des marais de la zone d'étude

Comme mentionné précédemment, une partie des sédiments côtiers érodés des falaises meubles provenant des falaises de Forestville ou du banc de sable de Portneuf-sur-Mer est transportée vers l'ouest, alimentant les secteurs de la pointe à Boisvert et de la BMV est (Figure 68).

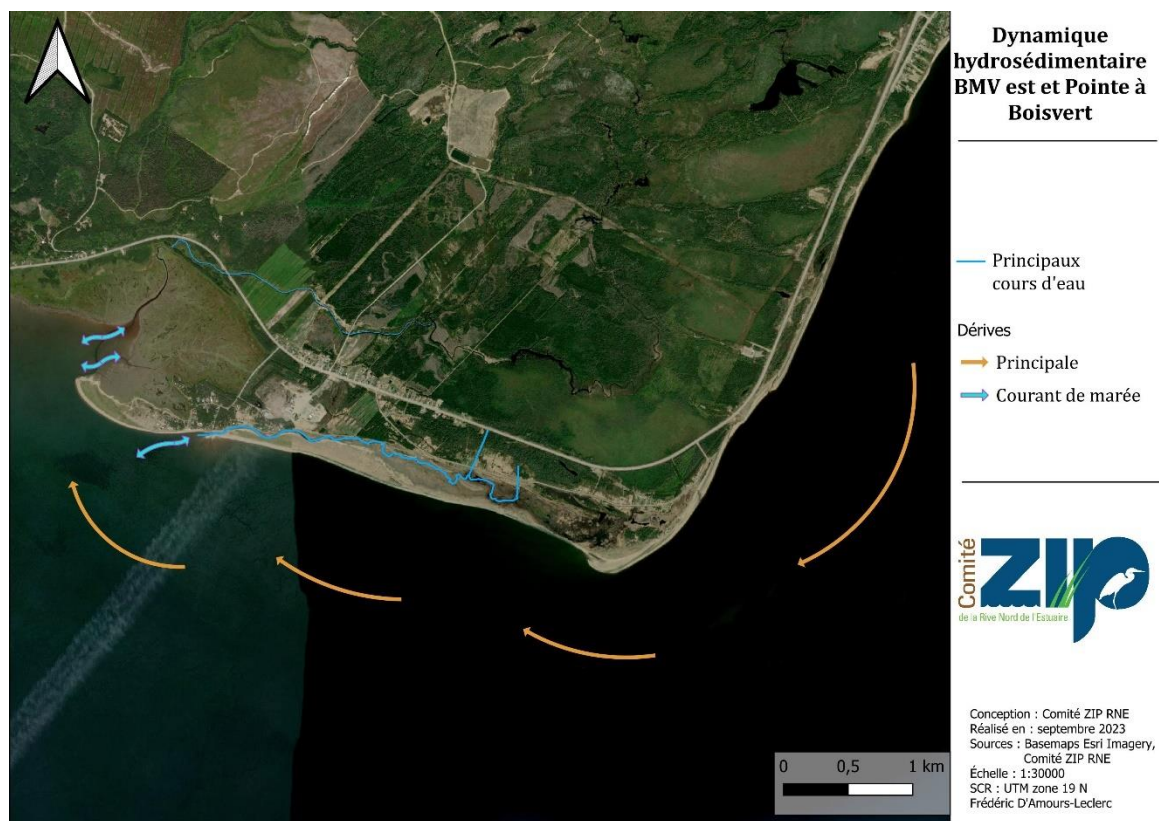


Figure 68. Dynamique hydrosédimentaire de la zone d'étude.

Le réseau hydrographique des secteurs de Saint-Paul-du-Nord, de la BMV ouest et BMV est est caractérisé par une grande quantité de canaux de drainage et de cours d'eau de différentes tailles et de type d'écoulement varié (Figure 69).



Figure 69. Réseau hydrique des secteurs de Saint-Paul-du-Nord et de la BMV ouest et BMV est.

18. DISCUSSION

Les marais littoraux sont des écosystèmes où la végétation participe à l'aggradation sédimentaire contribuant à leur évolution et à leurs modifications. Ces milieux littoraux représentent des zones d'accumulation sédimentaire qui créent également des conditions édaphiques propices à la colonisation d'espèces pionnières endémiques des marais littoraux. Ces espèces seront soumises à des stress physiques tels que la fréquence d'immersion et la salinité qui conditionneront leur distribution au sein d'un marais littoral. Les conditions hydrosédimentaires participent quant à

elles à l'évolution de la morphologie de ces écosystèmes. La disponibilité et l'apport de sédiments fins constituent des facteurs clés pour conserver l'intégrité de cet écosystème. Le tarissement de ces sources sédimentaires représente donc une menace à l'intégrité des marais littoraux. D'autre part, l'apport de sédiments grossiers est nuisible au marais, puisqu'ils enfouissent la végétation, bloquent les chenaux et comblent les marelles. Les marais de la zone d'étude ont déjà subi plusieurs altérations anthropiques interférant avec la dynamique de transport sédimentaire naturelle. Toute intervention côtière supplémentaire favorisant l'érosion de la flèche littorale de la pointe à Émile et du secteur de la Pointe à Boisvert risque de nuire au maintien du marais littoral, en raison de l'augmentation des apports sableux, puisque le marais du secteur de la BMV est se trouve abrité par la flèche littorale.

La perte d'habitat dans les marais salés est provoquée par l'érosion, qu'elle soit naturelle ou aggravée par l'être humain, mais également à la suite de modifications dans l'occupation des sols.

18.1 L'évolution des marais de la zone d'étude

L'évolution des marais et des flèches littorales présente des tendances variées pour les différents intervalles. Alors que pour la période totale allant de 1964 à 2019, le recul du marais domine dans les secteurs de Saint-Paul-du-Nord et de la BMV ouest, c'est plutôt l'avancée du marais du secteur de la BMV est à proximité de la flèche littorale de la pointe à Émile ainsi que de leur extrémité qui prévaut. Le secteur de Saint-Paul-du-Nord présente une tendance continue à l'érosion pour toutes les périodes, particulièrement aux zones adjacentes aux cours d'eau et à la rivière Éperlan. Les marais des secteurs de la BMV ouest et BMV sont quant à eux est divisés en quatre grands segments. Les segments à l'est de la rivière Éperlan et les zones adjacentes au chenal principal de la rivière à la Truite sont dominés par l'érosion, alors que celui entre ces des segments est majoritairement stable. La partie de marais situé derrière la flèche littorale de la pointe à Émile est en croissance continue, excepté pour l'intervalle 1996-2012. Cette croissance coïncide avec l'allongement de la flèche littorale pour tous les intervalles.

Les flèches littorales de la pointe à Émile et du petit Goulet montrent une tendance d'allongement à leur extrémité, de stabilité et d'accrétion à leur partie centrale et d'érosion au pédoncule lors des différentes périodes. Deux zones de forte érosion sont localisées de part et d'autre d'un enrochement le long de la pointe à Émile.

Les interventions humaines dès 1930 ont modifié de manière permanente le régime hydrosédimentaire. Le drainage des terres pour l'agriculture a entraîné une perte des milieux humides connexes, contribuant à la perte d'habitats et à l'augmentation des risques de submersion marine des terres (Morissette, 2007). Puis, la densification résidentielle ainsi que l'aménagement de la route 138 sont venus circonscire les marais, les empêchant de migrer dans le temps. Les taux de recul mesurés au marais de Saint-Paul-du-Nord et aux zones adjacentes des rivières Éperlan et à la Truite (Figures 62 à 66, Tableaux 25 à 27) corroborent les observations des études antérieures (Morissette, 2007, Morissette et Joyal, 2012).

Le secteur du marais de Saint-Paul-du-Nord est soumis plus particulièrement à l'action des vagues. L'augmentation de la fréquence des tempêtes et la diminution du couvert de glace dans le Saint-Laurent exposent davantage les côtes à l'action des vagues (Savard, 2000 ; Bernatchez *et al.*, 2012). Elles projettent des sédiments sableux sur le schorre lors de leur déferlement, comme en témoigne la présence de lobes de débordement. Les valeurs d'érosion de ce secteur reflètent également cette réalité. L'augmentation de l'exposition de ce secteur de côte aux vagues se traduit par une augmentation de sa sensibilité (Masselink et Hughes, 2003).

Le secteur de la BMV est intimement lié à l'évolution de la flèche littorale de la pointe à Émile. La flèche littorale s'allongeant et s'élargissant, elle peut prendre la place du marais à proximité et contribuer à la perte en superficie. Les flèches littorales de la pointe à Émile et du petit Goulet continuent de s'allonger, alors que leur partie centrale est stable ou en accrétion, leur pédoncule est en érosion. La dynamique de ce secteur est dominée par les vagues et la dérive littorale. L'érosion des falaises meubles de Forestville et du banc de sable de Portneuf-sur-Mer ajoute des sédiments

sableux dans le système. Ces sédiments transportés participent à l'engraissement des flèches littorales, dont l'allongement de la flèche littorale du petit Goulet qui montre une tendance à se refermer. L'enfouissement de la végétation à l'extrémité de la flèche littorale de la pointe à Émile ainsi qu'à l'intérieur (côté marais) est présent. Les enrochements présents au pédoncule de la pointe à Émile et à l'est de la pointe à Boisvert participent à l'ajout de sédiments sableux dans le système. Les habitations et le stationnement fragilisent cette portion de la pointe à Émile, favorisant l'entrée d'eau salée lors des tempêtes.

Les interventions touchant à la dynamique hydrosédimentaire à proximité des rivières et sur le milieu côtier proximal ont pour effet de fragiliser l'équilibre dynamique des écosystèmes côtiers présents. Les interventions dans le marais doivent être planifiées dans la perspective actuelle où les marais des secteurs de Saint-Paul-du-Nord, de la BMV ouest et BMV est sont dans un régime d'accumulation où son bilan sédimentaire est positif. Le transport sédimentaire est une menace potentielle par l'enfouissement de la végétation des schorres et le colmatage des chenaux.

18.2 Dynamique sédimentaire des flèches littorales

Les flèches littorales de la pointe à Émile et du petit Goulet sont favorisées par une accumulation de sédiments sableux constante. Elle subissait déjà un engraissement dans la période la plus ancienne. La position de la flèche littorale de la pointe à Émile dans la cellule hydrosédimentaire avantage l'accumulation naturelle de sédiments. Une flèche littorale est sensible à la variation des apports sédimentaires. Les enrochements construits le long du littoral (Figures 39 et 40) bloquent les apports sédimentaires alors que l'accélération de l'érosion des secteurs qui ne sont pas enrochés, entre autres à cause de l'effet de bout, augmente le volume sédimentaire disponible au transport.

L'avancement de la flèche littorale de la pointe à Émile est une menace potentielle pour le marais, qui pourrait subir une perte en superficie. Le côté nord (marais) de la

flèche littorale est influencé par la dynamique côtière du marais, mais également celle de l'estuaire maritime Saint-Laurent. L'évolution du marais du secteur de la BMV est est fortement influencée par la dynamique côtière régissant l'évolution de cette flèche (Morissette, 2007, Morissette et Joyal, 2012).

18.3 Espace de liberté

Les écosystèmes côtiers sont soumis à des processus qui régissent leur évolution à différentes échelles de temps. Les marées font varier les niveaux d'eau à court terme alors que les variations du niveau marin relatif (NMR) sont des variations à long terme qui influent sur la dynamique des marais littoraux (Savoie-Ferron et *al.*, 2021). D'autres perturbations, telles que le déficit sédimentaire, contribuent à l'évolution des marais. À la suite de ces modifications, un marais se réajuste en migrant vers l'intérieur des terres. Cette migration peut être entravée par des obstacles naturels tels que des falaises, ou artificiels tels que des routes. L'espace disponible au pourtour des marais présente des contraintes à leur migration, ils subissent un coincement côtier qui entraîne une perte de superficie du marais littoral (Bernatchez et Quentin, 2016) (Figure 70).

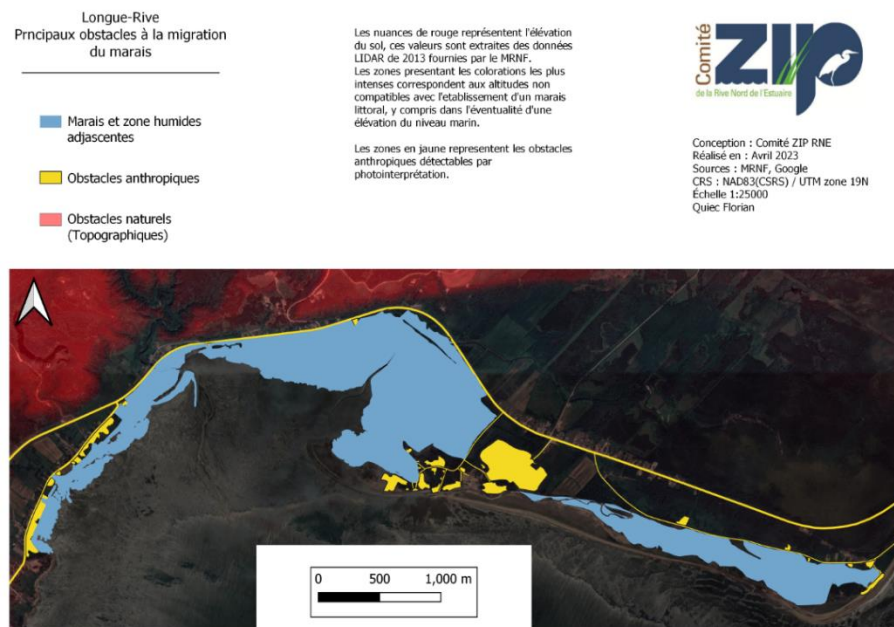


Figure 70. Principaux obstacles anthropiques et contraintes naturelles qui empêchent la migration des marais.

Dans le contexte des changements climatiques actuels qui exacerbent les perturbations subies par les écosystèmes côtiers, il convient de limiter les modifications dans les milieux naturels afin de favoriser leur résilience. Une approche éclairée consiste à conserver un espace de liberté qui permet de favoriser l'évolution naturelle des écosystèmes. L'espace de liberté s'inscrit dans une démarche de gestion durable qui permet aux écosystèmes de migrer sans contraintes plutôt que de les contraindre par des infrastructures rigides. Dans le cas de la zone d'étude, l'espace de liberté qui fait défaut au pourtour des marais des secteurs de Saint-Paul-du-Nord, de la BMV ouest et BMV est pourrait être récupéré par des interventions de restauration écologiques. La revégétalisation au pourtour du stationnement municipal, des sentiers non banalisés sur la flèche littorale de la pointe à Émile et la fermeture des sentiers illicites permettraient de réduire une des composantes anthropiques de l'érosion côtière.

19. SYNTHÈSE

La dynamique géomorphologique de la zone d'étude est circonscrite en quatre secteurs où différents processus naturels influencent l'évolution des marais. Bien que l'ensemble des marais soit soumis aux marées et aux vagues ainsi qu'aux interventions humaines, la prépondérance de certains processus géomorphologiques varie selon leur proximité par rapport aux flèches littorales. Les vagues et l'anthropisation des terres affectent principalement le secteur Saint-Paul-du-Nord comme en témoigne la présence d'érosion et de lobes de débordement qui enfouissent la végétation. Le secteur de la BMV ouest est dominé par l'influence des processus fluviaux alors que le secteur de la BMV est est dépendant de l'évolution de la flèche littorale de la pointe à Émile. Le secteur de la pointe à Boisvert quant à lui est dominé par l'influence de la dynamique fluviale, des enrochements et de la dérive littorale. Le marais Le Goulet est celui qui est le plus abrité.

La diminution du marais du secteur de Saint-Paul-du-Nord est une tendance établie depuis longtemps. Le coincement côtier entraîne à moyen ou long terme la disparition

de ce dernier. Les marais des secteurs de la BMV ouest et BMV est se trouvent dans une situation différente. L'accroissement de la pointe à Émile protège le marais tout en favorisant une croissance de l'étage inférieur de celui-ci bien que le transport sédimentaire représente une menace à l'intégrité du marais du secteur à l'est par enfouissement. L'extrémité est du secteur de la BMV est est soumise aux submersions marines lors des grosses tempêtes. Il faudrait limiter l'invasion des eaux salées par le stationnement municipal et par les brèches créées par les VTT sur la pointe à Émile.

Le marais Le Goulet est quant à lui dans une situation particulière ou, entièrement abrité par la flèche du petit Goulet, il n'expose pas le rivage à la mer. Cette situation le rend très dépendant de l'évolution de cette flèche.

CONCLUSION

Ce projet vise l'acquisition de données écologiques sur les aspects biologiques et géomorphologiques des marais côtiers d'importance dans la baie de Mille-Vaches (Longue-Rive) afin de mettre à jour l'état actuel de cet écosystème pour faciliter les futurs travaux de suivi et permettre de mesurer l'ampleur des changements. Les données générées sont importantes, puisqu'elles permettent de mieux comprendre les différents types d'écosystèmes établis et ainsi, d'orienter les acteurs du milieu dans la protection de cet important écosystème.

Les schorres inférieurs et supérieurs des marais situés dans la baie de Mille-Vaches ainsi que des milieux humides connexes couvrent une superficie de près de 189 hectares, ce qui le place au 2^e rang d'importance sur notre territoire. On retrouve, en 1^{er} rang, le marais de la Pointe-aux-Outardes (628 hectares) (Desrochers et *al.*, 2022a). Il est suivi en 3^e rang par le marais à Hickey (124 hectares) (Comité ZIP RNE, 2023a), du marais de Portneuf-sur-Mer (98 hectares) (Benaiteau et *al.*, 2020) puis de plusieurs autres marais de plus petites superficies qui colonisent le littoral de la rive nord de l'estuaire maritime. Ces marais sont réputés pour leur diversité d'habitats, bénéfique aux nombreuses espèces animales, ainsi que leur connexion aux nombreux milieux humides les bordant.

Plusieurs faits saillants ressortent des données écologiques de référence présentées dans ce rapport de caractérisation des marais littoraux d'importance de la zone d'étude :

- Les marais des secteurs BMV ouest et BMV est sont colonisés par un grand nombre d'assemblages floristiques, caractéristiques des eaux saumâtres et salées, cohabitant dans une mosaïque d'habitats connexes les uns aux autres. La présence d'un nombre élevé d'espèces augmente la valeur écologique du milieu. D'un point de vue botanique, ces secteurs sont considérés comme des

écosystèmes importants, à l'échelle locale et régionale en tant que réserve de biodiversité pour l'estuaire maritime du fleuve Saint-Laurent.

- Les marais des secteurs BMV ouest et BMV est présentent également une diversité d'espèce de poissons, caractéristique des eaux saumâtres et salées des marais littoraux de la rive nord de l'estuaire maritime. Ils sont utilisés comme aire nourricière (forte présence de poissons juvéniles), d'alimentation (présence d'espèces résidentes estuariennes et opportunistes) et de voie migratoire. Une autre espèce à statut utilise le marais littoral pendant sa période de croissance, l'anguille d'Amérique, ce qui accroît sa valeur écologique.
- Les différents secteurs des marais et de milieux humides connexes présentent des signes d'érosion et de perturbations. Ces écosystèmes sont soumis à une variété de pressions anthropiques qui l'empêchent de migrer librement dans l'espace face aux changements climatiques. Il serait pertinent de ne pas empiéter davantage dans ces milieux et au pourtour afin de ne pas fragiliser les écosystèmes présents.
- Les inventaires géomorphologiques permettent de circonscrire la dynamique des marais littoraux en quatre secteurs représentatifs des différents processus naturels et interventions humaines impliqués dans l'évolution des écosystèmes côtiers présents. Certains processus géomorphologiques dominants varient de l'ouest vers l'est, les impacts dans le milieu divergeront alors selon l'emplacement.

Les stratégies de conservation et de restauration de ces milieux naturels peuvent être une solution si les modifications apportées n'amènent pas davantage de sédiments dans le système. Les mesures choisies doivent privilégier des méthodes qui ne modifieraient pas davantage les conditions naturelles qui perturberaient l'équilibre hydrosédimentaire. Les aménagements non durables et non résilients dans les marais

et les milieux humides connexes des secteurs de Saint-Paul-du-Nord, de la BMV ouest, de la BMV est ainsi que celui de la pointe à Boisvert sont non souhaitables. Il en est de même pour la pointe à Émile et à Boisvert. En effet, les interventions affectant le transit sédimentaire pourraient nuire à la santé des marais. Ces écosystèmes côtiers ne disposent pas d'espace de liberté (espace de déplacement), que ce soit vers l'intérieur des terres ou vers les extrémités (route 138, chemin d'accès, affleurement rocheux *Crans Rouges*, etc.). Les interventions qui brimeraient cet espace de liberté et la connectivité entre les milieux humides ne sont pas à privilégier. La fermeture du chemin du Barrage, du stationnement municipal ainsi que les nombreuses brèches créées par les VTT sont souhaitables.

Dans un souci de gestion intégrée, un suivi des espèces végétales et de poissons, des limites écotopographiques ainsi que de la superficie des marais sur plusieurs années permettrait d'avoir une compréhension plus précise de la zone d'étude. Les marais littoraux étant des milieux dynamiques, évoluant rapidement, ces données de suivi permettraient aux intervenants du milieu de faire des choix éclairés pour les futures interventions, adaptées au milieu.

RÉFÉRENCES

- Angiosperm Phylogeny Group. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181, 1–20.
- Argus Groupe-Conseil. (1990). *Quelques possibilités d'aménagements des marais à spartines de l'estuaire du Saint-Laurent*. Rapport présenté à Environnement Canada, conservation et protection, Région du Québec, Service canadien de la faune. IV + 62 p.
- Barbier, E., Hacker, S. et Kennedy, C. (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Idots*, 81, 169-193.
- Bazoge, A., Lachance, D. et Villeneuve, C. (2015). *Identification et délimitation des milieux humides du Québec méridional*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction de l'écologie et de la conservation et Direction des politiques de l'eau. 64 p. + Annexes.
- Benaiteau, M., Bélanger-Deschênes, S., Bérubé, A., Valcourt, C. et Maltais, M.K. (2020). *Caractérisation et plan d'intervention – Marais salé de Portneuf-sur-Mer*. Comité ZIP de la Rive-Nord de l'Estuaire, Baie-Comeau. 134 p. + Annexes.
- Berger, J.-P. et Blouin, J. (2007). *Guide de reconnaissance des types écologiques de la région écologique 5G – Hautes collines de Baie-Comeau-Sept-Îles*. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Forêt Québec, Direction des inventaires forestiers, Division de l'analyse et de la diffusion des informations forestières et écologiques.
- Bernatchez, P. et Dubois, J.-M. (2004). Bilan des connaissances de la dynamique de l'érosion des côtes du Québec maritime laurentien. *Géographie physique et Quaternaire*, 58(1), 45–71 DOI : 10.7202/013110a.
- Bernatchez, P., Friesenger, S., Denis, C. et Jolivet, Y. (2012). *Géorisques côtiers, vulnérabilité et adaptation de la communauté de Pessamit dans un contexte de changements climatiques*. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, UQAR. Rapport de recherche remis au Conseil tribal Mamuitum et au ministère des Affaires autochtones et Développement du Nord Canada. 240 p.
- Bernatchez, P. et Quintin, C. (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*, 140(2), 91–104. <https://doi.org/10.7202/1036507ar>.

- Braun-Blanquet, J. (1951). *Pflanzensoziologie*. Springer Verlag, Wien. 631 p.
- Brouillet, L., Coursol, F., Meades, J.S., Favreau, M., Anions, M., Bélisle, P. et Desmet, P. (2010+). VASCAN, la Base de données des plantes vasculaires du Canada. [En ligne] <http://data.canadensys.net/vascan/> (Consulté en mars 2022).
- Campeau, S., Guderley, H. et Fitzgerald, G. (1984). Salinity tolerances and preferences of fry of two species of sympatric sticklebacks: possible mechanisms of habitat segregation. *Canadian Journal of Zoology*, 62(6).
- Canards Illimités Canada (2004) Plan de conservation de la baie de Mille-Vaches. Société de conservation, 10 p.
- Canards Illimités Canada et Stratégie Saint-Laurent. (2004). *Inventaire des problématiques d'usages et de ressources du Saint-Laurent en lien avec les activités agricoles*. Rapport présenté à Environnement Canada. [En ligne] https://belsp.uqtr.ca/id/eprint/1172/1/Environnement%20Qu%20C3%A9bec_2004_Rapport_usages_activit%C3%A9s_agricoles_SL_A.pdf (Consulté en janvier 2023).
- Cayouette, J et Lynch, D. (2009). FloraQuebeca aux Îlets-Jérémie, le passé rencontre le présent. *FloraQuebeca*, 14(2), 4–12.
- Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ). (2008). *Les plantes vasculaires menacées ou vulnérables du Québec*. 3e édition. Gouvernement du Québec, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec. 180 p.
- Centre de géomatique du Québec (CGQ). (2021). Orthomosaique produits par le Centre de géomatique du Québec à l'aide du logiciel Agisoft Metashape version 1.5.5 dans le cadre du projet financé par le RQM #OSL-2020-PS-02.
- Chmura, G., Anisfield, S., Cahoon, D. et Lynch, J. (2003). Global carbon sequestration in tidal, saline wetland soils. *Global Biogeochemical Cycles*, 17(4).
- Chmura, G.L., Burdick, D.M. et Moore, G.E. (2012). *Recovering Salt Marsh Ecosystem Services through Tidal Restoration*, dans Roman, C.T. et Burdick, D.M. (eds) *Tidal Marsh Restoration. The Science and Practice of Ecological Restoration*. Island Press, Washington, DC.
- Cocheril, H. (2019). *Dynamique hydrogéologique de flèches littorales : exemple du marais de Cap Marteau, Trois-Pistoles, estuaire du Saint-Laurent*. Mémoire. Rimouski, Université du Québec à Rimouski, Département de biologie, chimie et géographie, 132 p.

- Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC). (2012). Espèces sauvages canadiennes en péril. [En ligne] https://wildlife-species.canada.ca/species-risk-registry/virtual_sara/files/species/clwsa0501_f.pdf (Consulté le 07 janvier 2022).
- Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC). (2022). Espèces sauvages canadiennes en péril. [En ligne] https://wildlife-species.canada.ca/species-risk-registry/virtual_sara/files/species/clwsa0501_f.pdf (Consulté le 07 janvier 2022).
- Comité ZIP de la Rive Nord de l'Estuaire (RNE) (2003). Caractérisation écologique des sites, accès et fenêtres donnant sur le fleuve pour la municipalité de Longue-Rive. Baie-Comeau, 20 p. + Annexes.
- Comité ZIP de la Rive Nord de l'Estuaire (RNE) (Comite ZIP RNE) (2022a). *Caractérisation des habitats littoraux d'importance de la rive nord de l'estuaire maritime du Saint-Laurent : le marais de la baie de Mille-Vaches*. [En ligne] <https://doi.org/10.26071/ogsl-f10f496a-acf4>.
- Comité ZIP de la Rive Nord de l'Estuaire (2022b). *Le marais de la pointe des Fortin - Caractérisation des habitats littoraux d'importance de la rive nord de l'estuaire maritime du Saint-Laurent* [En ligne]. <https://doi.org/10.26071/ogsl-3b8c6d97-6eb8>
- Comité ZIP de la Rive Nord de l'Estuaire (2022c). *Le marais de la Pointe-aux-Outardes - Caractérisation des habitats littoraux d'importance de la rive nord de l'estuaire maritime du Saint-Laurent* [En ligne] https://catalogue.ogsl.ca/dataset/cacioos_46d3ba2e-2fd3-4aad-a51a-f8343fbe6a73?local=fr
- Comité ZIP de la Rive Nord de l'Estuaire (2022d). *Le marais salé de Portneuf-sur-Mer - Caractérisation des habitats littoraux d'importance de la rive nord de l'estuaire maritime du Saint-Laurent* [En ligne] https://catalogue.ogsl.ca/dataset/cacioos_5374b582-43aa-4ffa-8361-4a0d9f1f6b8e?local=fr
- Comité ZIP de la Rive Nord de l'Estuaire (RNE) (Comite ZIP RNE) (2023a). *Le marais à Hickey - Caractérisation des habitats littoraux d'importance de la rive nord de l'estuaire maritime du Saint-Laurent [Data set]*. <https://doi.org/10.26071/ogsl-0925e105-860e>
- Comité ZIP Rive Nord de l'Estuaire (2023b). *Caractérisation des habitats littoraux d'importance de la rive nord de l'estuaire maritime du Saint-Laurent : les marais des Bergeronnes* [En ligne] <https://doi.org/10.26071/ogsl-a5125bd3-60e3>
- Comité ZIP du Sud-de-L'Estuaire. (2013). *Restauration dans le marais salé de Sacré-Cœur à Rimouski*. Rimouski. 23 p. + Annexes.

- Corriveau, M., Fraser, C., Caron, T., Bernatchez, P., Buffin-Bélanger, T. Van-Wiersts, S. (2016). *Étude de la dynamique morphosédimentaire des côtes basses sablonneuses en bordure de la route 138 sur la Côte-Nord du Saint-Laurent en contexte de changements climatiques : Rapport final*. Projet X016.1. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport remis au ministère des Transports du Québec, Mars 2016, 421 p. + Annexes.
- Davidson-Arnott, R., Bauer, B. et Houser, C. (2019). *Coastal processes and geomorphology*. 2e édition. Cambridge University Press, Cambridge. 523 p.
- Decreton, T. (2009) *Étude bibliographique des marais dépoldérés*. dans Ministère de la transition écologique et solidaire (eds) MARGO - Gouvernance des zones humides estuariennes, fonctionnalités environnementales, flux financiers et économiques. L'exemple de l'estuaire de la Gironde. Rapport final de synthèse et 18 rapports. IRSTEA, Bordeaux. Rapport 18. [En ligne] http://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/docs/Temis/0080/Temis-0080024/21429_rapport_18.pdf (Consulté le 15 avril 2021).
- Desroches, J.F et Picard, I. (2013). *Poissons d'eau douce du Québec et des Maritimes*. Éditions Michel Quintin. 470 p.
- Desroches, M.B. (2010). *Évaluer le niveau d'intégrité écologique de la végétation d'un marais : le cas du marais de la Pointe aux Épinettes, parc nationale du Bic*. [Mémoire de maîtrise, Université Laval].
- Desrochers, V., Lynch, D. et Maltais, M.K. (2021). *Section II : Volets floristique et géomorphologique. Inventaire réalisé en collaboration avec l'Agence Mamu Innu Kaikusseht*. Caractérisation du marais salé de l'estuaire de la rivière Betsiamites. Comité ZIP de la Rive Nord de l'estuaire. Baie-Comeau, Québec. 81 p. + Annexes.
- Desrochers, V., Maltais, M.K., Saint-Marc, C. et Morissette, A. (2022a). *Rapport de caractérisation : Marais littoral de la Pointe-aux-Outardes*. Comité ZIP de la Rive Nord de l'Estuaire. Baie-Comeau, Québec. 176 p. + Annexes.
- Desrochers, V., Maltais, M.K., Saint-Marc, C. et Morissette, A. (2022b). *Rapport de caractérisation : Les marais de Les Bergeronnes*. Comité ZIP de la Rive Nord de l'Estuaire. Baie-Comeau, Québec. 134 p. + Annexes.
- Dignard, N., Petitclerc, P., Labrecque, J. et Couillard, L. (2009). *Guide de reconnaissance des habitats forestiers des plantes menacées ou vulnérables*. Côte-Nord et Saquenay-Lac-Saint-Jean. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune et ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. 144 p.

- Dionne, J.-C. (1986). Érosion récente des marais intertidaux de l'estuaire du Saint-Laurent, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 40(3), 307–323. DOI : 10.7202/032651ar.
- Dionne, J.-C. (2004). Âge et taux moyen d'accrétion verticale des schorres du Saint-Laurent estuarien, en particulier ceux de Montmagny et de Saint-Anne-de-Beaupré, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 58(1) : 73-108.
- Dionne, J.-C. et Bouchard, M.-C. (2000). Nouvelles données sur l'érosion du schorre supérieur à Montmagny, moyen estuaire du Saint-Laurent. *Géographie physique et Quaternaire*, 54(2) : 219-230.
- Dionne, J.-C., Dubois, J.-M. et Bernatchez, P. (2004). La terrasse Mitis à la pointe de Mille-Vaches (péninsule de Portneuf), rive nord de l'estuaire maritime du Saint-Laurent : nature des dépôts et évolution du niveau marin relatif à l'holocène. *Géographie physique et Quaternaire*, 58(2-3), 281–295.
- Drapeau, G. (1992). Dynamique sédimentaire des littoraux de l'estuaire du Saint-Laurent. *Géographie physique et Quaternaire*, 46(2), 233–242. DOI : 10.7202/032907ar.
- Dryade (Groupe), 1980. *Habitats propices aux oiseaux migrants le long des rives de la rivière Richelieu, de la rivière Outaouais, du fleuve Saint-Laurent, de l'estuaire du Saint-Laurent, de la côte nord du golfe du Saint-Laurent, de la péninsule gaspésienne et des Îles-de-la-Madeleine*. Environnement Canada, Service canadien de la faune, région de Québec, Québec, 65 p. + cartes.
- Dupras, J., Réveret, J.-P. et He, J. (2013). *L'évaluation économique des biens et services écosystémiques dans un contexte de changements climatiques*. Un guide méthodologique pour une augmentation de la capacité à prendre des décisions d'adaptation. Ouranos. 218 p.
- Eberhardt, A.L., Burdick, D.M., Dionne, M. *et al.* (2015). Rethinking the Freshwater Eel: Salt Marsh Trophic Support of the American Eel, *Anguilla rostrata*. *Estuaries and Coasts*, 38, 125–126.
- Environnement Canada (2022) *Données des stations pour le calcul des normales climatiques au Canada de 1971 à 2000*. Gouvernement du Canada. [En ligne] https://climat.meteo.gc.ca/climate_normals/results_f.html?searchType=stnName&txtStationName=Forestville&searchMethod=contains&txtCentralLatMin=0&txtCentralLatSec=0&txtCentralLongMin=0&txtCentralLongSec=0&stnID=5680&dispBack=1&month1=0&month2=12#normals-data (Consultée janvier 2023).
- Flora of North America editorial committee. (1993+). *Flora of North America North of Mexico*. 16+ vols. New York and Oxford.

- Gedan, K. B. (2010). *Past, Present, and Future Human Impacts in New England Salt Marsh Ecosystems*. Biology and Medicine Theses and Dissertations, Ecological and Evolutionary Biology Theses and Dissertations. Brown Digital Repository. Brown University Library. 279 p.
- Greig-Smith, P. (1964). *Quantitative plant ecology*. 2e édition. Butterworths, London. 256 p.
- Hatvany, M. (2003). *Marshlands – Four centuries of environmental change on the shores of the St. Lawrence*. Les presses de l'Université Laval.
- Heppell, M., Picard, I., Belisle, F. et Théberge, C. (2000). *Guide d'intervention en matière de protection et de mise en valeur des habitats littoraux d'intérêt de la rive nord de l'estuaire maritime*. Version finale présentée au Comité ZIP de la Rive Nord de l'Estuaire. 7 p. + 13 Fiches + Annexes.
- Joly, M., Primeau, S., Sager, M. et Bazoge, A. (2008) *Guide d'élaboration d'un plan de conservation des milieux humides*. Première édition, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du patrimoine écologique et des parcs, ISBN 978-2-550-53636-9, 68 p.
- Joyal, G. et Morissette, A. (2013). Évolution côtière micro-échelle et mise au point d'un Indice de sensibilité géomorphologique des plages (ISGP). *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, (3), 353–368.
- Keddy, P.A. (2010). *Wetland Ecology*. Principles and conservation. Cambridge University Press. 497 p.
- Labrecque, J. et Lavoie, G. (2002). *Les plantes vasculaires menacées ou vulnérables du Québec*. Gouvernement du Québec, ministère de l'Environnement, Direction du patrimoine écologique et du développement durable, Québec. 200 p.
- Lalumière, R. et Morisset, J. (2000). *Projet-pilote de gestion intégrée de la zone côtière les escoumins à la rivière betsiamites*. <https://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/library-bibliotheque/317497.pdf>
- Lapointe, M. (2014). *Plantes de milieux humides et de bord de mer du Québec et des maritimes*. Éditions Michel Quintin, Québec. 455 p
- Lavoie, C., Guay, G. et Joerin, F. (2014). Une liste des plantes vasculaires exotiques nuisibles du Québec : nouvelle approche pour la sélection des espèces et l'aide à la décision. *Écoscience*, 21(2), 133–156.
- Lavoie, C. (2019). *50 plantes envahissantes : protéger la nature et l'agriculture*. Les publications du Québec. 415 p.

- Lemieux, C. (1995). *Acquisition de connaissances des habitats côtiers de la région de Rimouski*. Rapport du Groupe conseil Génivar inc. pour la Division de la gestion de l'habitat du poisson, Pêches et Océans Canada, 52 pages + 2 annexes.
- Masselink, G. et Hughes, M.G. (2003) *Introduction to coastal processes and geomorphology*. Hodder Arnold, London, 354 p.
- Ménard, S., Darveau, M., Imbeau L. et Lemelin, L.-V. (2006). *Méthode de classification des milieux humides du Québec boréal à partir de la carte écoforestière du 3e inventaire décennal*. Rapport technique No Q2006-3, Canards Illimités Canada – Québec. 19 p.
- Ministère du développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). (2006). *Fiche d'identification des milieux aquatiques, humides et riverains*. Direction des politiques de l'eau et Direction du patrimoine écologique et des parcs, Gouvernement du Québec. 10 p. + Annexes.
- Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer (MEEDM). (2010). *La gestion du trait de côte*. Éditions Quae, France. 290 p.
- Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). (2020a). *Rapport sur l'état des ressources en eau et des écosystèmes aquatiques du Québec*. Gouvernement du Québec. 480 p.
- Ministère de l'environnement sur la Lutte et les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCC) (2020b) *Approbation de la désignation de dix-sept nouvelles réserves de territoire aux fons d'aires protégées, situées dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent*. Mémoire au conseil des ministres. Gouvernement du Québec. [En ligne] <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/gouvernement/MCE/dossiers-soumis-conseil-ministres/nouvelles-reserves-territoire-aires-protégees-stlaurent-memoire.pdf?1610634766> (Consulté le 10 novembre 2022).
- Ministère de l'environnement sur la Lutte et les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCC) (2022). *Outils de détection des espèces exotique envahissantes : Sentinelle*. [En ligne] <https://www.pub.enviroweb.gouv.qc.ca/scc/#no-back-button> (Consulté en mars 2023).
- Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). (2021a). *Les milieux humides et hydriques*. L'analyse environnementale. 18 p.
- Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). (2021b). *Critères de qualité de l'eau de surface*. [En ligne] https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.asp (Consultée le 11 novembre 2021).

- Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN). (1982) Q82833 [Photographie aérienne]. 1 : 15 000, noir & blanc, Geoselec, Québec.
- Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN). (1964) Q64195 [Photographie aérienne]. 1 : 15 000, noir & blanc, Geoselec, Québec.
- Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP). (2020). *Plan d'action de l'omble de fontaine anadrome (Salvelinus fontinalis) 2019-2023*. Québec, 20p.
- Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) (2022) *Zones de végétation et domaines bioclimatiques du Québec*. Direction des inventaires forestiers. ISSN F24-06-2211. Secteur des Forêts, Gouvernement du Québec. [En ligne] https://mffp.gouv.qc.ca/documents/forets/FE_zones_vegetation_bioclimatiques_MRNF.pdf (Consulté en janvier 2023).
- Morris, J.T. (2007). *Estimating net primary production of salt-marsh macrophytes*, dans Fahey, T.J. et Knapp, A.K. (eds), *Principles and standards for measuring primary production*. Oxford University Press. 106-119.
- Morissette, A. (2007). *Évolution côtière haute résolution de la région de longue-rive-Forestville, côte nord de l'estuaire maritime du Saint-Laurent, Québec*. Mémoire de maîtrise. Université du Québec, Rimouski.
- Morissette A. et Joyal G. (2012). *Caractérisation hydrogéomorphologique et sédimentologique de la plage de la Pointe-à-Boisvert, Longue-Rive*. Université du Québec à Rimouski.
- Nature Québec. (2012). *ZICO de Rimouski : la mer en ville ! Plan de conservation*. 98 p.
- Organisme de Bassin versant de la Haute Côte Nord (OBVHCN). (2014). *Portrait général de la zone de gestion intégrée de l'eau Haute-Côte-Nord*. Organisme de Bassin versant de la Haute Côte Nord, Les Escoumins, 84 p. + Annexes.
- Payette, S. et Gauthier, B. (1972). Les structures de végétation : Interprétation géographique et écologique, classification et application. *Naturaliste canadien*, 99, 1-26.
- Payette, S. et Rochefort, L. (2001). *Écologie des tourbières du Québec Labrador*. Les Presses de l'Université Laval. 621 p.
- Pêches et Océans Canada (MPO). (2013) *Anguille d'Amérique (Anguilla rostrata) évaluation et rapport de situation du COSEPAC 2012*. Registre public des espèces en péril. Gouvernement du Canada [En ligne] <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-public-especes-peril/evaluations-rapports-situations-cosepac/anguille-amerique-2012.html#Toc316386433> (Consulté en décembre 2022).

- Pêches et Océans Canada. (2021). *Tables des marées et des courants du Canada*. Volume 3. Fleuve Saint-Laurent et fjord du Saguenay. Service hydrographique du Canada, Gouvernement du Canada. [En ligne] <https://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/41025416.pdf> (Consulté en mars 2022).
- Savard, J. P. (2000). *Hydrodynamique et dynamique sédimentaire de l'estuaire de la Betsiamites*. InterRives Ltée et Naturam Environnement inc. pour Hydro-Québec. 89 p. + Annexes.
- Savoie-Ferron, F., Drouet, M., Drejza, S., Fraser, C., Marie, G. et Bernatchez, P. (2021). *Modélisation de l'effet de la hausse du niveau de la mer sur les marais maritimes*. Chaire de recherche en géoscience côtière, Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport remis au ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, septembre 2021, 105 p.
- Scott, W.B. et Crossman, E.J. (1974). *Poissons d'eau douce du Canada*. Ministère de l'Environnement. Service des pêches et des sciences de la mer. Bulletin 184. 1026 p.
- Scott, W.B. et Scott, M.G. (1988). Atlantic fishes of Canada. *Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences*, 219. 731 p.
- Shields, A. (2020). La route 138, du Chemin du Roy à Blanc-Sablon. Le Devoir. 28 juillet. [En ligne] <https://www.ledevoir.com/societe/transports-urbanisme/583153/la-route-138-du-chemin-du-roy-a-blanc-sablon> (Consulté en janvier 2023).
- Tardif, B., Tremblay, B., Jolicoeur, G. et Labrecque, J. (2016). *Les plantes vasculaires en situation précaire au Québec*. Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ). Gouvernement du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction de l'expertise en biodiversité, Québec. 420 p.
- Valiela, I. et Teal, J. (1979). The nitrogen budget of a salt marsh ecosystem. *Nature*, 280, 652–656.

ANNEXES

ANNEXE I. RELEVÉS DES STATIONS FLORISTIQUES ET LISTE DES DONNÉES (2019-2021).

Haut marais				
No Station	MV4	MV1	S05	S07
Heure (00:00)	10:50	9:00	14h30	14h30
Date (aa-mm-jj)	2021-07-21	2021-07-21	2019-08-07	2019-08-07
Latitude	48,57732	48,57744	48,57500	48,57562
Longitude	-69,22476	-69,18555	-69,18804	-69,19020
Altitude (m)	1	0,5	1,5	1
Exposition	Totale	Totale	Totale	Totale
Situation sur la pente	Dépression ouverte	Terrain plat	Dépression ouverte	Dépression ouverte
Épaisseur humus (cm)	5	ND	ND	ND
Type de sol	20 cm de loam organique/loam limoneux	20 cm de loam organique/loam argileux	Argile sableuse	Sol organique 15 cm/argile
Dépôt de surface	Marin (faciès d'eau profonde)	Marin (faciès d'eau profonde)	Marin (faciès d'eau profonde)	Marin (faciès d'eau profonde)
Épaisseur du dépôt (cm)	130	130	130	130
Drainage	Imparfait avec aucun modificateur	Mauvais avec aucun modificateur	Très mauvais avec aucun modificateur	Mauvais avec aucun modificateur
Perturbations	Traces de perturbation des horizons	ND	ND	ND
Nappe phréatique (cm)	Non observé	60	40	30
Habitat	Haut marais	Haut marais	Haut marais	Marelle dans haut marais
Strate AOS	0	0	0	0
Strate AOI	0	0	0	0
Strate AUS	0	0	0	0
Strate AUI	0	0	0	0
Strate HER	80	80	50	40
Strate M	0	5	0	0
Eau	ND	ND	30	50
Matière organique	ND	ND	5	0
Débris ligneux	ND	ND	0	0
Litière	20	10	5	10
Dénudé	0	5 vasières	10	0
AOI esp1	ND	ND	ND	ND
AOI esp1 %	ND	ND	ND	ND

HER esp1	<i>Anthoxanthum nitens</i> subsp. <i>nitens</i>	<i>Festuca rubra</i> subsp. <i>rubra</i>	ND	ND
HER esp1 %	30	40	ND	ND
HER esp2	<i>Carex paleacea</i>	<i>Juncus balticus</i> subsp. <i>littoralis</i>	ND	ND
HER esp2 %	20	20	ND	ND
HER esp3	<i>Potentilla anserina</i> subsp. <i>groenlandica</i>	<i>Carex paleacea</i>	ND	ND
HER esp3 %	10	10	ND	ND
HER esp4	<i>Sonchus arvensis</i> subsp. <i>arvensis</i>	<i>Sporobolus pumilus</i>	ND	ND
HER esp4 %	10	10	ND	ND
HER esp5	<i>Juncus balticus</i> subsp. <i>littoralis</i>	<i>Potentilla anserina</i> subsp. <i>groenlandica</i>	ND	ND
HER esp5 %	5	5	ND	ND
Liste plantes vasculaires et recouvrements				
<i>Agrostis gigantea</i>		2		
<i>Agrostis stolonifera</i>				2
<i>Anthoxanthum nitens</i> subsp. <i>nitens</i>	3	1	3	2
<i>Arenaria humifusa</i>				
<i>Atriplex glabriuscula</i> var. <i>acadiensis</i>				a
<i>Atriplex prostrata</i>		1	2	
<i>Bolboschoenus maritimus</i> subsp. <i>paludosus</i>		2 mares		3
<i>Calamagrostis stricta</i> subsp. <i>inexpansa</i>			1	
<i>Carex mackenziei</i>		2 mares		2
<i>Carex paleacea</i>	2	2	3	2
<i>Cicuta maculata</i> var. <i>maculata</i>				1
<i>Cladina mitis</i>				
<i>Doellingeria umbellata</i> var. <i>umbellata</i>		a		
<i>Dicranum polysetum</i>				
<i>Eleocharis parvula</i>		1		
<i>Elymus repens</i>	1		1	
<i>Fallopia cilinodis</i>				
<i>Festuca rubra</i> subsp. <i>rubra</i>		2	2	

Galium palustre			a	
Halerpestes cymbalaria				a
Heracleum maximum	a			
Hordeum jubatum subsp. jubatum		1	2	
Iris hookeri			a	
Iris versicolor			a	
Juncus balticus subsp. littoralis	2	2	3	3
Juncus pelocarpus				
Juniperus communis var. depressa	1	1		
Lathyrus palustris		1	a	
Leymus mollis subsp. mollis				
Ligusticum scoticum subsp. scoticum	1	1	2	
Limonium carolinianum		1		
Lysimachia maritima		1		1
Moehringia lateriflora	1			
Pinus banksiana	a	2		
Pinus strobus	a			
Plantago maritima		1	2	
Pleurozium schreberi	2			
Poa palustris				1
Potentilla anserina subsp. groenlandica	2	2	2	2
Puccinellia pumila				
Rumex crispus		a		
Ruppia maritima		3 mares		2
Salicornia depressa		a		
Sambucus racemosa subsp. pubens var. pubens	r			
Sanguisorba canadensis		1		
Schoenoplectus pungens var. pungens				
Solidago sempervirens		1		
Sonchus arvensis subsp. arvensis	1	1	2	
Sporobolus alterniflorus		1		
Sporobolus pumilus		1	1	2
Sporobolus michauxianus	2	1	1	1
Spergularia canadensis var. canadensis				

<i>Symphotrichum novi-belgii</i> var. <i>novi-belgii</i>	2	2	3	
<i>Symphotrichum puniceum</i> var. <i>puniceum</i>			a	
<i>Triglochin gaspensis</i>				
<i>Triglochin maritima</i>		1	2	
<i>Triglochin palustris</i>				a
<i>Tussilago farfara</i>				
<i>Typha latifolia</i>			1	a
<i>Vicia cracca</i>		1		
<i>Zostera marina</i>				

Recouvrement (Braun-Blanquet): (r) rare, (a) <1%, (1) <5%, (2) 5-25%, (3) 25-50%, (4) 50-75%, (5) 75-100%

Strate: (M) muscinale, (HER) herbacée, (AUI) arbustive inférieure (<1,5m), (AUS) arbustive supérieure (1,5 à 4m)
(AOI) arborescente inférieure (4m à 2/3HD), (AOS) arborescente supérieure (>2/3HD)

Bas marais					
No Station	MV6	MV2	S08	MV5	S09
Heure (00:00)	11:15	11:15	15h00	11:10	15h45
Date (aa-mm-jj)	2021-07-21	2021-07-21	2019-08-07	2021-07-21	2019-08-07
Latitude	48,57691	48,57755	48,57664	48,57655	48,57618
Longitude	-69,22444	-69,18709	-69,18814	-69,22382	-69,19769
Altitude (m)	0,5	0,5	0,5	0	0
Exposition	Totale	Totale	Totale	Totale	Totale
Situation sur la pente	Terrain plat	Terrain plat	Dépression ouverte	Terrain plat	Dépression ouverte
Épaisseur humus (cm)	ND	ND	ND	ND	ND
Type de sol	20 cm de loam organique/sable très fin argileux	20 cm de loam organique/loam argileux	Argile sableuse	40 cm de sable très fin limoneux/argile marine	Argile
Dépôt de surface	Marin (faciès d'eau profonde)	Marin (faciès d'eau profonde)	Marin (faciès d'eau profonde)	Marin (faciès d'eau profonde)	Marin (faciès d'eau profonde)
Épaisseur du dépôt (cm)	130	130	130	130	130
Drainage	Mauvais avec aucun modificateur	Mauvais avec aucun modificateur	Très mauvais avec aucun modificateur	Très mauvais avec aucun modificateur	Très mauvais avec aucun modificateur
Perturbations	ND	ND	ND	ND	ND
Nappe phréatique (cm)	60	Non observé	5	40	5
Habitat	Bas marais	Bas marais	Bas marais	Bas marais à spartine alterniflore	Bas marais à spartine alterniflore
Strate AOS	0	0	0	0	0
Strate AOI	0	0	0	0	0
Strate AUS	0	0	0	0	0
Strate AUI	0	0	0	0	0
Strate HER	75	80	60	20	40
Strate M	0	0	0	0	0
Eau	5	5	20	ND	30
Matière organique	ND	ND	0	ND	0
Débris ligneux	ND	ND	0	ND	0
Litière	10	10	0	ND	0
Dénudé	10 vasières	5 vasières	20	80 vasières	30
AOI esp1	ND	ND	ND	ND	ND
AOI esp1 %	ND	ND	ND	ND	ND

HER esp1	Sporobolus alterniflorus	Festuca rubra subsp. rubra	ND	Sporobolus alterniflorus	ND
HER esp1 %	40	40	ND	2	ND
HER esp2	Festuca rubra subsp. rubra	Plantago maritima	ND	ND	ND
HER esp2 %	15	25	ND	ND	ND
HER esp3	Triglochin maritima	Triglochin maritima	ND	ND	ND
HER esp3 %	10	15	ND	ND	ND
HER esp4	Lysimachia maritima	Sporobolus alterniflorus	ND	ND	ND
HER esp4 %	5	10	ND	ND	ND
HER esp5	Plantago maritima	Sporobolus pumilus	ND	ND	ND
HER esp5 %	10	15	ND	ND	ND
Liste plantes vasculaires et recouvrements					
Agrostis gigantea					
Agrostis stolonifera					
Anthoxanthum nitens subsp. nitens					
Arenaria humifusa		a			
Atriplex glabriuscula var. acadensis			1		
Atriplex prostrata		1	2		1
Bolboschoenus maritimus subsp. paludosus					
Calamagrostis stricta subsp. inexpansa					
Carex mackenziei					
Carex paleacea					
Cicuta maculata var. maculata					
Cladina mitis				1	
Doellingeria umbellata var. umbellata					
Dicranum polysetum				1	
Eleocharis parvula	a		1		
Elymus repens					
Fallopia cilinodis			2		1
Festuca rubra subsp. rubra	2	2	1		
Galium palustre					

Halerpestes cymbalaria		1 mares	1		
Heracleum maximum					
Hordeum jubatum subsp. jubatum		1			
Iris hookeri					
Iris versicolor					
Juncus balticus subsp. littoralis					
Juncus pelocarpus			a		
Juniperus communis var. depressa					
Lathyrus palustris					
Leymus mollis subsp. mollis					
Ligusticum scoticum subsp. scoticum					
Limonium carolinianum	2	1			
Lysimachia maritima	2	1	2		
Moehringia lateriflora					
Pinus banksiana					
Pinus strobus					
Plantago maritima	2	3	2		1
Pleurozium schreberi				2	
Poa palustris					
Potentilla anserina subsp. groenlandica		2	2		
Puccinellia pumila	a				
Rumex crispus					
Ruppia maritima		2 mares	2		
Salicornia depressa	2	1 mare	2	a	1
Sambucus racemosa subsp. pubens var. pubens					
Sanguisorba canadensis					
Schoenoplectus pungens var. pungens	2 section sortie de cours d'eau				
Solidago sempervirens			1		
Sonchus arvensis subsp. arvensis					
Sporobolus alterniflorus	3	2 mares	3	2	4
Sporobolus pumilus	2	2	2		
Sporobolus michauxianus					

Spergularia canadensis var. canadensis	1	1 mare	1		a
Symphyotrichum novi- belgii var. novi-belgii					
Symphyotrichum puniceum var. puniceum					
Triglochin gaspensis	1	1 mare	1		
Triglochin maritima		2	2		
Triglochin palustris					
Tussilago farfara					
Typha latifolia					
Vicia cracca					
Zostera marina	1 dans laisse de mer				

Prairies herbacées et prairies herbacées salées							
No Station	MV7	S03	S04	S06	S12	S01	S02
Heure (00:00)	11:30	11h00	11h15	13h00	13h45	12h30	10h30
Date (aa-mm-jj)	2021-07-21	2019-08-07	2019-08-07	2019-08-07	2019-08-11	2019-08-07	2019-08-07
Latitude	48,57713	48,57410	48,57449	48,57587	48,58272	48,57546	48,57449
Longitude	-69,22468	-69,22468	-69,20199	-69,19419	-69,20973	-69,20389	-69,20330
Altitude (m)	1	2	4	2	2	7	1
Exposition	Totale	Totale	Totale	Totale	Totale	Totale	Totale
Situation sur la pente	Haut butte	Terrain plat	Haut de pente	Terrain plat	Mi-pente	Haut de plage	Haut de pente
Épaisseur humus (cm)	5	ND	ND	5	ND	ND	ND
Type de sol	5 cm de sable grossier/gravier	Sable moyen	Sol organique 5 cm/sable moyen	Sol organique 5/sur Argile sableuse	Mull - Loam sur argile	Sable moyen	Sable fin
Dépôt de surface	Haut plage	Plage soulevée	Plage soulevée	Marin (faciès d'eau profonde)	Marin (faciès d'eau profonde)	Haut de plage	Plage actuelle, haut de plage, cordon, flèche, tombolo
Épaisseur du dépôt (cm)	130	130	130	130	130	130	130
Drainage	Bon avec aucun modificateur	Bon avec aucun modificateur	Bon avec aucun modificateur	Imparfait avec aucun modificateur	Modéré	Bon avec avec aucun modificateur	Bon avec avec aucun modificateur
Perturbations	Non observé	Chemin camion dans le foin	Non observé	Non observé	Non observé	Passage de VTT	Non observé
Nappe phréatique (cm)	ND	ND	ND	35	50	ND	ND
Habitat	Prairie herbacée salée anthropique	Prairie herbacée salée	Prairie herbacée humide	Prairie herbacée salée	Prairie herbacée humide	Prairie herbacée salée	Prairie herbacée salée
Strate AOS	ND	ND	ND	15	ND	ND	ND
Strate AOI	3	ND	ND	5	ND	ND	ND
Strate AUS	ND	ND	1	20	ND	0	0
Strate AUI	ND	ND	50	10	ND	0	0
Strate HER	100	70	70	70	100	15	80

Strate M	ND	20	40	0	ND	0	0
Eau	ND	10	0	0	ND	0	0
Matière organique	ND	0	0	0	ND	15	0
Débris ligneux	ND	0	0	5	ND	10	5
Litière	ND	60	30	40	40	0	0
Dénuqué	ND	0	0	0	ND	60	15
AOI esp1	<i>Picea glauca</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND
AOI esp1 %	3	ND	ND	ND	ND	ND	ND
HER esp1	<i>Leymus mollis</i> subsp. <i>mollis</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND
HER esp1 %	15	ND	ND	ND	ND	ND	ND
HER esp2	<i>Calamagrostis</i> <i>canadensis</i> var. <i>canadensis</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND
HER esp2 %	15	ND	ND	ND	ND	ND	ND
HER esp3	<i>Lathyrus</i> <i>japonicus</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND
HER esp3 %	20	ND	ND	ND	ND	ND	ND
HER esp4	<i>Chamaenerion</i> <i>angustifolium</i> subsp. <i>angustifolium</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND
HER esp4 %	15	ND	ND	ND	ND	ND	ND
HER esp5	<i>Vicia cracca</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND
HER esp5 %	20	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Liste plantes vasculaires et recouvrements

<i>Abies balsamea</i>			a	2			
<i>Acer spicatum</i>					1		
<i>Achillea millefolium</i>	2	1		1	1		
<i>Agrostis scabra</i>					1		
<i>Agrostis stolonifera</i>					2		
<i>Alnus incana</i> subsp. <i>rugosa</i>				2	1		

Ambrosia artemisifolia					1		
Ammophila breviligulata		3	3	1			4
Anaphalis margaritacea			1		1		
Anthoxanthum nitens subsp. nitens					1		
Aralia nudicaulis				2			
Arenaria humifusa					1		
Artemisia stelleriana					1		
Artemisia vulgaris					1		
Athyrium filix-femina var. angustum					1		
Atriplex prostrata	1					1	
Avenella flexuosa			2	2			
Betula cordifolia					1		
Bolboschoenus maritimus subsp. paludosus	a						
Bromus ciliatus					1		
Calamagrostis canadensis var. canadensis	2			2	4		
Calamagrostis stricta subsp. inexpansa					1		
Calystegia sepium subsp. angulata	1				2		
Campanula gieseckeana		a		1			
Carex aquatilis var. aquatilis					1		
Carex canescens subsp. canescens					a		
Carex paleacea	1						
Carex pseudocyperus					a		
Carex stipata var. stipata					1		

Chamaenerion angustifolium subsp. angustifolium	2				1		
Chelone glabra					1		
Chenopodium album						1	
Cicuta maculata var. maculata					1		
Cirsium arvense	1				2		
Cirsium vulgare	a		1		1		
Cladina mitis		1					
Comandra umbellata subsp. umbellata						2	1
Coptis trifolia					a		
Cornus canadensis					1		
Cornus sericea			1				
Danthonia spicata					1		
Dicranum polysetum		1					
Doellingeria umbellata var. umbellata	1				1		
Eleocharis palustris					1		
Elymus repens	2		1		1		
Elymus trachycaulus subsp. trachycaulus	2						
Empetrum nigrum subsp. nigrum			1	2			
Epilobium ciliatum subsp. glandulosum			3	2	3		
Epilobium palustre					1		
Equisetum arvense					1		
Erigeron canadensis					1		
Euthamia graminifolia					1		
Eutrochium maculatum var. maculatum					a		

Festuca rubra subsp. rubra		2	2		1		
Filipendula ulmaria					a		
Fragaria virginiana subsp. glauca			a	1	1		
Galeopsis tetrahit	1				2		
Galium palustre					1		
Glyceria grandis var. grandis					1		
Gnaphalium uliginosum					a		
Heracleum maximum	1		1		2		
Hieracium umbellatum					1		
Honckenya peploides subsp. robusta		1				a	
Hordeum jubatum subsp. jubatum	1						
Impatiens capensis					1		
Iris hookeri			a				
Iris versicolor					1		
Juncus balticus subsp. littoralis	1				2		
Juncus brevicaudatus					2		
Juncus bufonius					a		
Juniperus communis var. depressa			1	1			
Lathyrus japonicus	2	2		2		1	3
Leucanthemum vulgare					1		
Leymus mollis subsp. mollis	2	2	2	2	1	2	3
Ligusticum scoticum subsp. scoticum	1	1					
Limonium carolinianum				1			
Linaria vulgaris					1		

Lycopus uniflorus					1		
Lysimachia borealis			1	1			
Lysimachia terrestris					1		
Lythrum salicaria			1		1		
Maianthemum stellatum		1					
Matricaria discoidea					1		
Matteuccia struthiopteris var. pennsylvanica					a		
Medicago sativa subsp. sativa					a		
Melampyrum lineare				1			
Melilotus albus					1		
Moehringia lateriflora	1	a	1	1	1		
Myrica gale	1				1		
Oenothera biennis					a		
Onoclea sensibilis					1		
Osmunda claytoniana					1		
Osmundastrum cinnamomeum					1		
Persicaria sagittata			1				1
Phalaris arundinacea var. arundinacea					a		
Phleum pratense subsp. pratense	1				1		
Picea glauca	a		a	2			
Pilosella aurantiaca					1		
Pilosella caespitosa			1		1		
Pilosella officinarum					1		
Pinus banksiana			a	2			
Pinus strobus			a				
Platanthera aquilonis					a		
Pleurozium schreberi		2	2				

Poa compressa					a		
Poa palustris			1		1		
Poa pratensis subsp. pratensis	1				1		
Polygonum aviculare subsp. buxiforme					1		
Populus balsamifera					1		
Populus tremuloides			a	2	1		
Potentilla anserina subsp. groenlandica	2					a	
Potentilla norvegica			a				
Prunus pensylvanica					1		
Ranunculus abortivus					a		
Ranunculus acris				a	1		
Reynoutria japonica var. japonica				1			
Rhinanthus minor subsp. groenlandicus				1			
Ribes hirtellum	1			1			
Rosa blanda				a			
Rosa glauca			r				
Rosa palustris					a		
Rosa rugosa					1		
Rubus idaeus subsp. strigosus	2		4		2		
Rubus pubescens					1		
Rumex acetosella					1		
Rumex crispus	1				1		
Salix bebbiana					1		
Salix discolor					1		
Salix pyrifolia					a		

Sambucus racemosa subsp. pubens var. pubens			r				
Sanguisorba canadensis	2			1	1		
Scirpus atrocinctus					1		1
Scirpus microcarpus					1		
Scutellaria galericulata var. pubescens					1		
Scutellaria lateriflora					1		
Senecio vulgaris					a		
Setaria pumila subsp. pumila					1		
Solidago rugosa subsp. rugosa var. rugosa			1		1		
Solidago sempervirens	1						
Sonchus arvensis subsp. arvensis	2	1				a	1
Sporobolus michauxianus	2				1		
Spergularia rubra	a						
Stachys pilosa var. pilosa					1		
Stellaria graminea					1		
Symphyotrichum novi-belgii var. novi-belgii	2				1		
Symphyotrichum puniceum var. puniceum					a		
Tanacetum vulgare					1		
Taraxacum officinale					1		
Thalictrum pubescens					1		
Trifolium arvense					1		
Trifolium campestre					1		
Trifolium hybridum				1	1		
Trifolium pratense				2	1		

Tussilago farfara					1		
Typha latifolia					2		
Vaccinium angustifolium			1	2			
Vaccinium vitis-idaea			2	2			
Veronica americana					1		
Vicia cracca	1		1	2	2	a	

Marécages		
No Station	S10	S11
Heure (00:00)	9h30	11h30
Date (aa-mm-jj)	2019-08-11	2019-08-11
Latitude	48,583966	48,583577
Longitude	-69,198218	-69,197589
Altitude (m)	2	1,5
Exposition	Totale	Totale
Situation sur la pente	Terrain plat	Terrain plat
Épaisseur humus (cm)	ND	ND
Type de sol	Tourbe (mor) 130 cm Fibrique	Sol organique 130 cm Fibrique
Dépôt de surface	Organique épais	Organique épais
Épaisseur du dépôt (cm)	130	130
Drainage	Très mauvais avec aucun modificateur	Très mauvais avec aucun modificateur
Perturbations	Non observé	Non observé
Nappe phréatique (cm)	5	0
Habitat	Marécage arbustif	Marécage typhaie
Strate AOS	ND	ND
Strate AOI	ND	ND
Strate AUS	70	5
Strate AUI	20	40
Strate HER	50	50
Strate M	10	0
Eau	5	5
Matière organique	15	0
Débris ligneux	0	0
Litière	0	0
Dénudé	0	0
AOI esp1	ND	ND
AOI esp1 %	ND	ND
HER esp1	ND	ND
HER esp1 %	ND	ND
HER esp2	ND	ND
HER esp2 %	ND	ND

HER esp3	ND	ND
HER esp3 %	ND	ND
HER esp4	ND	ND
HER esp4 %	ND	ND
HER esp5	ND	ND
HER esp5 %	ND	ND
Liste plantes vasculaires et recouvrements		
Agrostis scabra		2
Alnus alnobetula subsp. crispa	1	3
Athyrium filix-femina var. angustum	1	
Betula cordifolia	4	1
Cakile edentula subsp. edentula var. edentula	1	
Calamagrostis canadensis var. canadensis	2	3
Calla palustris	1	1
Caltha palustris	1	
Carex brunnescens subsp. sphaerostachya	1	
Carex leptalea	1	
Carex mackenziei		3
Carex paleacea		2
Carex stipata var. stipata	1	
Chelone glabra	1	
Chrysosplenium americanum	a	
Cicuta maculata var. maculata		a
Cinna latifolia	1	
Comarum palustre		1
Cornus sericea	2	
Doellingeria umbellata var. umbellata	1	1
Dryopteris campyloptera	1	
Epilobium ciliatum subsp. glandulosum	1	
Epilobium palustre	1	
Equisetum arvense	1	1
Equisetum palustre		1

<i>Eutrochium maculatum</i> var. <i>maculatum</i>	1	1
<i>Galium asprellum</i>	1	
<i>Galium palustre</i>	1	1
<i>Glyceria striata</i>	1	
<i>Impatiens capensis</i>	2	
<i>Iris versicolor</i>		1
<i>Juncus brevicaudatus</i>	1	
<i>Lathyrus palustris</i>		1
<i>Lycopus uniflorus</i>	1	
<i>Lysimachia terrestris</i>	1	1
<i>Myrica gale</i>	1	
<i>Neottia convallarioides</i>	a	
<i>Poa palustris</i>	1	
<i>Polygonum aviculare</i> subsp. <i>buxiforme</i>	1	1
<i>Populus tremuloides</i>	1	
<i>Ribes glandulosum</i>	1	
<i>Rubus idaeus</i> subsp. <i>strigosus</i>	2	
<i>Rubus pubescens</i>	2	
<i>Salix bebbiana</i>	1	
<i>Salix discolor</i>	1	
<i>Sanguisorba canadensis</i>	1	
<i>Scirpus atrocinctus</i>	1	
<i>Scirpus microcarpus</i>	1	
<i>Solidago rugosa</i> subsp. <i>rugosa</i> var. <i>rugosa</i>	1	1
<i>Sonchus arvensis</i> subsp. <i>arvensis</i>		1
<i>Sporobolus michauxianus</i>		1
<i>Spiraea alba</i> var. <i>latifolia</i>	1	
<i>Symphyotrichum novi-belgii</i> var. <i>novi-belgii</i>		2
<i>Symphyotrichum puniceum</i> var. <i>puniceum</i>	1	
<i>Thalictrum pubescens</i>	2	
<i>Typha latifolia</i>	2	3
<i>Vicia cracca</i>		1

ANNEXE II. LISTE ET STATUT DES ESPÈCES VÉGÉTALES (2019-2021).

Nom scientifique	Nom français	Statut Hydrique ¹	Statut
<i>Equisetum arvense</i>	Prêle des champs	NI	Indigène
<i>Equisetum palustre</i>	Prêle des marais	OBL	Indigène
<i>Osmunda claytoniana</i>	Osmonde de Clayton	NI	Indigène
<i>Osmundastrum cinnamomeum</i>	Osmonde canelle	FACH	Indigène
<i>Athyrium filix-femina</i> var. <i>angustum</i>	Athyrie étroite	NI	Indigène
<i>Matteuccia struthiopteris</i> var. <i>pensylvanica</i>	Matteucie fougère-à-l'autruche d'Amérique	FACH	Indigène
<i>Onoclea sensibilis</i>	Onoclée sensible	FACH	Indigène
<i>Dryopteris campyloptera</i>	Dryoptère arquée	NI	Indigène
<i>Abies balsamea</i>	Sapin baumier	NI	Indigène
<i>Picea glauca</i>	Épinette blanche	NI	Indigène
<i>Picea mariana</i>	Épinette noire	NI	Indigène
<i>Pinus banksiana</i>	Pin gris	NI	Indigène
<i>Pinus strobus</i>	Pin blanc	NI	Indigène
<i>Juniperus communis</i> var. <i>depressa</i>	Genévrier commun déprimé	NI	Indigène
<i>Calla palustris</i>	Calla des marais	OBL	Indigène
<i>Triglochin gaspensis</i>	Troscart de Gaspésie	OBL	Indigène
<i>Triglochin maritima</i>	Troscart maritime	OBL	Indigène
<i>Triglochin palustris</i>	Troscart des marais	OBL	Indigène
<i>Ruppia maritima</i>	Ruppie maritime	OBL	Indigène
<i>Neottia convallarioides</i>	Listère faux-muguet	NI	Indigène
<i>Platanthera aquilonis</i>	Platanthère du Nord	FACH	Indigène
<i>Iris hookeri</i>	Iris de Hooker	NI	Indigène
<i>Iris versicolor</i>	Iris versicolore	OBL	Indigène
<i>Maianthemum stellatum</i>	Smilacine étoilée	FACH	Indigène
<i>Typha latifolia</i>	Quenouille à feuilles larges	OBL	Indigène
<i>Juncus balticus</i> subsp. <i>littoralis</i>	Jonc des rivages	FACH	Indigène
<i>Juncus brevicaudatus</i>	Jonc brevicauté	OBL	Indigène
<i>Juncus bufonius</i>	Jonc des crapauds	FACH	Indigène
<i>Juncus pelocarpus</i>	Jonc à fruits bruns	OBL	Indigène
<i>Bolboschoenus maritimus</i> subsp. <i>paludosus</i>	Scirpe des marais salés	OBL	Indigène
<i>Carex aquatilis</i> var. <i>aquatilis</i>	Carex aquatique	OBL	Indigène
<i>Carex brunnescens</i> subsp. <i>sphaerostachya</i>	Carex à épis globulaires	FACH	Indigène
<i>Carex canescens</i> subsp. <i>canescens</i>	Carex blanchâtre	OBL	Indigène
<i>Carex leptalea</i>	Carex à tiges grêles	OBL	Indigène
<i>Carex mackenziei</i>	Carex de Mackenzie	OBL	Indigène
<i>Carex paleacea</i>	Carex paléacé	OBL	Indigène
<i>Carex pseudocyperus</i>	Carex faux-souchet	OBL	Indigène
<i>Carex stipata</i> var. <i>stipata</i>	Carex stipité	FACH	Indigène
<i>Eleocharis palustris</i>	Éléocharide des marais	OBL	Indigène

<i>Eleocharis parvula</i>	Éléocharide naine	OBL	Indigène
<i>Scirpus atrocinctus</i>	Scirpe à ceinture noire	OBL	Indigène
<i>Scirpus microcarpus</i>	Scirpe à nœuds rouges	OBL	Indigène
<i>Schoenoplectus pungens</i> var. <i>pungens</i>	Scirpe piquant	OBL	Indigène
<i>Agrostis scabra</i>	Agrostide scabre	NI	Indigène
<i>Ammophila breviligulata</i>	Ammophile à ligule courte	NI	Indigène
<i>Anthoxanthum nitens</i> subsp. <i>nitens</i>	Hiéochloé odorante	FACH	Indigène
<i>Avenella flexuosa</i>	Deschampsie flexueuse	NI	Indigène
<i>Bromus ciliatus</i>	Brome cilié	FACH	Indigène
<i>Calamagrostis canadensis</i> var. <i>canadensis</i>	Calamagrostide du Canada	FACH	Indigène
<i>Calamagrostis stricta</i> subsp. <i>inexpansa</i>	Calamagrostide contractée	FACH	Indigène
<i>Cinna latifolia</i>	Cinna à larges feuilles	FACH	Indigène
<i>Danthonia spicata</i>	Danthonie à épi	NI	Indigène
<i>Elymus trachycaulus</i> subsp. <i>trachycaulus</i>	Élyme à chaumes rudes	OBL	Indigène
<i>Glyceria grandis</i> var. <i>grandis</i>	Glycérie géante	OBL	Indigène
<i>Glyceria striata</i>	Glycérie striée	OBL	Indigène
<i>Hordeum jubatum</i> subsp. <i>jubatum</i>	Orge queue-d'écureuil	FACH	Indigène
<i>Leymus mollis</i> subsp. <i>mollis</i>	Élyme des sables d'Amérique	NI	Indigène
<i>Phalaris arundinacea</i> var. <i>arundinacea</i>	Alpiste roseau	FACH	Indigène
<i>Poa palustris</i>	Pâturin des marais	FACH	Indigène
<i>Puccinellia pumila</i>	Puccinellie naine	FACH	Indigène
<i>Sporobolus alterniflorus</i>	Spartine alterniflore	OBL	Indigène
<i>Sporobolus pumilus</i>	Spartine étalée	OBL	Indigène
<i>Sporobolus michauxianus</i>	Spartine pectinée	OBL	Indigène
<i>Caltha palustris</i>	Populage des marais	OBL	Indigène
<i>Coptis trifolia</i>	Savoyane	NI	Indigène
<i>Halerpestes cymbalaria</i>	Renoncule cymbalaire	OBL	Indigène
<i>Ranunculus abortivus</i>	Renoncule abortive	FACH	Indigène
<i>Thalictrum pubescens</i>	Pigamon pubescent	FACH	Indigène
<i>Ribes glandulosum</i>	Gadellier glanduleux	FACH	Indigène
<i>Ribes hirtellum</i>	Groseillier hérissé	NI	Indigène
<i>Chrysosplenium americanum</i>	Dorine d'Amérique	OBL	Indigène
<i>Populus balsamifera</i>	Peuplier baumier	FACH	Indigène
<i>Populus tremuloides</i>	Peuplier faux-tremble	NI	Indigène
<i>Salix bebbiana</i>	Saule de Bebb	FACH	Indigène
<i>Salix discolor</i>	Saule discoloré	FACH	Indigène
<i>Salix pyrifolia</i>	Saule baumier	FACH	Indigène
<i>Lathyrus japonicus</i>	Gesse maritime	NI	Indigène
<i>Lathyrus palustris</i>	Gesse des marais	FACH	Indigène
<i>Comarum palustre</i>	Comaret des marais	NI	Indigène
<i>Fragaria virginiana</i> subsp. <i>glauca</i>	Fraisier glauque	NI	Indigène
<i>Potentilla anserina</i> subsp. <i>argentina</i>	Potentille ansérine	FACH	Indigène
<i>Potentilla anserina</i> subsp. <i>groenlandica</i>	Potentille du Groenland	FACH	Indigène

<i>Prunus pensylvanica</i>	Cerisier de Pennsylvanie	NI	Indigène
<i>Rosa blanda</i>	Rosier inerme	NI	Indigène
<i>Rosa palustris</i>	Rosier palustre	OBL	Indigène
<i>Rubus idaeus</i> subsp. <i>strigosus</i>	Framboisier sauvage	NI	Indigène
<i>Rubus pubescens</i>	Ronce pubescente	FACH	Indigène
<i>Sanguisorba canadensis</i>	Sanguisorbe du Canada	FACH	Indigène
<i>Spiraea alba</i> var. <i>latifolia</i>	Spirée à larges feuilles	NI	Indigène
<i>Myrica gale</i>	Myrique baumier	OBL	Indigène
<i>Alnus alnobetula</i> subsp. <i>crispa</i>	Aulne crispé	NI	Indigène
<i>Alnus incana</i> subsp. <i>rugosa</i>	Aulne rugueux	FACH	Indigène
<i>Betula cordifolia</i>	Bouleau à feuilles cordées	NI	Indigène
<i>Chamaenerion angustifolium</i> subsp. <i>angustifolium</i>	Épilobe à feuilles étroites	NI	Indigène
<i>Epilobium ciliatum</i> subsp. <i>glandulosum</i>	Épilobe glanduleux	FACH	Indigène
<i>Epilobium palustre</i>	Épilobe palustre	OBL	Indigène
<i>Oenothera biennis</i>	Onagre bisannuelle	NI	Indigène
<i>Acer spicatum</i>	Érable à épis	NI	Indigène
<i>Cakile edentula</i> subsp. <i>edentula</i> var. <i>edentula</i>	Caquillier édentulé	NI	Indigène
<i>Comandra umbellata</i> subsp. <i>umbellata</i>	Comandre à ombelle	NI	Indigène
<i>Limonium carolinianum</i>	Limonium de Caroline	OBL	Indigène
<i>Fallopia cilinodis</i>	Renouée à nœuds ciliés	NI	Indigène
<i>Persicaria sagittata</i>	Renouée sagittée	OBL	Indigène
<i>Polygonum aviculare</i> subsp. <i>buxiforme</i>	Renouée faux-buis	NI	Indigène
<i>Arenaria humifusa</i>	Sabline rampante	OBL	Indigène
<i>Honckenya peploides</i> subsp. <i>robusta</i>	Honkénye robuste	NI	Indigène
<i>Moehringia lateriflora</i>	Sabline latériflore	NI	Indigène
<i>Spergularia canadensis</i> var. <i>canadensis</i>	Spergulaire du Canada	OBL	Indigène
<i>Atriplex glabriuscula</i> var. <i>acadiensis</i>	Arroche d'Acadie	FACH	Indigène
<i>Atriplex prostrata</i>	Arroche hastée	FACH	Indigène
<i>Salicornia depressa</i>	Salicorne de Virginie	OBL	Indigène
<i>Cornus canadensis</i>	Quatre-temps	NI	Indigène
<i>Cornus sericea</i>	Cornouiller hart-rouge	FACH	Indigène
<i>Impatiens capensis</i>	Impatiente du Cap	FACH	Indigène
<i>Lysimachia borealis</i>	Trientale boréale	NI	Indigène
<i>Lysimachia maritima</i>	Glaux maritime	OBL	Indigène
<i>Lysimachia terrestris</i>	Lysimaque terrestre	OBL	Indigène
<i>Empetrum nigrum</i> subsp. <i>nigrum</i>	Camarine noire	NI	Indigène
<i>Vaccinium angustifolium</i>	Bleuet à feuilles étroites	NI	Indigène
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	Airelle rouge	NI	Indigène
<i>Galium asprellum</i>	Gaillet piquant	OBL	Indigène
<i>Galium palustre</i>	Gaillet palustre	FACH	Indigène
<i>Calystegia sepium</i> subsp. <i>angulata</i>	Liseron des haies anguleux	FACH	Indigène
<i>Chelone glabra</i>	Galane glabre	OBL	Indigène

<i>Plantago maritima</i>	Plantain maritime	FACH	Indigène
<i>Veronica americana</i>	Véronique d'Amérique	OBL	Indigène
<i>Lycopus uniflorus</i>	Lycope à une fleur	OBL	Indigène
<i>Scutellaria galericulata</i> var. <i>pubescens</i>	Scutellaire à feuilles d'épilobe	OBL	Indigène
<i>Scutellaria lateriflora</i>	Scutellaire latériflore	OBL	Indigène
<i>Stachys pilosa</i> var. <i>pilosa</i>	Épiaire poilue	FACH	Indigène
<i>Melampyrum lineare</i>	Mélampyre linéaire	NI	Indigène
<i>Rhinanthus minor</i> subsp. <i>groenlandicus</i>	Rhinanthe du Groenland	NI	Indigène
<i>Campanula gieseckeana</i>	Campanule de Gieseck	NI	Indigène
<i>Anaphalis margaritacea</i>	Immortelle blanche	NI	Indigène
<i>Doellingeria umbellata</i> var. <i>pubens</i>	Aster pubescent	FACH	Indigène
<i>Doellingeria umbellata</i> var. <i>umbellata</i>	Aster à ombelles	FACH	Indigène
<i>Euthamia graminifolia</i>	Verge d'or à feuilles de graminées	NI	Indigène
<i>Eutrochium maculatum</i> var. <i>maculatum</i>	Eupatoire maculée	FACH	Indigène
<i>Hieracium umbellatum</i>	Épervière en ombelle	NI	Indigène
<i>Solidago rugosa</i> subsp. <i>rugosa</i> var. <i>rugosa</i>	Verge d'or rugueuse	NI	Indigène
<i>Solidago sempervirens</i>	Verge d'or toujours verte	FACH	Indigène
<i>Symphotrichum novi-belgii</i> var. <i>novi-belgii</i>	Aster de New York	FACH	Indigène
<i>Symphotrichum puniceum</i> var. <i>puniceum</i>	Aster ponceau	FACH	Indigène
<i>Aralia nudicaulis</i>	Aralie à tige nue	NI	Indigène
<i>Cicuta maculata</i> var. <i>maculata</i>	Cicutaire maculée	OBL	Indigène
<i>Heracleum maximum</i>	Berce laineuse	NI	Indigène
<i>Ligusticum scoticum</i> subsp. <i>scoticum</i>	Livèche d'Écosse	NI	Indigène
<i>Sambucus racemosa</i> subsp. <i>pubens</i> var. <i>pubens</i>	Sureau rouge	NI	Indigène
<i>Zostera marina</i>	Zostère marine	OBL	Indigène
<i>Picea glauca</i>	Épinette blanche	NI	Indigène
<i>Triglochin gaspensis</i>	Troscart de Gaspésie	OBL	Indigène
<i>Triglochin maritima</i>	Troscart maritime	OBL	Indigène
<i>Ruppia maritima</i>	Ruppie maritime	OBL	Indigène
<i>Juncus balticus</i> subsp. <i>littoralis</i>	Jonc des rivages	FACH	Indigène
<i>Bolboschoenus maritimus</i> subsp. <i>paludosus</i>	Scirpe des marais salés	OBL	Indigène
<i>Carex mackenziei</i>	Carex de Mackenzie	OBL	Indigène
<i>Carex paleacea</i>	Carex paléacé	OBL	Indigène
<i>Eleocharis parvula</i>	Éléocharide naine	OBL	Indigène
<i>Agrostis gigantea</i>	Agrostide blanche	FACH	Introduit
<i>Anthoxanthum nitens</i> subsp. <i>nitens</i>	Hiéochloé odorante	FACH	Indigène
<i>Calamagrostis canadensis</i> var. <i>canadensis</i>	Calamagrostide du Canada	FACH	Indigène
<i>Elymus repens</i>	Chiendent commun	NI	Introduit
<i>Festuca rubra</i> subsp. <i>rubra</i>	Fétuque rouge	NI	Introduit
<i>Hordeum jubatum</i> subsp. <i>jubatum</i>	Orge queue-d'écureuil	FACH	Indigène
<i>Leymus mollis</i> subsp. <i>mollis</i>	Élyme des sables d'Amérique	NI	Indigène
<i>Phleum pratense</i> subsp. <i>pratense</i>	Fléole des prés	NI	Introduit

<i>Poa pratensis</i> subsp. <i>pratensis</i>	Pâturin des prés	NI	Introduit
<i>Sporobolus alterniflorus</i>	Spartine alterniflore	OBL	Indigène
<i>Sporobolus pumilus</i>	Spartine étalée	OBL	Indigène
<i>Sporobolus michauxianus</i>	Spartine pectinée	OBL	Indigène
<i>Halerpestes cymbalaria</i>	Renoncule cymbalaire	OBL	Indigène
<i>Ribes hirtellum</i>	Groseillier hérissé	NI	Indigène
<i>Lathyrus japonicus</i>	Gesse maritime	NI	Indigène
<i>Lathyrus palustris</i>	Gesse des marais	FACH	Indigène
<i>Vicia cracca</i>	Vesce jargeau	NI	Introduit
<i>Rosa blanda</i>	Rosier inerme	NI	Indigène
<i>Rubus idaeus</i> subsp. <i>strigosus</i>	Framboisier sauvage	NI	Indigène
<i>Sanguisorba canadensis</i>	Sanguisorbe du Canada	FACH	Indigène
<i>Myrica gale</i>	Myrique baumier	OBL	Indigène
<i>Chamaenerion angustifolium</i> subsp. <i>angustifolium</i>	Épilobe à feuilles étroites	NI	Indigène
<i>Limonium carolinianum</i>	Limonium de Caroline	OBL	Indigène
<i>Rumex crispus</i>	Patience crépu	FACH	Introduit
<i>Moehringia lateriflora</i>	Sabline latériflore	NI	Indigène
<i>Spergularia canadensis</i> var. <i>canadensis</i>	Spergulaire du Canada	OBL	Indigène
<i>Spergularia rubra</i>	Spergulaire rouge	FACH	Introduit
<i>Atriplex prostrata</i>	Arroche hastée	FACH	Indigène
<i>Salicornia depressa</i>	Salicorne de Virginie	OBL	Indigène
<i>Lysimachia maritima</i>	Glaux maritime	OBL	Indigène
<i>Calystegia sepium</i> subsp. <i>angulata</i>	Liseron des haies anguleux	NI	Indigène
<i>Plantago maritima</i>	Plantain maritime	FACH	Indigène
<i>Galeopsis tetrahit</i>	Galéopside à tige carrée	NI	Introduit
<i>Achillea millefolium</i>	Achillée millefeuille	NI	Introduit
<i>Cirsium arvense</i>	Chardon des champs	NI	Introduit
<i>Cirsium vulgare</i>	Chardon vulgaire	NI	Introduit
<i>Solidago sempervirens</i>	Verge d'or toujours verte	FACH	Indigène
<i>Sonchus arvensis</i> subsp. <i>arvensis</i>	Laiteron des champs	NI	Introduit
<i>Symphotrichum novi-belgii</i> var. <i>novi-belgii</i>	Aster de New York	FACH	Indigène
<i>Heracleum maximum</i>	Berce laineuse	FACH	Indigène
<i>Ligusticum scoticum</i> subsp. <i>scoticum</i>	Livèche d'Écosse	NI	Indigène

ANNEXE III. DONNÉES PHYSICO-CHIMIQUES PAR ENGIN DE PÊCHE (2019-2021).

Station	Engin	Date de pose	Temps pêche (h)	Latitude	Longitude	Substrat	Étage	Habitat	T air (°C)	T eau (°C)	pH	Conductivité (mS/cm)	OD (%)	Salinité (psu)
Collecte de données 2019														
B1	Bourolle	07-29	65	48,57529	-69,19763	Argile	Haut marais	Etier secondaire	23,5	17,5	7	ND	ND	24
B2	Bourolle	07-29	64,25	48,57514	-69,19734	Argile	Haut marais	Marelle	26	19	7	ND	ND	27
B3	Bourolle	07-29	65	48,57601	-69,19642	Argile	Haut marais	Etier tertiaire	25,5	18	7,4	ND	ND	28
B4	Bourolle	07-29	65,25	48,57584	-69,19603	Argile	Haut marais	Marelle	25,2	19	7	ND	ND	28
B5	Bourolle	07-29	65	48,57393	-69,19313	Matière organique	Haut marais	Marelle	25,2	22	8,4	ND	ND	23
S1	Senne	07-29	ND	48,57607	-69,20255	Sable	Estran	Pointe de sable	20	19,1	7,4	ND	ND	23
S2	Senne	07-29	ND	48,57584	-69,20273	Sable	Estran	Pointe de sable	20	19,1	7,4	ND	ND	23
S3	Senne	07-29	ND	48,57577	-69,20344	Sable	Estran	Pointe de sable	20	19,1	7,4	ND	ND	23
V1	Verveux	07-29	64,5	48,57645	-69,19823	Argile	Bas marais	Etier principal	26,5	21,5	7,4	ND	ND	22
B1	Bourolle	07-30	16,25	48,57529	-69,19763	Argile	Haut marais	Etier secondaire	25,5	19	7	ND	ND	26
B2	Bourolle	07-30	15,5	48,57514	-69,19734	Argile	Haut marais	Marelle	24,4	20	7	ND	ND	28
B3	Bourolle	07-30	16,25	48,57601	-69,19642	Argile	Haut marais	Etier tertiaire	25	18	7,4	ND	ND	30
B4	Bourolle	07-30	16,5	48,57584	-69,19603	Argile	Haut marais	Marelle	25	19	7	ND	ND	28
B5	Bourolle	07-30	17	48,57393	-69,19313	Matière organique	Haut marais	Marelle	26,6	22	8,4	ND	ND	23
V1	Verveux	07-30	15,5	48,57645	-69,19823	Argile	Bas marais	Etier principal	22	18	7,8	ND	ND	26
B1	Bourolle	07-30	9,25	48,57529	-69,19763	Argile	Haut marais	Etier secondaire	25	19	7	ND	ND	23
B2	Bourolle	07-30	9,5	48,57514	-69,19734	Argile	Haut marais	Marelle	25	20	7	ND	ND	26
B3	Bourolle	07-30	9,75	48,57601	-69,19642	Argile	Haut marais	Etier tertiaire	25	18	7,4	ND	ND	28

B4	Bourolle	07-30	9,5	48,57584	-69,19603	Argile	Haut marais	Marelle	25	18	7	ND	ND	24
B5	Bourolle	07-30	8,75	48,57393	-69,19313	Matière organique	Haut marais	Marelle	24,5	22	8,4	ND	ND	23
S4	Senne	07-30	ND	48,57981	-69,19927	Argile	Estran	Embouchure rivière	27	17	ND	ND	ND	25
V1	Verveux	07-30	10,5	48,57645	-69,19823	Argile	Bas marais	Etier principal	26	22	7,4	ND	ND	22
B1	Bourolle	07-31	13,75	48,57529	-69,19763	Argile	Haut marais	Etier secondaire	21,7	18	7	ND	ND	23
B2	Bourolle	07-31	13,75	48,57514	-69,19734	Argile	Haut marais	Marelle	21,4	19	7	ND	ND	26
B3	Bourolle	07-31	13,75	48,57601	-69,19642	Argile	Haut marais	Etier tertiaire	21,8	18	7	ND	ND	27
B4	Bourolle	07-31	14	48,57584	-69,19603	Argile	Haut marais	Marelle	21,4	18	7,4	ND	ND	27
B5	Bourolle	07-31	13,75	48,57393	-69,19313	Matière organique	Haut marais	Marelle	23,5	20	8,4	ND	ND	25
B1	Bourolle	07-31	9	48,57529	-69,19763	Argile	Haut marais	Etier secondaire	23,5	17,5	7	ND	ND	24
B2	Bourolle	07-31	9,5	48,57514	-69,19734	Argile	Haut marais	Marelle	23,5	20	7	ND	ND	26
B3	Bourolle	07-31	10,25	48,57601	-69,19642	Argile	Haut marais	Etier tertiaire	23,5	18,5	7,4	ND	ND	28
B4	Bourolle	07-31	10	48,57584	-69,19603	Argile	Haut marais	Marelle	23	18	7,4	ND	ND	26
B5	Bourolle	07-31	9,75	48,57393	-69,19313	Matière organique	Haut marais	Marelle	23	22	8,4	ND	ND	25
S5	Senne	07-31	ND	48,57972	-69,19978	Argile	Estran	Embouchure rivière	26,2	20,5	ND	ND	ND	24
S6	Senne	07-31	ND	48,57971	-69,20009	Argile	Estran	Embouchure rivière	26,2	20,5	ND	ND	ND	24
S7	Senne	07-31	ND	48,58187	48,58187	Argile	Estran	Confluent rivière	24,5	24,5	ND	ND	ND	23
S8	Senne	07-31	ND	48,58199	-69,21504	Argile	Estran	Confluent rivière	24,9	24,5	ND	ND	ND	23
S9	Senne	07-31	ND	48,58204	-69,21393	Argile	Estran	Confluent rivière	25	24	ND	ND	ND	27
V1	Verveux	07-31	13,75	48,57645	-69,19823	Argile	Bas marais	Etier principal	20	18	7,8	ND	ND	25
V1	Verveux	07-31	11,25	48,57645	-69,19823	Argile	Bas marais	Etier principal	22,8	22	7,4	ND	ND	17

B1	Bourolle	08-01	16,5	48,57529	-69,19763	Argile	Haut marais	Etier principal	25,3	19	7	ND	ND	25
B2	Bourolle	08-01	16	48,57514	-69,19734	Argile	Haut marais	Marelle	26,4	19	7	ND	ND	25
B3	Bourolle	08-01	15	48,57601	-69,19642	Argile	Haut marais	Etier tertiaire	24,7	19	7,6	ND	ND	28
B4	Bourolle	08-01	15,25	48,57584	-69,19603	Argile	Haut marais	Marelle	25,4	18	7,6	ND	ND	24
B5	Bourolle	08-01	15,75	48,57393	-69,19313	Matière organique	Haut marais	Marelle	25,4	23	8,8	ND	ND	25
V1	Verveux	08-01	13,5	48,57645	-69,19823	Argile	Bas marais	Etier principal	23,3	16	7	ND	ND	26
Collecte de données 2021														
B6	Bourolle	05-17	73,5	48,58069	-69,20121	Limono-sableux	Bas marais	Etier secondaire	15,8	16,83	7,05	3.74	47,8	19,29
B9	Bourolle	05-17	71,25	48,57618	-69,18603	Sablo-limoneux	Haut marais	Etier principal	11	18,87	7,28	1.760	81,6	0,9
V2	Verveux	05-17	71,75	48,58013	-69,19814	Sablo-limoneux	Slikke	Etier principal	15,5	14,6	6,9	0.407	106	0,2
B6	Bourolle	05-17	22,5	48,58069	-69,20121	Limono-sableux	Bas marais	Etier secondaire	21,2	21,27	6,98	29,94	12,1	18,55
B9	Bourolle	05-17	24,5	48,58069	-69,20121	Sablo-limoneux	Haut marais	Etier principal	19	19,33	7,36	1.568	68	0,79
V2	Verveux	05-17	23,5	48,58013	-69,19814	Sablo-limoneux	Slikke	Etier principal	24	18,62	6,98	39.00	96	0,19
B6	Bourolle	05-18	23	48,58069	-69,20121	Limono-sableux	Bas marais	Etier secondaire	16,3	17,7	6,94	32.88	6,4	20,63
B9	Bourolle	05-18	22,5	48,58069	-69,20121	Sablo-limoneux	Haut marais	Etier principal	16,4	20,25	7,52	1.857	86,7	NA
V2	Verveux	05-18	23,5	48,58013	-69,19814	Sablo-limoneux	Slikke	Etier principal	13,2	13,17	7,88	36.75	90,5	23,32
B6	Bourolle	05-19	24,5	48,58069	-69,20121	Limono-sableux	Bas marais	Etier secondaire	20	16,51	6,84	32.63	21,1	20,5
B9	Bourolle	05-19	24	48,58069	-69,20121	Sablo-limoneux	Haut marais	Etier principal	18,6	18,1	7,44	1.886	89,1	0,96
V2	Verveux	05-19	24	48,58013	-69,19814	Sablo-limoneux	Slikke	Etier principal	16,6	15,97	7,08	0.645	109,9	0,32

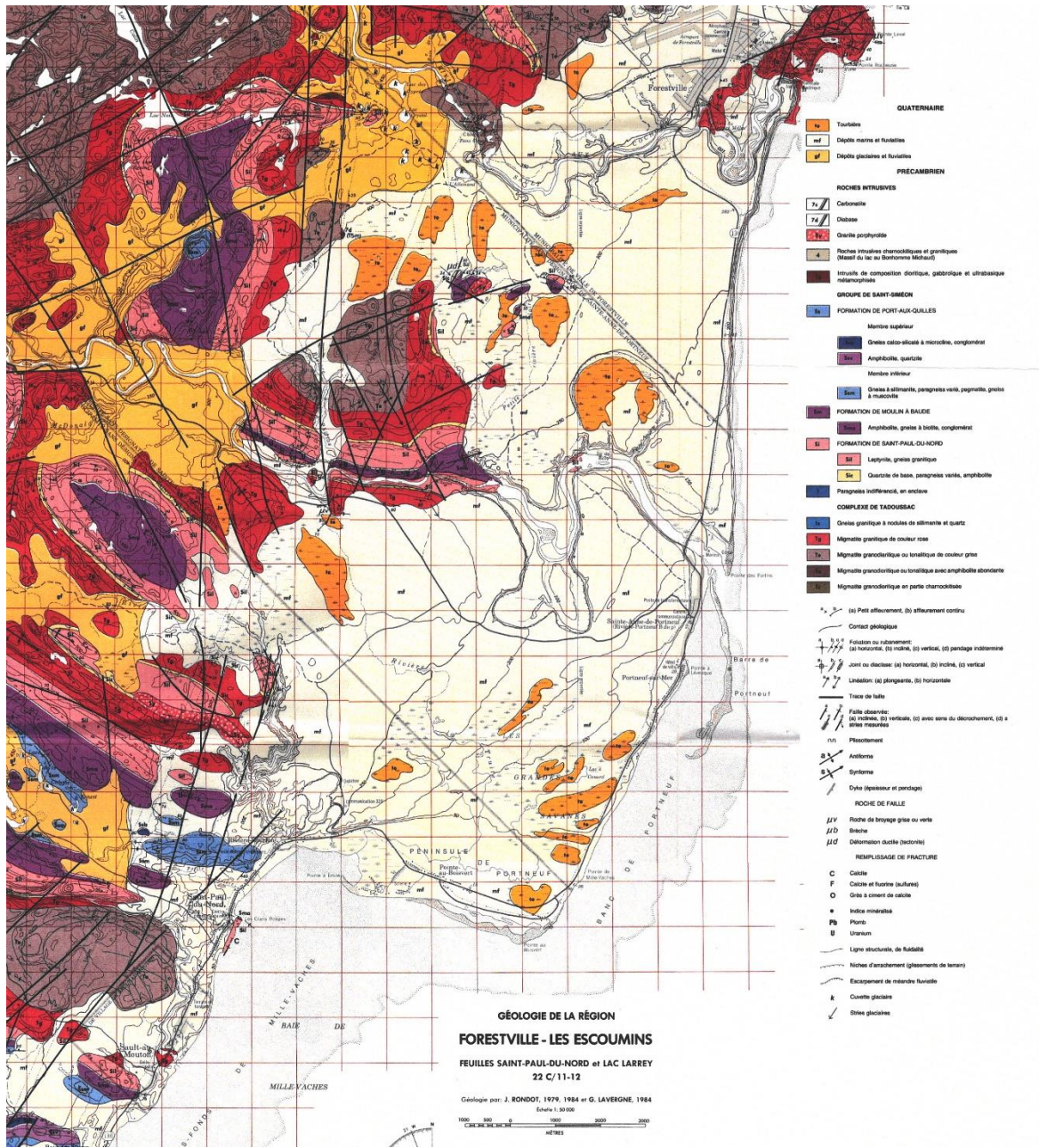
ANNEXE IV. DÉNOMBREMENT DES ESPÈCES DE POISSONS PAR STATION (2019 ET 2021).

Date de levée	Station	Engin	Espèce	Nb total / engin
2019-07-30	V1	Verveux	ANRO	4
2019-07-31	V1	Verveux	ANRO	2
2019-07-31	V1	Verveux	ANRO	2
2021-05-18	V2	Verveux	ANRO	1
2021-05-19	V2	Verveux	ANRO	4
2021-05-20	V2	Verveux	ANRO	2
2019-07-29	S1	Senne	GAAC	14
2019-07-29	S2	Senne	GAAC	184
2019-07-29	S3	Senne	GAAC	283
2019-07-29	V1	Verveux	GAAC	20
2019-07-29	B1	Bourolle	GAAC	10
2019-07-29	B2	Bourolle	GAAC	5
2019-07-29	B4	Bourolle	GAAC	9
2019-07-30	V1	Verveux	GAAC	14
2019-07-30	B4	Bourolle	GAAC	3
2019-07-30	B2	Bourolle	GAAC	9
2019-07-30	B1	Bourolle	GAAC	6
2019-07-30	S4	Senne	GAAC	59
2019-07-30	V1	Verveux	GAAC	14
2019-07-30	B4	Bourolle	GAAC	8
2019-07-30	B2	Bourolle	GAAC	1
2019-07-30	B1	Bourolle	GAAC	1
2019-07-31	V1	Verveux	GAAC	16
2019-07-31	B2	Bourolle	GAAC	1
2019-07-31	B1	Bourolle	GAAC	2
2019-07-31	S7	Senne	GAAC	39
2019-07-31	S8	Senne	GAAC	26
2019-07-31	S9	Senne	GAAC	54
2019-07-31	S5	Senne	GAAC	60
2019-07-31	S6	Senne	GAAC	4
2019-07-31	V1	Verveux	GAAC	10
2019-07-31	B1	Bourolle	GAAC	3
2019-07-31	B2	Bourolle	GAAC	38
2019-07-31	B4	Bourolle	GAAC	21
2019-08-01	V1	Verveux	GAAC	22
2019-08-01	B4	Bourolle	GAAC	24
2019-08-01	B2	Bourolle	GAAC	9
2021-05-18	B6	Bourolle	GAAC	105
2021-05-18	B9	Bourolle	GAAC	83
2021-05-18	V2	Verveux	GAAC	2963

2021-05-19	V2	Verveux	GAAC	3788
2021-05-19	B9	Bourolle	GAAC	64
2021-05-20	V2	Verveux	GAAC	2622
2021-05-20	B9	Bourolle	GAAC	175
2021-05-20	B6	Bourolle	GAAC	45
2021-05-20	B6	Bourolle	GAAC	19
2021-05-18	B6	Bourolle	GAWH	1
2021-05-18	B9	Bourolle	GAWH	20
2021-05-18	V2	Verveux	GAWH	99
2021-05-19	V2	Verveux	GAWH	113
2021-05-19	B9	Bourolle	GAWH	317
2021-05-20	V2	Verveux	GAWH	94
2021-05-20	B9	Bourolle	GAWH	78
2021-05-20	B6	Bourolle	GAWH	7
2021-05-20	B6	Bourolle	GAWH	1
2019-07-30	V1	Verveux	OSMO	2
2019-07-29	S3	Senne	PUPU	4
2019-07-29	V1	Verveux	PUPU	10
2019-07-29	B1	Bourolle	PUPU	5
2019-07-29	B2	Bourolle	PUPU	1
2019-07-29	B4	Bourolle	PUPU	7
2019-07-30	V1	Verveux	PUPU	10
2019-07-30	B4	Bourolle	PUPU	12
2019-07-30	B2	Bourolle	PUPU	14
2019-07-30	B1	Bourolle	PUPU	5
2019-07-30	S4	Senne	PUPU	1
2019-07-30	V1	Verveux	PUPU	82
2019-07-30	B4	Bourolle	PUPU	10
2019-07-30	B2	Bourolle	PUPU	4
2019-07-30	B1	Bourolle	PUPU	2
2019-07-31	V1	Verveux	PUPU	14
2019-07-31	B4	Bourolle	PUPU	7
2019-07-31	B2	Bourolle	PUPU	10
2019-07-31	B1	Bourolle	PUPU	6
2019-07-31	S7	Senne	PUPU	3
2019-07-31	S8	Senne	PUPU	4
2019-07-31	S9	Senne	PUPU	3
2019-07-31	S5	Senne	PUPU	5
2019-07-31	S6	Senne	PUPU	2
2019-07-31	V1	Verveux	PUPU	36
2019-07-31	B1	Bourolle	PUPU	8
2019-07-31	B2	Bourolle	PUPU	28
2019-07-31	B4	Bourolle	PUPU	27
2019-08-01	V1	Verveux	PUPU	62

2019-08-01	B3	Bourolle	PUPU	1
2019-08-01	B4	Bourolle	PUPU	14
2019-08-01	B2	Bourolle	PUPU	5
2019-08-01	B1	Bourolle	PUPU	1
2021-05-18	B6	Bourolle	PUPU	30
2021-05-18	B9	Bourolle	PUPU	13
2021-05-19	B9	Bourolle	PUPU	13
2021-05-20	B9	Bourolle	PUPU	16
2021-05-20	B6	Bourolle	PUPU	20
2021-05-20	B6	Bourolle	PUPU	3
2019-07-31	V1	Verveux	SAFO	2
2021-05-18	V2	Verveux	SAFO	7
2021-05-19	V2	Verveux	SAFO	1
2021-05-20	V2	Verveux	SAFO	3

ANNEXE V. CARTE GÉOLOGIQUE DE LA ZONE D'ÉTUDE (MORISSETTE, 2007, ANNEXE 1).



ANNEXE VI. VALEURS D'ERREURS ASSOCIÉES AU SUIVI DE LA LIMITE ÉCOGÉOMORPHOLOGIQUE (M/AN)

Station	1964-2019	1964-1982	1982-1996	1996-2012	2012-2019
1	0,7	NA	NA	2,3	0,4
2	0,7	NA	NA	2,3	0,4
3	0,7	NA	NA	2,3	0,4
4	0,7	NA	NA	2,3	0,4
5	0,7	NA	NA	2,3	0,4
6	0,7	NA	NA	2,3	0,4
7	0,7	NA	NA	2,3	0,4
8	0,7	NA	NA	2,3	0,4
9	0,7	NA	NA	2,3	0,4
10	0,7	NA	NA	2,3	0,4
11	0,7	NA	NA	2,3	0,4
12	0,7	NA	NA	2,3	0,4
13	0,7	NA	NA	2,3	0,4
14	0,7	NA	NA	2,3	0,4
15	0,7	NA	NA	2,3	0,4
16	0,7	NA	NA	2,3	0,4
17	0,7	NA	NA	2,3	0,4
18	0,7	2	2,5	2,3	0,4
19	0,7	2	2,5	2,3	0,4
20	0,7	2	2,5	2,3	0,4
21	0,7	2	2,5	2,3	0,4
22	0,7	2	2,5	2,3	0,4
23	0,7	2	2,5	2,3	0,4
24	0,7	2	2,5	2,3	0,4
25	0,7	2	2,5	2,3	0,4
26	0,7	2	2,5	2,3	0,4
27	0,7	2	2,5	2,3	0,4
28	0,7	2	2,5	2,3	0,4
29	0,7	2	2,5	2,3	0,4
30	0,7	2	2,5	2,3	0,4
31	0,7	2	2,5	2,3	0,4
32	0,7	2	2,5	2,3	0,4
33	0,7	2	2,5	2,3	0,4
34	0,7	2	2,5	2,3	0,4
35	0,7	2	2,5	2,3	0,4
36	0,7	2	2,5	2,3	0,4
37	0,7	2	2,5	2,3	0,4
38	0,7	2	2,5	2,3	0,4
39	0,7	2	2,5	2,3	0,4
40	0,7	2	2,5	2,3	0,4
41	0,7	2	2,5	2,3	0,4
42	0,7	2	2,5	2,3	0,4
44	0,7	2	2,5	2,3	0,4

45	0,7	2	2,5	2,3	0,4
46	0,7	2	2,5	2,3	0,4
47	0,7	2	2,5	2,3	0,4
48	0,7	2	2,5	2,3	0,4
49	0,7	2	2,5	2,3	0,4
50	0,7	2	2,5	2,3	0,4
54	0,7	2	2,5	2,3	0,4
55	0,5	1,6	0,5	0,5	0,4
56	0,5	1,6	0,5	0,5	0,4
57	0,5	1,6	0,5	0,5	0,4
58	0,5	1,6	0,5	0,5	0,4
59	0,5	1,6	0,5	0,5	0,4
60	0,5	1,6	0,5	0,5	0,4
61	0,5	1,6	0,5	0,5	0,4
62	0,5	1,6	0,5	0,5	0,4
63	0,5	1,6	0,5	0,5	0,4
64	0,5	1,6	0,5	0,5	0,4
65	0,5	1,6	0,5	0,5	0,4
66	0,5	1,6	0,5	0,5	0,4
67	0,5	1,6	0,5	0,5	0,4
68	0,5	1,6	0,5	0,5	0,4
69	0,5	1,6	0,5	0,5	0,4
70	0,5	1,6	0,5	0,5	0,4
71	0,5	1,6	0,5	0,5	0,4
72	0,5	1,6	0,5	0,5	0,4
73	0,5	1,6	0,5	0,5	0,4
74	0,5	1,6	0,5	0,5	0,4
75	0,5	1,6	0,5	0,5	0,4
76	0,5	1,6	0,5	0,5	0,4
77	0,5	1,6	0,5	0,5	0,4
78	0,5	1,6	0,5	0,5	0,4
79	0,5	1,6	0,5	0,5	0,4
80	0,5	1,6	0,5	0,5	0,4
81	0,5	1,6	0,5	0,5	0,4
82	0,5	1,6	0,5	0,5	0,4
83	0,5	1,6	0,5	0,5	0,4
84	0,5	1,6	0,5	0,5	0,4
85	0,06	1,6	0,5	0,5	0,4
86	0,06	1,6	0,5	0,5	0,4
87	0,06	1,6	0,5	0,5	0,4
88	0,06	1,6	0,5	0,5	0,4
89	0,06	1,6	0,5	0,5	0,4
90	0,06	1,6	0,5	0,5	0,4
91	0,06	1,6	0,5	0,5	0,4
92	0,06	1,6	0,5	0,5	0,4
93	0,06	1,6	0,5	0,5	0,4

94	0,06	1,6	0,5	0,5	0,4
95	0,06	1,6	0,5	0,5	0,4
96	0,06	1,6	0,5	0,5	0,4
97	0,06	1,6	0,5	0,5	0,4
98	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4
99	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4
100	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4
101	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4
102	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4
103	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4
104	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4
105	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4
106	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4
107	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4
108	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4
109	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4
110	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4
111	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4
112	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4
113	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4
114	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4
115	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4
116	0,2	0,4	0,5	0,5	1
117	0,2	0,4	0,5	0,5	1
118	0,2	0,4	0,5	0,5	1
119	0,2	0,4	0,5	0,5	1
120	0,2	0,4	0,5	0,5	1
121	0,2	0,4	0,5	0,5	1
122	0,2	0,4	0,5	0,5	1
123	0,2	0,4	0,5	0,5	1
124	0,2	0,4	0,5	0,5	1
125	0,2	0,4	0,5	0,5	1
126	0,2	0,4	0,5	0,5	1
127	0,2	0,4	0,5	0,5	1
128	0,2	0,4	0,5	0,5	1
129	0,2	0,4	0,5	0,5	1
130	0,2	0,4	0,5	0,5	1
131	0,2	0,4	0,5	0,5	1
132	0,2	0,4	0,5	0,5	1
133	0,2	0,4	0,5	0,5	1
134	0,2	0,4	0,5	0,5	1
135	0,2	0,4	0,5	0,5	1
136	0,2	0,4	0,5	0,5	1
137	0,2	0,4	0,5	0,5	1
138	0,2	0,4	0,5	0,5	1
139	0,2	0,4	0,5	0,5	1

140	0,2	0,4	0,5	0,5	1
141	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4
142	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4
143	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4
144	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4
145	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4
146	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4
147	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4
148	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4
149	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4
150	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4
151	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4
152	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4
153	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4
154	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4
155	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4
156	0,2	0,4	NA	NA	0,4
157	0,2	0,4	NA	NA	0,4
158	0,2	0,4	NA	NA	0,4
159	0,2	0,4	NA	NA	0,4
160	0,2	0,4	NA	NA	0,4
161	0,2	0,4	NA	NA	0,4
162	0,2	0,4	NA	NA	0,4
163	0,2	0,4	NA	NA	0,4
164	0,2	0,4	NA	NA	0,4
165	0,2	0,4	NA	NA	0,4
166	0,2	0,4	NA	NA	0,4
167	0,2	0,4	NA	NA	0,4
168	0,2	0,4	NA	NA	0,4
169	0,2	0,4	NA	NA	0,4
170	0,2	0,4	NA	NA	0,4
171	0,2	0,4	NA	NA	0,4
172	0,2	0,4	NA	NA	0,4
173	0,2	0,4	NA	NA	0,4
174	0,2	0,4	NA	NA	0,4
175	0,2	0,4	NA	NA	0,4
176	0,2	0,4	NA	NA	0,4
177	0,2	0,4	NA	NA	0,4
178	0,2	0,4	NA	NA	0,4
179	0,2	0,4	NA	NA	0,4
180	0,2	0,4	NA	NA	0,4
181	0,2	0,4	NA	NA	0,4
182	0,2	0,4	NA	NA	0,4
183	0,2	0,4	NA	NA	0,4
184	0,2	0,4	NA	NA	0,4
185	0,2	0,4	NA	NA	0,4

186	0,2	0,4	NA	NA	0,4
187	0,2	0,4	NA	NA	0,4
188	0,2	0,4	NA	NA	0,4
189	0,2	0,4	NA	NA	0,4
190	0,2	0,4	NA	NA	0,4
191	0,2	0,4	NA	NA	0,4
192	0,2	0,4	NA	NA	0,4
193	0,2	0,4	NA	NA	0,4
194	0,2	0,4	NA	NA	0,4
195	0,2	0,4	NA	NA	0,4
196	0,2	0,4	NA	NA	0,4
197	0,2	0,4	NA	NA	0,4
198	0,2	0,4	NA	NA	0,4
199	0,2	0,4	NA	NA	0,4
200	0,2	0,4	NA	NA	0,4
201	0,2	0,4	NA	NA	0,4
202	0,2	0,4	NA	NA	0,4
203	0,2	0,4	NA	NA	0,4
204	0,2	0,4	NA	NA	0,4
205	0,2	0,4	NA	NA	0,4
206	0,2	0,4	NA	NA	0,4
207	0,2	0,4	NA	NA	0,4

ANNEXE VII. POSITION DES STATIONS ET ZONATION POUR L'ÉTABLISSEMENT DE LA MARGE D'ERREUR



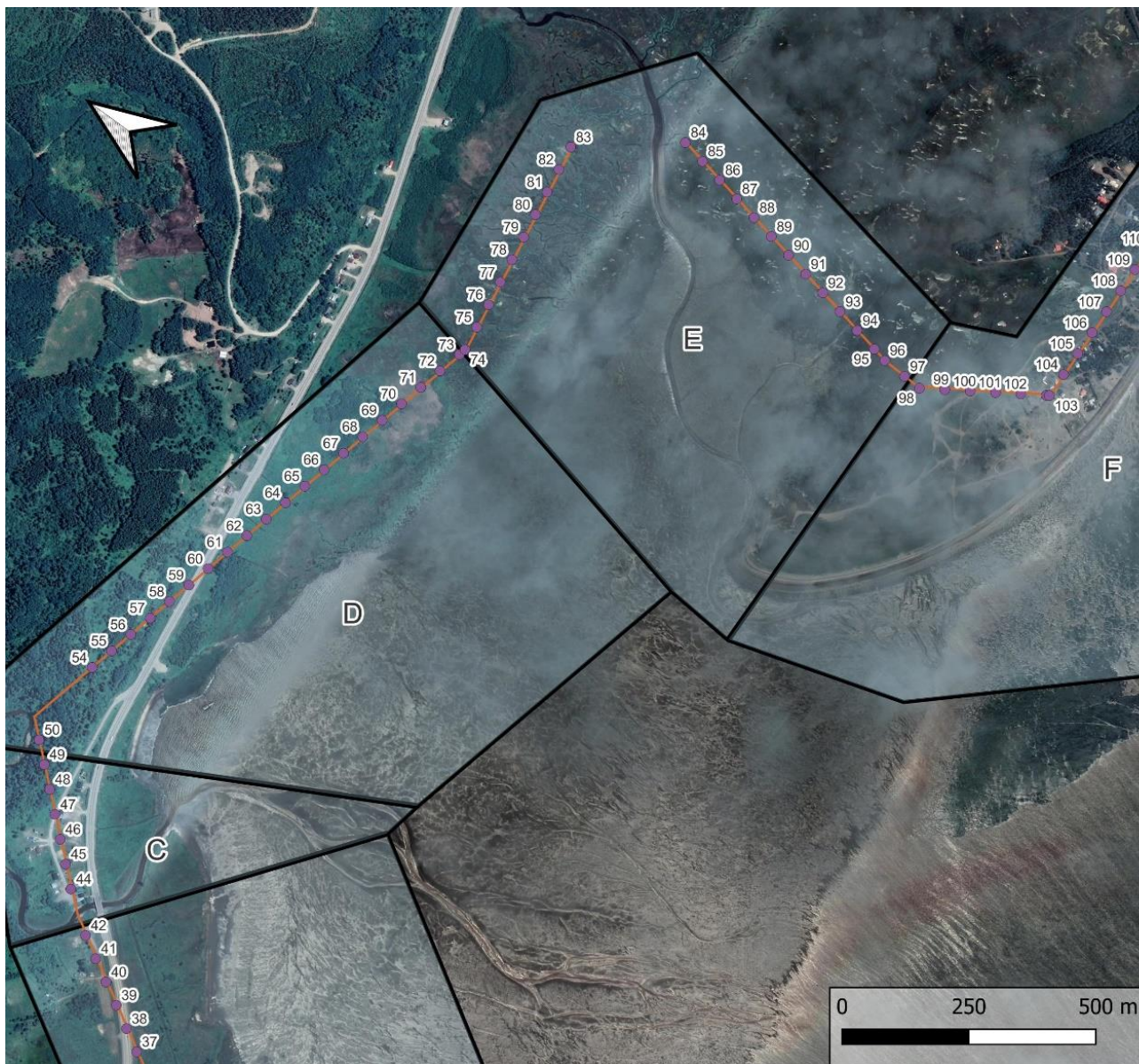
Photointerprétation
Position des stations dans le
secteur de Saint-Paul-du-Nord

Légende

- Stations
- Zone retenue pour l'estimation de l'erreur
- Segment-repère



Conception : Comité ZIP RNE
Réalisé en : août 2023
Source : Google satellite
CRS : NAD83(CSRS) / UTM zone 19N
Échelle 1:14 000
Édouard Fillion



Photointerprétation
Position des stations dans le
secteur de la baie de
Mille-Vaches

Légende

- Stations
- Zone retenue pour l'estimation de l'erreur
- Segment-repère



Conception : Comité ZIP RNE
 Réalisé en : août 2023
 Source : Google satellite
 CRS : NAD83(CSRS) / UTM zone 19N
 Échelle 1:15 000
 Édouard Fillion



Photointerprétation
Position des stations dans le
secteur du Goulet

Légende

- Stations
- Zone retenue pour l'estimation de l'erreur
- Segment-repère



Conception : Comité ZIP RNE
 Réalisé en : août 2023
 Source : Google satellite
 CRS : NAD83(CSRS) / UTM zone 19N
 Échelle 1:30 000
 Édouard Fillion



À propos du Comité ZIP Rive Nord de l'Estuaire (RNE)

Le Comité ZIP de la Rive Nord de l'Estuaire est un organisme sans but lucratif voué à la protection et à la mise en valeur du fleuve Saint-Laurent ainsi que des habitats littoraux le bordant. Le territoire du Comité ZIP RNE comprend toute la rive nord de l'estuaire maritime, soit de Tadoussac jusqu'à Baie-Trinité.

Comité ZIP Rive Nord de l'Estuaire
31 avenue Marquette
Baie-Comeau (Québec)
Canada G4Z 1K4
Tél. : 418-296-0404

<https://zipnord.qc.ca>