

Caractérisation biophysique de l'Île aux Grues (secteur de la cédrière)

Rapport final – Jalon 2



Mars 2020



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

Équipe de réalisation

Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire

Jonathan Pothier, Biologiste et chargé de projet

Francis Bonnier Roy, Géomorphologue côtier

Roxanne Noël, Biologiste

Philippe Bois, Technicien en écologie appliquée et géomatique

Jean-Étienne Joubert, Naturaliste

Félix Lafond, Technicien

Samuel Bolduc, Technicien

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

Partenaires

Pêches et Océans Canada

Ministère de la Faune, des Forêts et des Parcs

Municipalité de Saint-Antoine-de-l'Isle-aux-Grues

Municipalités régionales de comté (MRC) de Montmagny

Comité de révision

Étienne Bachand, directeur adjoint du Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire

Remerciements

Nous tenons à remercier la municipalité de Saint-Antoine-de-l'Isle-aux-Grues et tout particulièrement son maire Pierre Gariépy et sa directrice générale Hélène Painchaud pour leur soutien et leurs conseils. Nous remercions chaleureusement Catherine Plante de la MRC de Montmagny pour ses conseils avisés et son enthousiasme à collaborer à ce projet de restauration à l'île aux Grues, territoire qui lui tient à cœur.

Nous remercions également, Nicole Ferland et Gilles Tardif, propriétaires de l'auberge la Maison du Grand Héron à l'île aux Grues, pour leur accueil amical pendant nos inventaires. Nous les remercions aussi d'avoir gentiment accepté de nous laisser installer une caméra de suivi sur leur terrain pour nous permettre de suivre le comportement du secteur face aux aléas côtiers.

Citation recommandée :

Pothier, J., Bonnier Roy, F. et Noël, R. 2019. Caractérisation biophysique de l'île aux Grues (secteur de la cédrière), Rapport final. Rimouski. Québec. p. 69

Table des matières

Résumé.....	8
Mise en contexte.....	9
Description de l'air d'étude	11
1.1 Localisation de l'air d'étude.....	11
1.2 Géologie et contexte glacière	13
1.3 Conditions hydrodynamiques	16
1.3.1 Vagues et transport sédimentaire.....	16
1.3.2 Marées	17
1.3.3 Glaces.....	18
1.4 Habitats naturels d'intérêts	19
1.5 Occupation du sol.....	21
Méthodologie.....	23
2.1 Caractérisation biologique	23
2.1.1 Inventaire floristique	23
2.1.2 Inventaire ichtyologique	25
2.1.3 Inventaire ornithologique.....	27
2.2 Caractérisation géomorphologique.....	28
2.2.1 Segmentation de la zone côtière	28
2.2.2 Évolution historique de la côte.....	29
2.2.3 Caméra de suivi	30
Résultats	31
3.1 Caractérisation biologique	31
3.1.1 Inventaire floristique	31

Inventaire ichtyologique.....	41
3.1.2 Inventaire ornithologique.....	45
3.2 Caractérisation géomorphologique.....	47
3.2.1 Segmentation de la zone côtière	47
3.2.2 Évolution historique de la côte.....	52
Synthèse des résultats	56
Conception et aménagement	57
1. Présentation générale des travaux.....	57
2. Préparation et nettoyage du site	58
3. Contrôle et éradication de la colonie de roseaux communs.....	59
4. Revégétalisation de la zone excavée et des zones dénudées.....	62
Calendrier des travaux et du suivi.....	64
Conclusion.....	65
Références	66
Annexes.....	70

Liste des figures

Figure 1. Emplacement du secteur à l'étude et de la zone de restauration projetée	11
Figure 2. Bathymétrie, hydrographie et types de milieu humide du secteur à l'étude à l'île aux Grues.....	12
Figure 3. Affleurement de roches sédimentaires visible par endroits au travers du marais saumâtre dans le secteur du haut marais (Crédit photo : Hubert Pelletier, Conservation de la nature).....	14
Figure 4. Carte géologique et pédologique de l'île aux Grues. (Sources : Hubert, 1967 ; St-Julien, 1973 ; Ministère de l'Agriculture du Québec, 1979, et Lebel, 1990)	15
Figure 5. Cellule hydrosédimentaire du secteur autour de la zone de restauration projetée	17
Figure 6. Territoires à statut particulier de l'île aux Grues et des îles voisines	19
Figure 7. Carte des espèces floristiques et fauniques à statut particulier dans le secteur de la zone d'étude.....	20
Figure 8. Répartition de l'habitat d'espèces de poisson se retrouvant dans la zone à l'étude.	21
Figure 9. Occupation du sol sur le territoire de la zone de restauration projetée à l'île aux Grues.....	22
Figure 10. Point de contrôle d'identification floristique.....	24
Figure 11. Secteur couvert lors de l'inventaire floristique.	25
Figure 12. Zone de pêche des inventaires à la senne et au verveux, septembre 2019	26
Figure 13. Photos des engins utilisés lors de l'inventaire ichtyologique du 24 au 27 septembre 2019. Photo du haut : trait de senne. Photo du bas : verveux.....	27
Figure 14. Caméra de suivi installé à l'ouest du site.	30
Figure 15. Schorre inférieur	32
Figure 16. Schorre médian	33
Figure 17. Schorre supérieur	35
Figure 18. Prairie humide.....	37

Figure 19. Muret de soutènement.....	38
Figure 20. Haut marais, zone perturbée.....	39
Figure 21. Quelques espèces de poissons capturés lors de l’inventaire, septembre 2019.....	41
Figure 22. Nombre de poissons capturés à la senne et au verveux, septembre 2019.	44
Figure 23. Taille moyenne des poissons capturés lors de l’inventaire, septembre 2019.....	45
Figure 24. Type de côte et graphique synthèse de la zone à l’étude, île aux Grues..	47
Figure 25. Roches sédimentaires affleurant par endroits sur la batture à proximité du Bateau Ivre.....	48
Figure 26. Artificialités sur la côte et graphique synthèse de la zone à l’étude, île aux Grues	50
Figure 27. État de la côte et graphique synthèse de la zone à l’étude, île aux Grues	52
Figure 28. Évolution historique de la ligne de rivage du secteur de Saint-Antoine-de-l’Isle-aux-Grues.....	55
Figure 29. Zones dénudées et parcelle de phragmite à revégétaliser à l’île aux Grues	57
Figure 30. Gros déchets de béton et métalliques présents sur la zone de restauration projetée	59
Figure 31. Colonie de roseaux communs aperçue à partir de la plage, sur la zone de restauration projetée à l’île aux Grues.	60
Figure 32. Excavation d’une colonie de renouée du Japon en 2018, Notre-Dame-du-Portage	60
Figure 33. Dispositif de plantation mixte de saules sp.	63

Liste des tableaux

Tableau 1. Données hydrographiques de l'île aux Grues. Toutes ces hauteurs sont en fonction du niveau zéro des cartes (Source : Pêches et Océans Canada).	18
Tableau 2. Plantes inventoriées dans le schorre inférieur.	32
Tableau 3. Plantes inventoriées dans le schorre médian.	34
Tableau 4. Plantes inventoriées dans le schorre supérieur.	36
Tableau 5. Inventaire floristique exhaustif.....	39
Tableau 6. Température de l'eau lors de l'inventaire de poissons, septembre 2019.	42
Tableau 7. Taille moyenne, minimum et maximum des poissons capturés, septembre 2019.....	43
Tableau 8. Espèces d'oiseaux observés près du site de restauration en juillet et septembre 2019.	46
Tableau 9. Taux de déplacement historiques moyens du site à l'étude et de la zone de restauration projetée	54
Tableau 10. Calendrier de réalisation des travaux de restauration et de plantations	64

Résumé

Le secteur de la cédrière à l'île aux Grues possède une diversité d'habitats côtiers essentiels pour la faune aviaire et ichthyenne : une plage étroite de gravier et d'argile, un schorre supérieur et un schorre inférieur d'un marais saumâtre. La présence de zones dégradées et dénudées à travers la végétation dans le schorre inférieur et sur la plage a amené l'équipe du Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, en collaboration avec la municipalité de Saint-Antoine-de-l'Isle-aux-Grues, à réaliser une caractérisation de la cellule hydrosédimentaire. L'objectif principal est de déterminer un site potentiel pour la restauration de l'habitat du poisson dans le cadre d'un projet financé par Pêches et Océans Canada. La caractérisation biologique et géomorphologique fut réalisée durant l'été 2019.

La caractérisation du territoire a permis d'obtenir un portrait global et actuel du secteur d'étude à l'île aux Grues. Les grands ensembles de végétation ont été cartographiés. Malgré la présence de dégradation dans certains secteurs et d'une zone importante de plante exotique envahissante, ceux-ci semblent en bonne santé. Des inventaires de la faune et de la flore ont permis d'avoir une idée des espèces présentes dans ce secteur.

L'analyse de photographies aériennes anciennes et récentes a permis de constater les tendances de l'évolution historique de la ligne de rivage qui ont généré la morphologie actuelle de la côte. Les résultats ont démontré que le secteur est historiquement stable par sa nature de falaise rocheuse. Les taux d'érosion se situent entre -4,6 m/an et +3,6 m/an sur l'ensemble du secteur à l'étude avec des moyennes variant entre -0,5 m/an et -0,3 m/an.

Les caractéristiques étudiées ont été des informations cruciales pour comprendre la dynamique du système et proposer un projet de restauration d'habitat adapté au milieu. Afin de limiter le phénomène d'érosion et d'améliorer la capacité de résilience du milieu, un projet de végétalisation d'arbustes indigènes dans le schorre supérieur du marais, associé au contrôle d'une colonie de roseaux communs est prévu pour l'été 2020. Ainsi les travaux prévus auront pour objectif de conserver un habitat du poisson en santé dans le secteur visé.

Mise en contexte

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

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

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

Le secteur ciblé à l'île aux Grues fait partie des sites à restaurer dans le cadre de ce présent projet. Ce secteur comprend un écosystème riche puisqu'on y retrouve un environnement diversifié et idéal pour la faune ichthyenne, composé d'une conjonction d'habitats complémentaires, soit une plage étroite de gravier et d'argile, d'un schorre supérieur et inférieur d'un marais saumâtre. Plusieurs espèces de poisson, mais également d'oiseaux

utilisent ces différents habitats pour se nourrir, grandir et se cacher des prédateurs. Les marais saumâtres sont d'ailleurs considérés comme des milieux d'importance écologique créant des conditions propices à la biodiversité et à la productivité. Cependant, ces marais subissent des pressions associées aux activités humaines et aux effets des changements climatiques qui menacent leur intégrité et agissent comme des facteurs de stress pouvant nuire aux populations animales et végétales qui en dépendent.

Les principaux effets pouvant causer préjudice à l'intégrité écologique des marais maritimes sont leur envahissement par des plantes exotiques envahissantes comme le roseau commun et l'érosion côtière.

La première étape du projet de restauration côtière du secteur de la cédrière à l'île aux Grues est de réaliser une caractérisation biophysique du milieu côtier. Cette étape est cruciale afin d'identifier les actions adéquates à entreprendre en fonction des caractéristiques du milieu. Les caractéristiques du milieu se déclinent en deux volets :

1. Caractérisation biologique par un inventaire ichtyologique, floristique et ornithologique ;
2. Caractérisation géomorphologique par l'évolution historique de la côte grâce à la photo-interprétation, la caractérisation de la côte.

Cette première étape mènera aux travaux de restauration qui s'effectueront à l'été 2020. Un suivi des travaux sera par la suite réalisé pour les deux prochaines années.

Description de l'air d'étude

1.1 Localisation de l'air d'étude

La zone à l'étude est située sur la rive nord de l'île aux Grues, dans la municipalité de Saint-Antoine-de-l'Isle-aux-Grues (**Figure 1**). L'île, située à 60 km à l'est de la ville de Québec, se trouve dans la MRC de Montmagny dans la région de Chaudière-Appalaches. Elle fait 10 km de longueur sur 2 km de largeur en y incluant les battures. La zone de restauration projetée est située entre le chemin du quai dans le village de Saint-Antoine-de-l'Isle-aux-Grues et la pointe La Baratte.

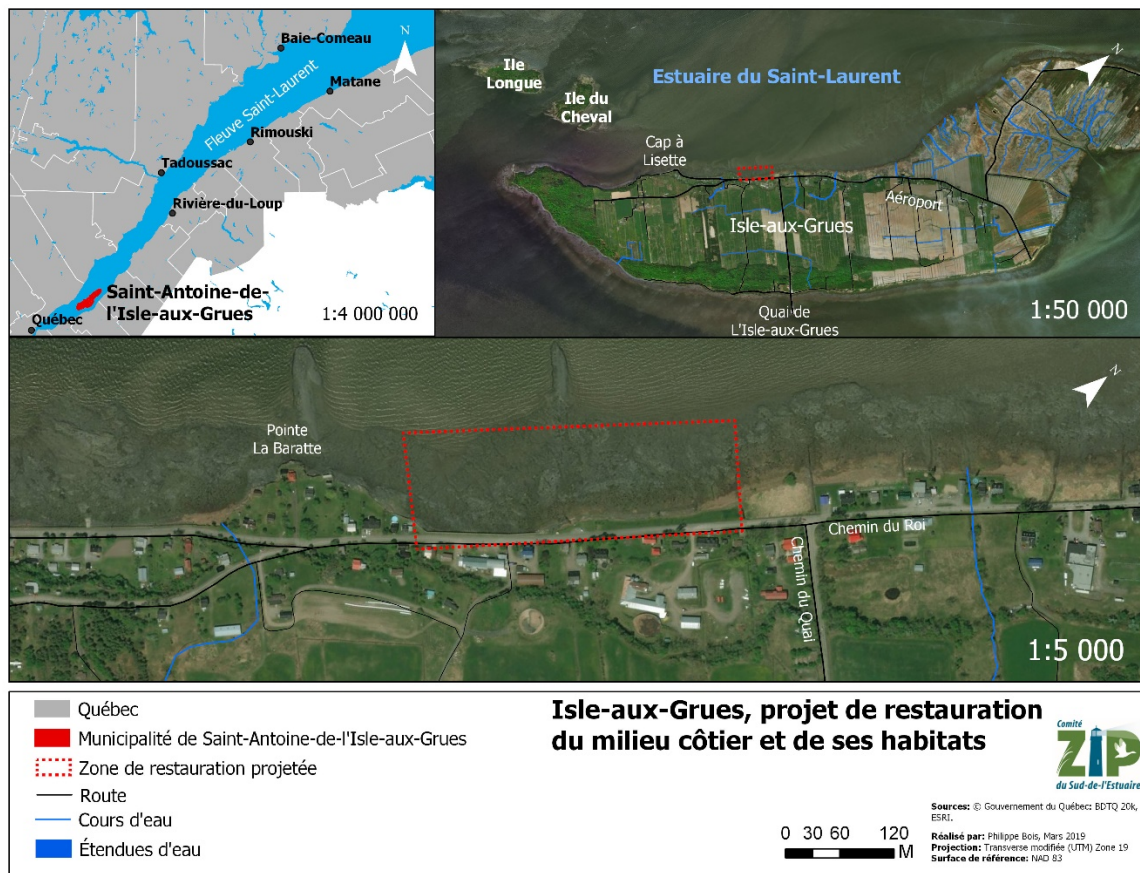


Figure 1. Emplacement du secteur à l'étude et de la zone de restauration projetée

L'archipel de L'Isle-aux-Grues comprend 21 îles dont les principales sont l'île aux Grues, l'île aux Oies et Grosse-Île. l'île aux Grues possède une vaste zone intertidale qui s'étend sur plusieurs centaines de mètres vers le fleuve (**Figure 2**). Cette grande zone où l'eau est peu profonde permet le développement de vastes marais côtiers saumâtres, de zones marécageuses et de prairies humides. L'île ne possède pas de bassin versant, mais plusieurs petits cours d'eau naturels ou artificiels (canaux de drainage agricole) se jettent dans l'estuaire du Saint-Laurent.

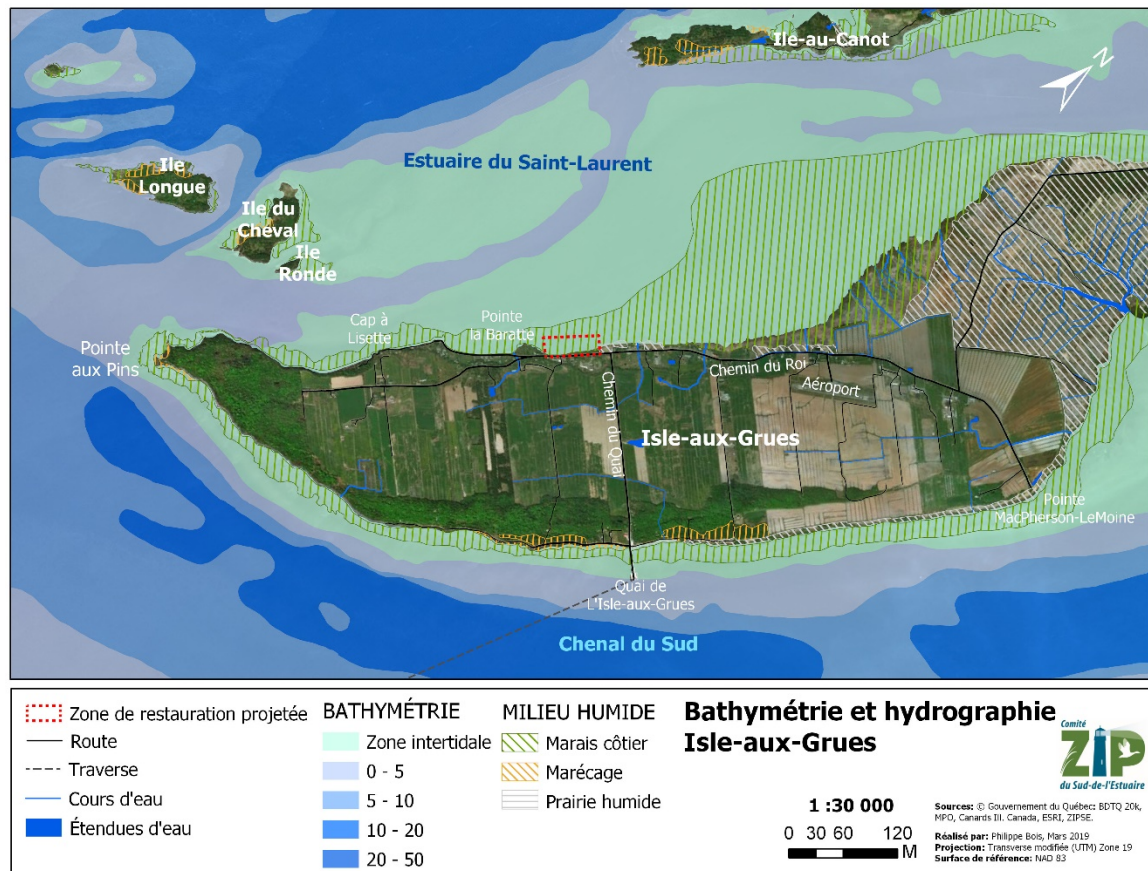


Figure 2. Bathymétrie, hydrographie et types de milieu humide du secteur à l'étude à l'île aux Grues

1.2 Géologie et contexte glacière

l'île aux Grues et l'Isle-aux-Oies sont les deux principales îles qui forment cet archipel dont leur origine géologique est la formation des Appalaches datant du Paléozoïque (350 millions d'années) (**Figure 4**). Ces îlots de roches sédimentaires (mudstone, shale, grès, etc.) ont favorisé la formation d'un habitat appelé le haut marais situé dans une zone basse entre l'Isle-aux-Grues à l'Isle-aux-Oies (Plante, 2003) (**Figure 4**). L'hypothèse la plus plausible est que le relief rocheux a permis de protéger ce secteur des courants et ainsi favoriser l'accumulation de sédiments entre les deux îles. En effet, l'archipel de L'Isle-aux-Grues a subi, lors de la dernière déglaciation de l'Inlandsis laurentidien (vers 13 500 BP), une submersion marine de ses terres par la mer de Goldthwait (Dionne, 1977). Avec le temps, un tombolo de sédiments s'est formé entre l'île aux Grues et l'île aux Oies ce qui aurait favorisé la formation du haut-marais sur cette nouvelle surface plane. Par la suite, le relèvement isostatique aurait permis un abaissement du niveau de la mer et contribué à l'expansion du marais saumâtre de chaque côté du tombolo. Avec le recul du niveau de la mer, la prairie humide actuelle, le schorre supérieur, inférieur et la slikke de chaque côté de cet archipel de L'Isle-aux-Grues ont pu se développer (Argus, 2002). Les dépôts de surface sur la partie terrestre de l'île sont édifiés sous forme d'anciennes plages d'origine glaciomarine déposées à l'époque de la mer de Goldthwait (Strahler et Archibold 2008).



Figure 3. Affleurement de roches sédimentaires visible par endroits au travers du marais saumâtre dans le secteur du haut marais (Crédit photo : Hubert Pelletier, Conservation de la nature).

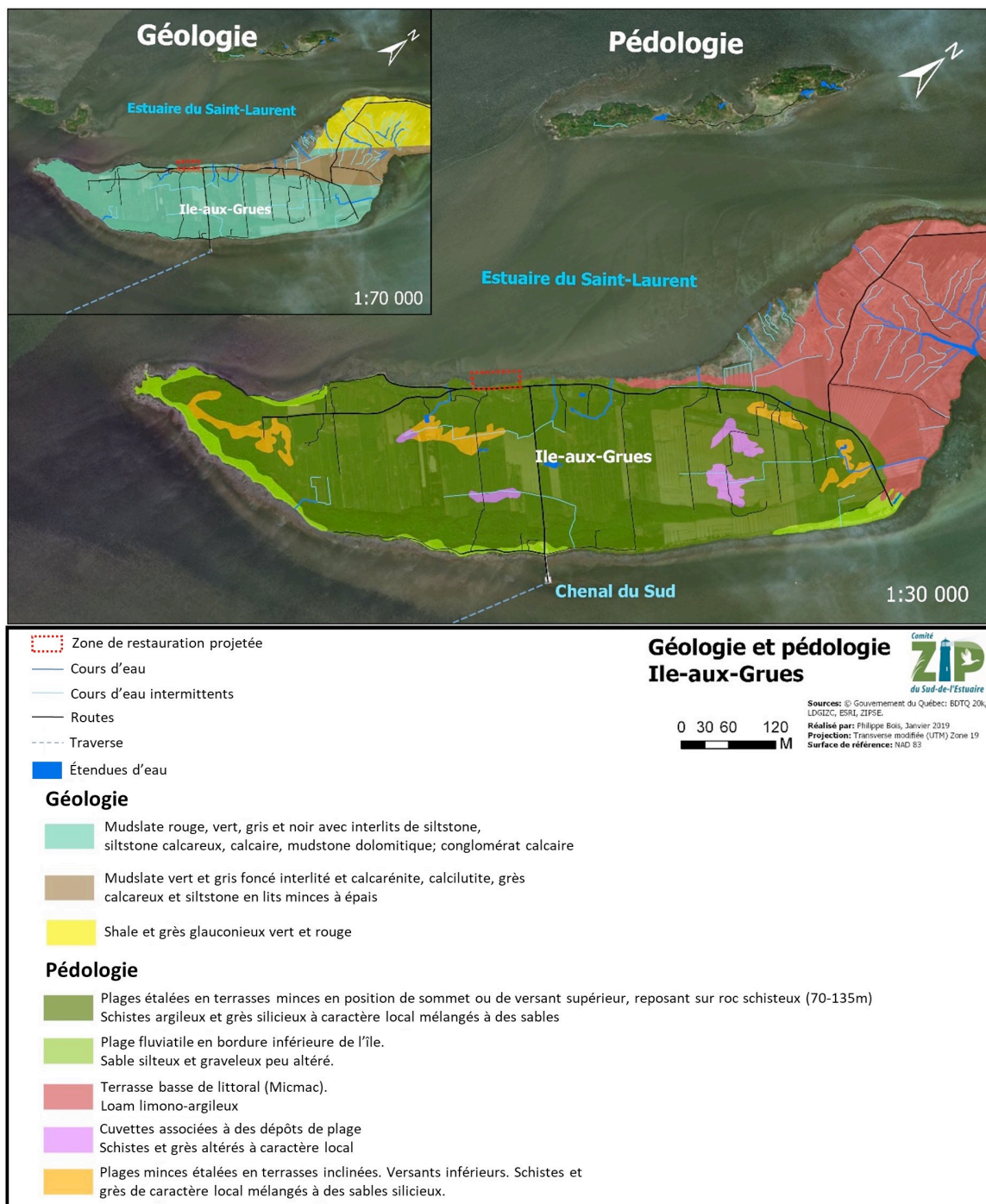


Figure 4. Carte géologique et pédologique de l'île aux Grues. (Sources : Hubert, 1967 ; St-Julien, 1973 ; Ministère de l'Agriculture du Québec, 1979, et Lebel, 1990)

1.3 Conditions hydrodynamiques

1.3.1 Vagues et transport sédimentaire

l'île aux Grues est située dans une zone très dynamique et de turbidité maximale du Saint-Laurent, appelée bouchon vaseux, où les eaux douces et saumâtres se mélangent grâce à des courants de marée de forte intensité (Saucier et coll., 2009 ; Simons et coll., 2010; St-Onge, 2010). Dans cette zone de brassage intense, les sédiments sont remis en suspension ce qui augmente la turbidité et réduit la pénétration de la lumière dans la colonne d'eau (Winkler et coll., 2003; Simons et coll., 2006; St-Onge, 2010). Dans l'estuaire moyen du Saint-Laurent, il est admis que les secteurs protégés en zone côtière, tels que les baies ou les battures peu profondes, peuvent séquestrer une partie des sédiments fins en transit (Centre Saint-Laurent, 1996).

En ce qui concerne l'hydrodynamisme local à proximité du site d'intervention, la présence des îles de l'archipel de L'Isle-aux-Grues limite le fetch et par le fait même l'exposition aux vagues. Néanmoins, Dionne (2000) mentionnait que dans le secteur de Montmagny, les vagues et les marées exposent, hors de la saison hivernale, la microfalaise régulièrement durant huit à dix heures par jour. Par conséquent, ce sont les principaux agents érosifs en dehors des glaces hivernales.

La cellule hydrosédimentaire dans laquelle se situe la zone d'intervention fait environ 8,75 kilomètres linéaires. Elle est délimitée par la presqu'île du Petit Cochon au nord-est et au sud-ouest par le Bateau Ivre. De ce côté de l'île, le chenal entre l'île aux Grues et l'Île-au-Canot ainsi que l'Île-du-Cheval concentre des courants de marée d'une grande vitesse. En ce qui a trait à la dérive littorale principale, elle se produit du nord-est vers le sud-ouest. De manière plus inhabituelle, un courant secondaire accomplit une dérive littorale dans le sens opposé soit du sud-ouest vers le nord-est.

Les courants de marée ont aussi une grande incidence en contribuant à la sédimentation de la slikke (battere), tandis que les vagues et les glaces ont un rôle à jouer sur l'érosion de la microfalaise du marais intertidal et l'arrachement des radeaux de schorres.

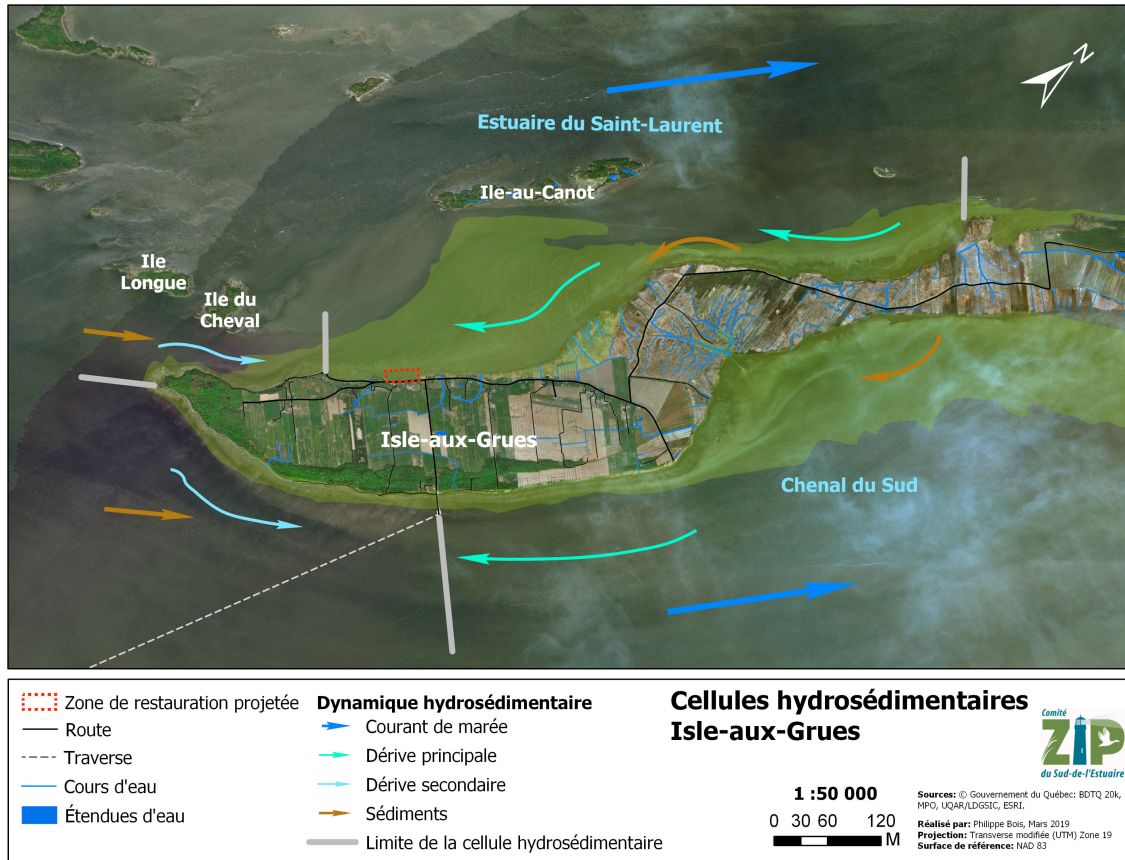


Figure 5. Cellule hydrosédimentaire du secteur autour de la zone de restauration projetée

1.3.2 Marées

Les informations concernant la marée et les niveaux d'eau sont importantes pour les interventions prévues sur la zone de restauration. Les données hydrographiques les plus près se situent à vingt-sept kilomètres au nord-est du site de restauration projeté à la station du port de Saint-Jean-Port-Joli (**Tableau 1**). Ce secteur est soumis à un cycle de marée de type semi-diurne, dont le marnage est de 4,8 m en période de marée moyenne, à 6,4 m lors de grande marée au-dessus du zéro des cartes.

Tableau 1. Données hydrographiques de l'île aux Grues. Toutes ces hauteurs sont en fonction du niveau zéro des cartes¹ (Source : Pêches et Océans Canada).

Localité	Isle-aux-Grues		
Port de référence	Saint-Jean-Port-Joli		
Station	3180		
Type de marée	Semi-diurne		
Marnage	Marée moyenne		4,8 m
	Grande marée		6,4 m
Hauteur	Pleine mer supérieure	Marée moyenne	5,3 m
		Grande marée	6,3 m
	Basse mer inférieure	Marée moyenne	0,5 m
		Grande marée	-0,1 m
Extrêmes enregistrés	Extrême de pleine mer		-
	Extrême de basse mer		-
Niveau moyen des mers			2,8 m

Il est important de considérer les impacts des changements climatiques sur les niveaux d'eau observés. Au niveau mondial, on observe une amplification des aléas côtiers causée principalement par l'élévation du niveau marin, l'une des conséquences les plus discutées du réchauffement climatique (GIEC, 2019).

1.3.3 Glaces

Dans le secteur de l'île aux Grues, la banquise côtière qui entoure l'île se forme généralement en décembre et se disloque en avril (Bureau des glaces de la Garde côtière canadienne). Selon Plante (2003), l'action des glaces au printemps est un des facteurs les plus importants d'érosion côtière. L'érosion de la batture par les glaces

¹ Le zéro des cartes (ou zéro hydrographique) correspond au niveau atteint par les plus basses mers. Pour avoir la valeur géodésique (CGVD28), soustraire 1,984 m aux altitudes ci-dessus.

peut former des sillons dans le marais et créer de l'arrachement glacial sur la végétation des schorres lorsque les blocs de glace sont déplacés par les vagues et courants de marée, créant ainsi des marelles (Dionne, 1985 ; Dionne et Bouchard, 2000). Lors de la débâcle, de l'arrachement au niveau de la microfalaise par le pied de glace peut aussi avoir lieu. Dionne (2000) mentionnait qu'à Montmagny, les glaces étaient responsables de 25 à 30 % de l'érosion totale du littoral.

1.4 Habitats naturels d'intérêts

l'île aux Grues possède un très grand nombre de territoires à statut particulier (Figure 6). La zone de restauration projetée se situe à l'intérieur de l'aire de concentration d'oiseaux aquatiques (ACOA) de l'anse de l'île-aux-Grues. La zone se retrouve également dans un territoire exclusif de chasse de la Corporation de la sauvagine de L'Isle-aux-Grues. De plus, celle-ci fait partie de la zone importante pour la conservation des oiseaux (ZICO) de l'île aux Grues.

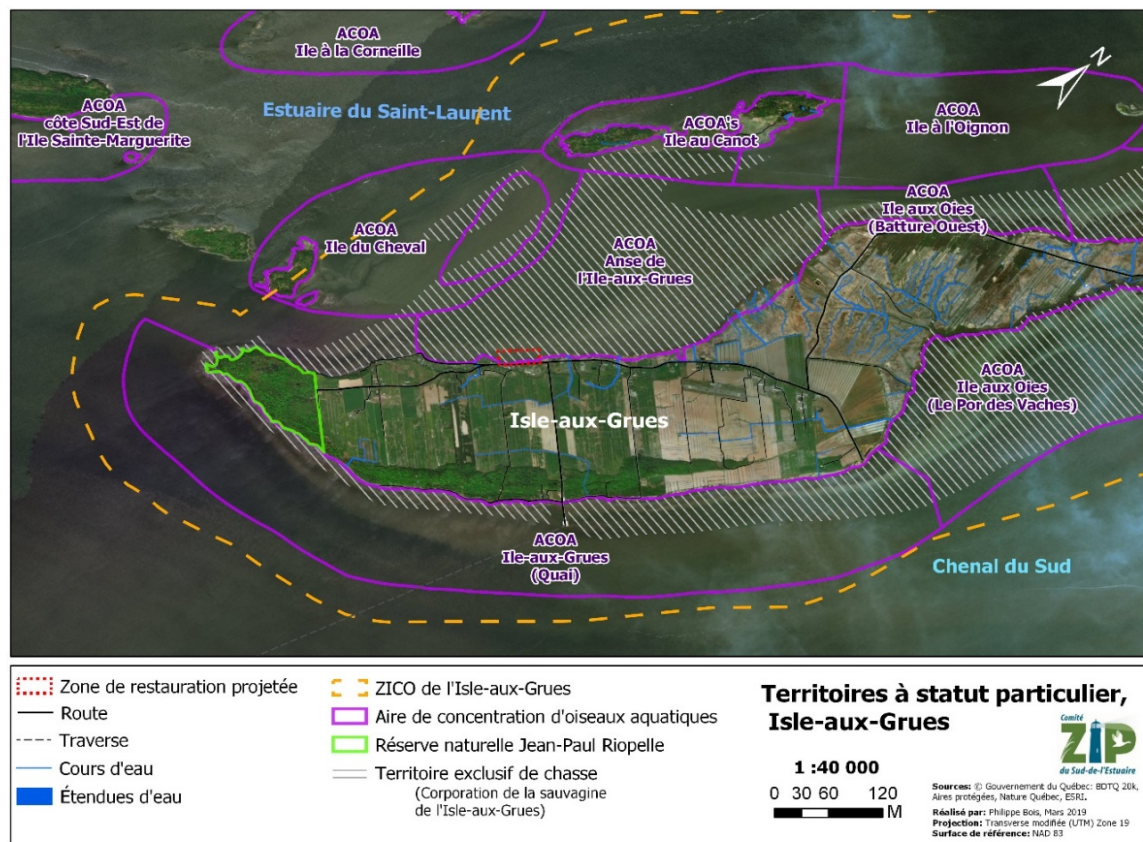


Figure 6. Territoires à statut particulier de l'île aux Grues et des îles voisines

l'île aux Grues est également un environnement très riche en espèces à statut particulier (Figure 7). Aucune espèce qui possède un statut ne se retrouve dans la zone de restauration projetée. Toutefois un peu plus à l'est du site on retrouve de la pédiculaire des marais ainsi qu'une zone où l'habitat est propice pour le hibou des marais, le râle jaune, le bruant de Nelson ainsi que le goglu des prés. À l'ouest de la zone de restauration projetée, on retrouve une zone où l'habitat est propice pour l'esturgeon noir.

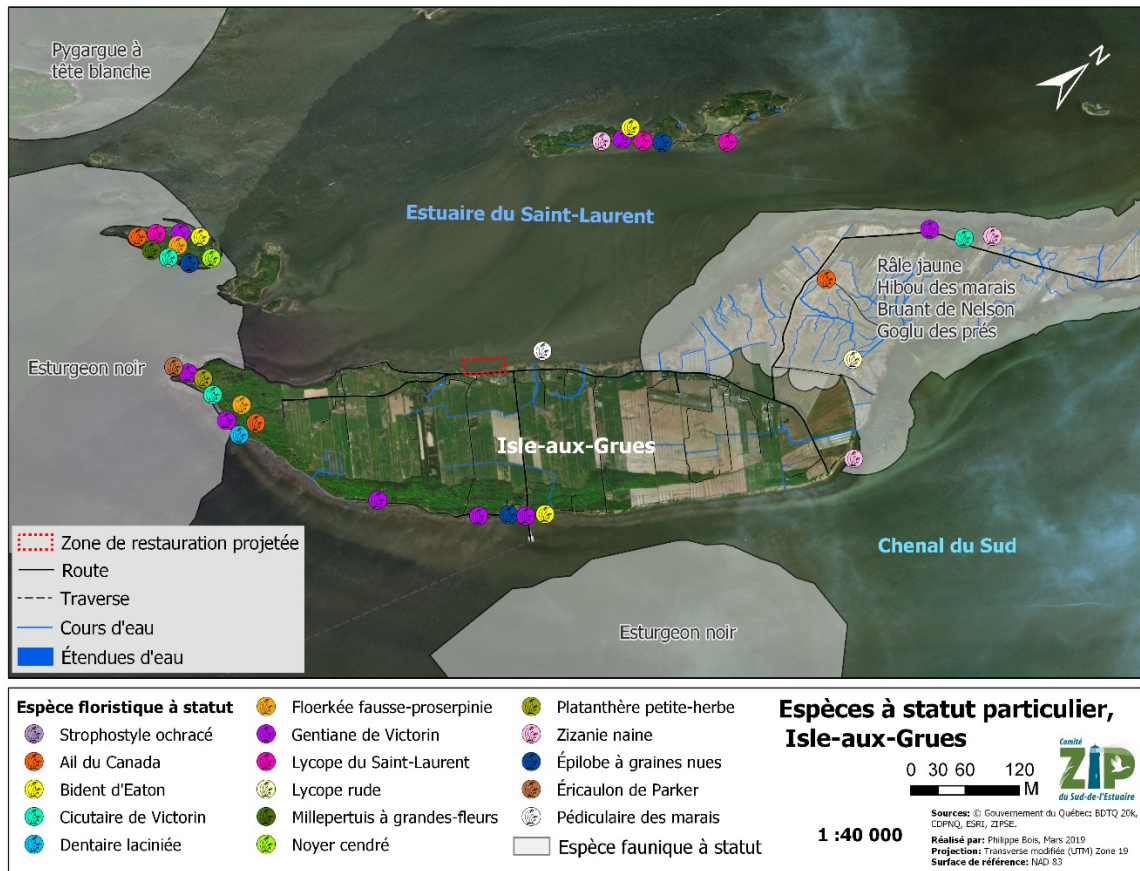


Figure 7. Carte des espèces floristiques et fauniques à statut particulier dans le secteur de la zone d'étude

En ce qui concerne l'habitat du poisson, l'île aux Grues est sur le passage de nombreuses espèces migratoires (Figure 8). Son marais et ses eaux peu profondes font de cette île un endroit idéal pour la croissance de plusieurs juvéniles de diverses espèces de poisson dont plusieurs possèdent un statut particulier.

La zone de restauration projetée fait partie d'une zone de concentration de juvéniles d'éperlan arc-en-ciel, mais également d'une zone de concentration de juvéniles d'aloise savoureuse et d'esturgeon noir.

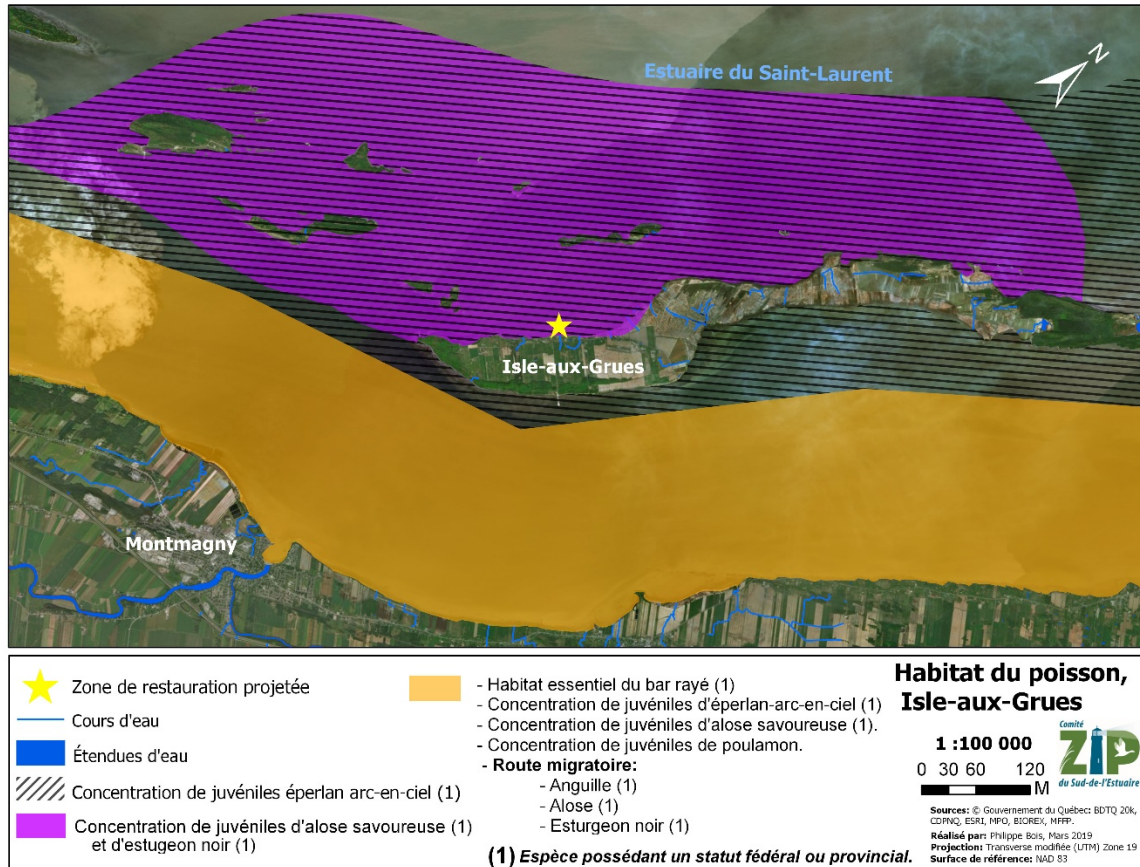


Figure 8. Répartition de l'habitat d'espèces de poisson se retrouvant dans la zone à l'étude.

1.5 Occupation du sol

À l'île aux Grues, l'usage principal du territoire est agricole (**Figure 9**). L'île possède également de grandes étendues de milieux humides, principalement au nord-est de la zone de restauration projetée ainsi que le long de son littoral. Le pourtour de l'île aux Grues comprend en grande partie des marais côtiers pouvant s'étendre sur plusieurs mètres par endroit, particulièrement du côté nord de l'île.

On retrouve également en moins grande superficie des secteurs boisés. Le secteur anthropisé de l'île se concentre principalement sur le versant nord de l'île aux Grues

ou l'on retrouve la municipalité de Saint-Antoine-de-l'Isle-aux-Grues ainsi que l'aéroport. L'île est également légèrement anthropisée sur le versant sud, où est situé le quai du traversier de l'île.

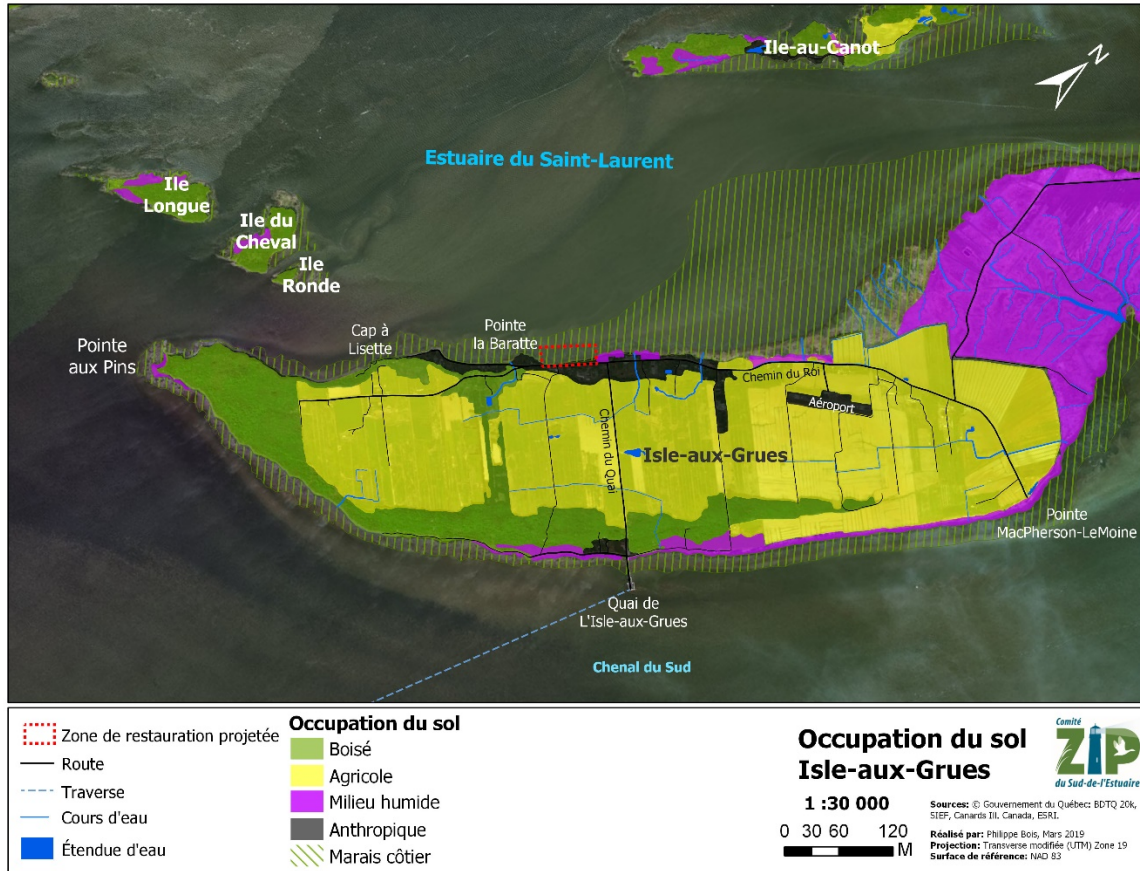


Figure 9. Occupation du sol sur le territoire de la zone de restauration projetée à l'île aux Grues

Méthodologie

La caractérisation du secteur de la cédrière et des environs se divise en deux volets, biologique et géomorphologique. La caractérisation biologique comprend un inventaire botanique, ornithologique et ichtyologique. La caractérisation géomorphologique comprend une segmentation de la zone côtière et une analyse historique de l'évolution de la côte.

2.1 Caractérisation biologique

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

2.1.1 Inventaire floristique

Les inventaires floristiques ont été réalisés le 23 juillet et le 5 septembre 2019. Ils ont été menés de 2 manières, soit en marchant aléatoirement dans les différents habitats en longeant principalement la ligne de rivage, et en réalisant des points de contrôle (Figure 10) dans chaque grande communauté végétale distincte (**Figure 11**).

La ligne de rivage correspond à la limite entre les deux principaux étages du marais, soit l'interface de contact entre l'étage inférieur du marais salé (schorre inférieur) et l'étage supérieur du marais salé (schorre supérieur). Parfois marqué par un talus d'érosion côtière ou une côte végétalisée de transition (schorre médian). Pour l'inventaire de l'habitat de plage, la ligne de rivage est marquée par la limite inférieure de l'élyme des sables d'Amérique. Sa limite supérieure, soit le trait de côte, est indiquée lorsque les plantes maritimes disparaissent au profit de plantes d'eau douce sur le haut de la terrasse de plage et du marais salé végétalisés au début des terres agricoles. Il s'agit alors de la prairie humide. (Source : Etongué Roche et Moufao, 2002; Dionne, 2004 et Gratton et coll. 2007)



Figure 10. Point de contrôle d'identification floristique

Les communautés végétales ont été géolocalisées avec un outil de positionnement géographique de haute précision (Digital Global Positioning System, DGPS). La plupart des espèces ont été identifiées sur place, mais quelques spécimens ont été récoltés pour identification ultérieure. L'identification des plantes se basait sur une multitude de sources (Newcomb, 1983; Fleurbec, 1985 et 1987; Gauthier, 2000; Marie-Victorin, 2001; eFlora.org, 2004; Landry, 2013; Arsenault et coll., 2013; Lapointe, 2014 et FloraQuebeca, 2019) et les dernières mises à jour taxonomiques de Brouillet et coll., 2010. L'identification des limites des zones de végétation de l'hydrosère littorale se base sur la méthode de Bazoges, Lachance et Villeneuve (2015) et celle de Gratton et coll. (2007).

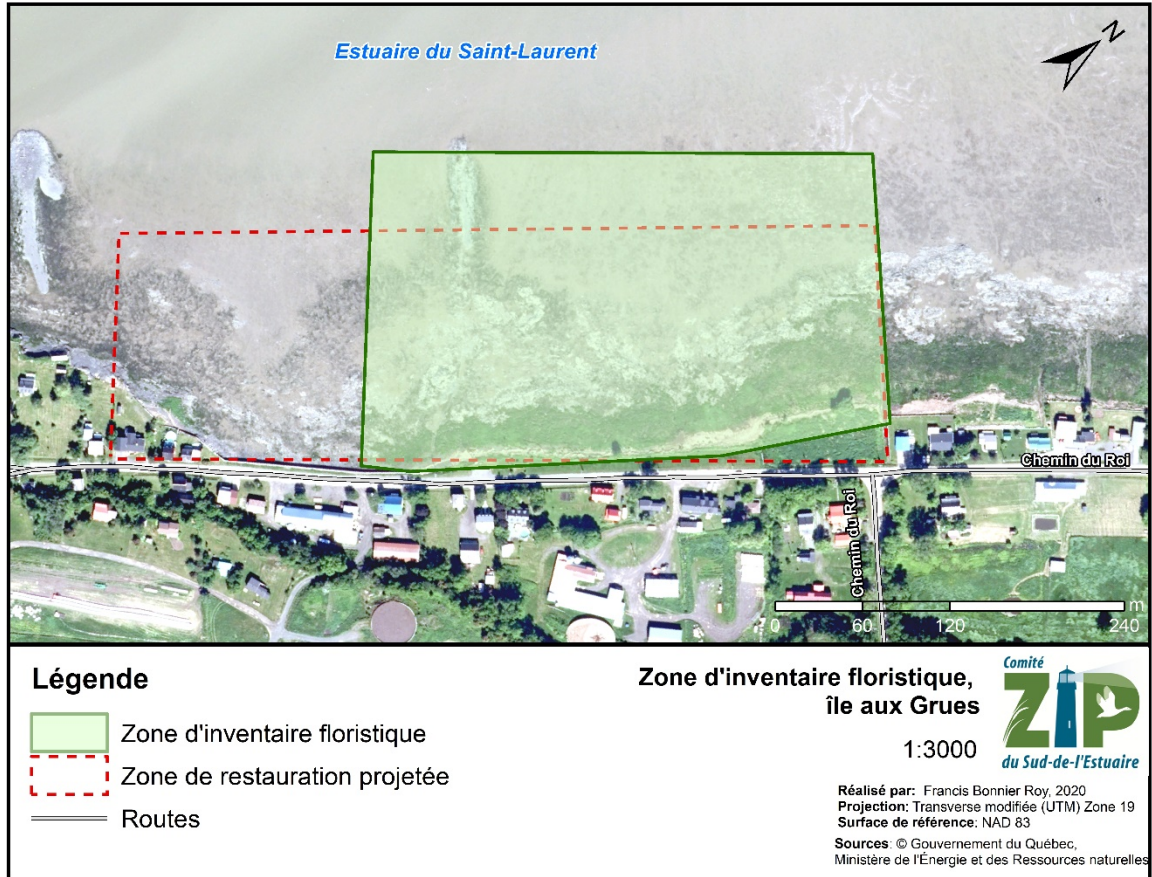


Figure 11. Secteur couvert lors de l'inventaire floristique.

2.1.2 Inventaire ichthyologique

Pendant l'inventaire ichthyologique, deux types d'engins de pêche ont été utilisés. Premièrement, un verveux a été installé pour une période couvrant trois cycles de marée. Une visite de celui-ci, à chaque marée basse, a été faite afin d'identifier, dénombrer et mesurer (trente individus par espèce) directement in situ les poissons capturés. Il y a eu également trois sessions de traits de senne qui ont aussi été réalisées entre chaque visite du verveux. Tout comme pour le verveux, tous les poissons capturés ont été identifiés, dénombrés et mesurés (trente par espèce) in situ. Afin de pouvoir réaliser l'inventaire ichthyologique, deux demandes de permis ont été faites (Figure 12).

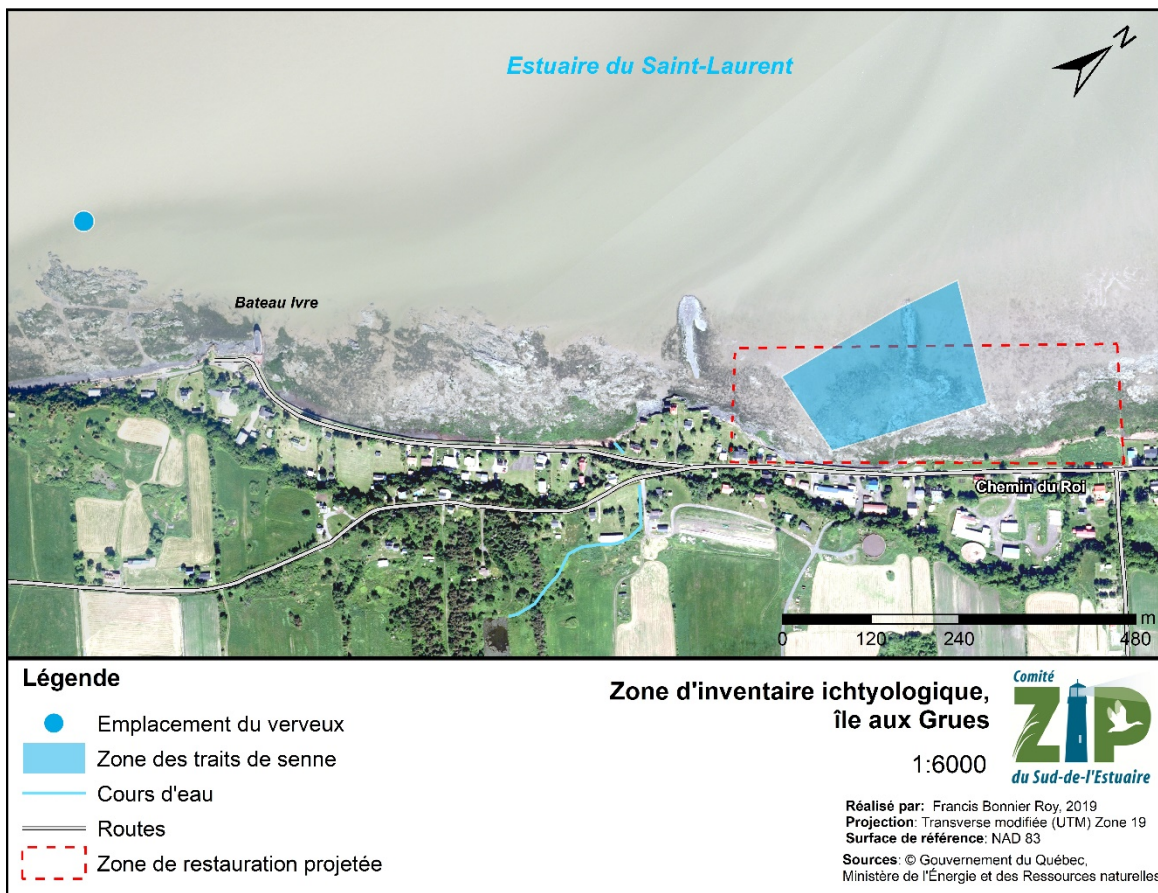


Figure 12. Zone de pêche des inventaires à la senne et au verveux, septembre 2019

Un permis Scientifique, Éducation et Gestion (permis SEG) a été demandé auprès du Ministère de la Faune, des Forêts et des Parcs (MFFP). Un permis de pêche scientifique fut également demandé, cette fois auprès du Ministère Pêche et Océans Canada. La campagne de terrain fut réalisée du 24 au 27 septembre 2019 (Figure 13). Cette période de l'année fut favorisée puisque les juvéniles des espèces de poissons se retrouvant dans le Saint-Laurent sont de plus grandes tailles, donc plus faciles à identifier avec moins de chance de les blesser. Pour plus d'information concernant les méthodes utilisées lors de l'inventaire ichthyologique, veuillez consulter le document « Protocole d'échantillonnage ichthyologique 2018-2022 » (Noël et coll., 2018).



Figure 13. Photos des engins utilisés lors de l'inventaire ichthyologique du 24 au 27 septembre 2019. Photo du haut : trait de senne. Photo du bas : verveux

2.1.3 Inventaire ornithologique

Aucun inventaire systématique n'a été fait pour le secteur visé par la restauration puisque le potentiel avifaunique de l'île est très bien documenté. Il est possible de se référer à la base de données eBird (eBird, 2019) pour avoir une idée de la richesse ornithologique présente à l'île aux Grues. L'équipe de la ZIPSE a tout de même réalisé quelques identifications lors de sorties sur le terrain le 23 juillet et le 5 septembre 2019, basées sur la méthode Sibley (2003) et Robert et coll. (2019).

2.2 Caractérisation géomorphologique

Avant de réaliser des travaux de restauration côtière, il est primordial de bien connaître la dynamique hydrosédimentaire du secteur d'intervention afin d'identifier les interventions adéquates en fonction des conditions hydrodynamiques et géomorphologiques in situ. Pour ce faire, une segmentation de la zone côtière a été réalisée afin d'avoir une vue d'ensemble des caractéristiques géomorphologiques du littoral à l'intérieur de la cellule hydrosédimentaire. En second lieu, une analyse historique de l'évolution de la côte a été réalisée, par photo-interprétation.

2.2.1 Segmentation de la zone côtière

La caractérisation de la zone côtière s'est effectuée le 22 et 23 juillet 2019 sur 2,7 km. Le littoral de la cellule hydrosédimentaire du nord-ouest de l'archipel a été divisé en plusieurs segments uniformes sur la base de critères géomorphologiques et biologiques (voir Annexe 1). Les segments correspondant aux côtes à terrasse de plage ont été subdivisés selon la nomenclature existante, soit l'arrière-plage, la haute-plage, le haut estran et le bas estran. Chaque section obtenue a été caractérisée selon plusieurs paramètres prédéfinis, soit la largeur du segment et la stratigraphie en place, le type de végétation et sa distribution, la présence d'éléments morphologiques (comme des blocs glaciels, des affleurements rocheux, des marelles et radeaux de schorre, etc.) et de processus actifs ainsi que le type de structures de protection, lorsque présent. Un système de classification de l'état des côtes, basé sur le pourcentage de recouvrement de végétation sur la ligne de rivage, a également été appliqué lors de la caractérisation in situ. Un pourcentage de végétalisation de plus de 75 % de la ligne de rivage fait foi de côtes stables, alors qu'elles seront qualifiées d'actives si le recouvrement végétal n'atteint pas plus de 25 %. L'état intermédiaire est considéré comme semi-végétalisé. Seules les côtes naturelles, c'est-à-dire sans présence d'ouvrages de protection, ont été qualifiées de la sorte.

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

L'ensemble de ces données qualitatives dresse le portrait actuel, complet et détaillé de la zone côtière de la cellule hydrosédimentaire du nord-ouest de l'archipel.

2.2.2 Évolution historique de la côte

Afin d'évaluer le déplacement naturel ou anthropique du littoral, un travail de photo-interprétation a été réalisé sur une série de photographies aériennes anciennes (1961, 1974 et 1993) et une mosaïque d'orthophotographies récente (2015). Chaque photographie aérienne a été numérisée à 600 dpi puis géoréférencée sur la mosaïque récente à l'aide d'un système d'information géographique (SIG). Ensuite, la ligne de rivage a été tracée. Sur une côte à terrasse de plage, la ligne de rivage correspond à l'endroit atteint par les pleines mers supérieures de grandes marées et coïncide généralement avec la limite inférieure des plantes vasculaires terrestres halophiles (Ex. : élème des sables d'Amérique) ou avec une microfalaie intimement liée à l'état de la côte. De façon plus concrète, la ligne de rivage peut être identifiée sur les photographies aériennes en se basant sur des changements de teinte, de ton (valeur de gris) et de texture. Son positionnement fut également validé lors des sorties terrain. L'interprétation chronologique permet de voir l'évolution historique de la côte en mesurant le déplacement (m/an) de la ligne de rivage directement sur la carte à l'aide du même SIG. Il est important de noter que le travail réalisé avec un SIG comporte une marge d'erreur liée à la manipulation et à la qualité des photographies.

2.2.3 Caméra de suivi

Une caméra de suivi ainsi qu'un panneau solaire furent installés le 23 juillet 2019 sur le patio d'un résident de l'île. Son orientation et son emplacement permettent d'avoir un point de vue sur l'ensemble de la zone de restauration projetée. La caméra permettra donc d'observer le comportement du site lors des événements d'onde de tempête. La visualisation des photographies est faite à partir du logiciel *VirtualDub* 1.10.4. de manière à animer les images comme une vidéo. Cela permet ainsi de voir le mouvement des sédiments généré par l'énergie des vagues. Ces données seront analysées et traitées dans un rapport de suivi en 2020.



Figure 14. Caméra de suivi installé à l'ouest du site.

Résultats

3.1 Caractérisation biologique

3.1.1 Inventaire floristique

Description d'ensemble

Marais intertidal de l'estuaire moyen (eau saumâtre)

Dans ce marais maritime, la présence d'un gradin divisé en plusieurs étages sur l'hydrosère littorale est remarquée. Les divisions de bas en haut sont : un schorre inférieur (étage inférieur du marais saumâtre); un schorre médian (étage moyen du marais saumâtre) de transition sur les affleurements rocheux du socle appalachien et un schorre supérieur (étage supérieur du marais saumâtre) qui se prolonge en prairie humide.

Les grandes zones de l'hydrosère littorale (de bas en haut) :

Le **schorre inférieur** (Figure 15) est un marais à scirpe piquant (*Schoenoplectus pungens*) codominé par la sagittaire à large feuille (*Sagittaria latifolia*) et une espèce susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable au Québec (FloraQuebeca, 2009) la zizanie naine (*Zizania aquatica var. brevis*). Mis à part quelques zones dénudées par de l'érosion superficielle, la superficie et l'intégrité du schorre inférieur sont impressionnantes.



Figure 15. Schorre inférieur

Tableau 2. Plantes inventoriées dans le schorre inférieur.

Plantes du SCHORRE INFÉRIEUR	
<i>Sium suave</i>	berle douce
<i>Potamogeton epihydrus</i>	potamot émergé
<i>Sagittaria latifolia</i>	sagittaire à larges feuilles
<i>Schoenoplectus pungens</i>	scirpe piquant
<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>	scirpe des étangs
<i>Zizania aquatica var. brevis</i>	zizanie naine

L'affleurement rocheux ou schorre médian (Figure 16) marque la zone de transition entre les deux principaux étages du schorre. Bien que de nombreuses zones soient dénudées de végétation à cet endroit, du fait des de l'affleurement rocheux, des sédiments meubles sont retenus entre les rochers et végétalisés. On y retrouve le scirpe piquant (*Schoenoplectus pungens*), la sagittaire à large feuille (*Sagittaria latifolia*), la limoselle à feuilles subulées (*Limosella australis*), le bident hyperboréal (*Bidens hyperborea*) et la potentille ansérine (*Potentilla anserina*) en majorité. La berle douce (*Sium suave*) et la verge d'or à feuilles de graminées (*Euthamia graminifolia*) s'y retrouvent également selon l'élévation du sol et le type de sédiments.

Il y a également une présence marquée d'éléocharide (probablement *Eleocharis obtusa*). Trois espèces susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables au Québec (FloraQuebeca, 2009) sont aussi retrouvées en bons nombres dans les sédiments fins logés entre les affleurements rocheux, soit : la zizanie naine (*Zizania aquatica var. brevis*), le scirpe de Torrey (*Schoenoplectus torreyi*) et la lindernie estuarienne (*Lindernia dubia var. inundata*). La présence de cet étage entre les deux schorres indique qu'il y a très peu d'érosion glacielle (Dionne, 2004) et que la côte est relativement stable, mis à part certaines petites zones.



Figure 16. Schorre médian

Tableau 3. Plantes inventoriées dans le schorre médian.

Plantes du SCHORRE MÉDIAN	
<i>Alisma triviale</i>	alisma commun
<i>Bidens hyperborea</i>	bident hyperboréal
<i>Cyperus bipartitus</i>	souchet des rivières
<i>Deschampsia cespitosa</i>	deschampsie cespiteuse
<i>Eleocharis obtusa</i>	éléocharide obtuse
<i>Eupatorium perfoliatum</i>	eupatoire perfoliée
<i>Euthamia graminifolia</i>	verge d'or à feuilles de graminée
<i>Halerpestes cymbalaria</i>	renoncule cymbalaire
<i>Isoetes sp.</i>	isoète sp.
<i>Juncus articulatus</i>	jonc articulé
<i>Limosella australis</i>	limoselle à feuilles subulées
<i>Lindernia dubia var. inundata</i>	lindernie estuarienne
<i>Lycopus europaeus</i>	lycope d'Europe
<i>Lythrum salicaria</i>	salicaire commune
<i>Potamogeton epihydrus</i>	potamot émergé
<i>Ranunculus cymbalaria</i>	renoncule cymbalaire
<i>Sagittaria latifolia</i>	sagittaire à larges feuilles
<i>Schoenoplectus pungens</i>	scirpe piquant
<i>Schoenoplectus torreyi</i>	scirpe de Torrey
<i>Sium suave</i>	berle douce
<i>Zizania aquatica var. brevis</i>	zizanie naine

Le **schorre supérieur** (Figure 17) est un marais à spartine pectinée (*Sporobolus michauxianus*) présentant une grande diversité végétale. Il est difficile de déterminer une codominance considérant la diversité du milieu, mais quelques colonies de calamagrostide du Canada (*Calamagrostis canadensis*), d'eupatoire maculée (*Eutrochium maculatum var. maculatum*) et de scirpe fluviatile (*Bolboschoenus fluviatilis*) se démarquent tout de même. Des saules arbustifs forment aussi de petits massifs par endroits sur cet étage du marais. Cet étage n'est pas aussi large (+ ou - 20 m).

Il présente plusieurs signes d'érosion apparente avec des zones dénudées de végétation. De plus, un muret de soutènement à l'ouest de l'ensemble a fait disparaître la communauté végétale de cet étage, remplacée par un milieu perturbé.



Figure 17. Schorre supérieur

Tableau 4. Plantes inventoriées dans le schorre supérieur.

Plantes du SCHORRE SUPÉRIEUR	
<i>Agalinis purpurea</i> var. <i>parviflora</i>	gérardie appauvrie
<i>Alisma triviale</i>	alisma commun
<i>Bidens cernua</i>	bident penché
<i>Bidens hyperborea</i>	bident hyperboréal
<i>Bolboschoenus fluviatilis</i>	scirpe fluviatile
<i>Calamagrostis canadensis</i>	calamagrostis du Canada
<i>Cicuta maculata</i> var. <i>maculata</i>	cicutaire maculée
<i>Cicuta maculata</i> var. <i>maculata</i>	eupatoire maculée
<i>Deschampsia cespitosa</i>	deschampsie cespiteuse
<i>Echinochloa crus-galli</i>	échinochloa pied-de-coq
<i>Eleocharis obtusa</i>	éléocharide obtuse
<i>Epilobium ciliatum</i> subsp. <i>ciliatum</i>	épilobe cilié
<i>Equisetum fluviatile</i>	prêle fluviatile
<i>Eupatorium perfoliatum</i>	eupatoire perfoliée
<i>Euthamia graminifolia</i>	verge d'or à feuilles de graminée
<i>Glyceria grandis</i>	glycérie géante
<i>Iris versicolor</i>	iris versicolore
<i>Isoetes</i> sp.	isoète sp.
<i>Juncus articulatus</i>	jonc articulé
<i>Juncus Balticus</i>	jonc de la Baltique
<i>Juncus canadensis</i>	jonc du Canada
<i>Juncus gerardii</i> ssp. <i>gerardii</i>	jonc de Gérard
<i>Limosella australis</i>	limoselle à feuilles subulées
<i>Lycopus americanus</i>	lycope d'Amérique
<i>Lycopus europaeus</i>	lycope d'Europe

<i>Lythrum salicaria</i>	salicaire commune
<i>Medicago sativa</i>	luzerne cultivée
<i>Persicaria amphibia</i> var. <i>emersa</i>	renouée émergée
<i>Pontederia cordata</i>	pontédérie cordée
<i>Potentilla anserina</i>	potentille ansérine
<i>Ranunculus cymbalaria</i>	renoncule cymbalaire
<i>Sagittaria latifolia</i>	sagittaire à larges feuilles
<i>Salix discolor</i>	saule discolore
<i>Salix interior</i>	saule de l'intérieur
<i>Salix lucida</i>	saule brillant
<i>Scutellaria lateriflora</i>	scutellaire latérieflore
<i>Sium suave</i>	berle douce
<i>Sparganium eurycarpum</i>	rubanier à gros fruits
<i>Sporobolus michauxianus</i>	spartine pectinée
<i>Typha angustifolia</i>	quenouille à feuilles étroites
<i>Typha latifolia</i>	quenouille à feuilles larges

La prairie humide (**Figure 18**) est un milieu hétérogène. On y retrouve un grand nombre d'espèces typiques des marais d'eau douce dont : l'eupatoire maculée (*Eutrochium maculatum* var. *maculatum*), des lycopes (*Lycopus* sp.), le bident penché (*Bidens cernua*), le scirpe fluviatile (*Bolboschoenus fluviatilis*), la pontédérie cordée (*Pontederia cordata*), la quenouille à feuilles étroites (*Typha angustifolia*), etc.



Figure 18. Prairie humide

Un lobe transgressif de sable et de galets changeant la lithologie ainsi que de l'érosion par réflexion des vagues à la base d'un muret de soutènement (**Figure 19**) amène des perturbations et une flore différente.



Figure 19. Muret de soutènement.

De fait, une communauté végétale de milieu perturbé, adventive et de sol mésique et minéral remplace la communauté végétale facultative des milieux humides (**Figure 20**) comme : le roseau commun (*Phragmites australis subsp. australis*), l'asclépiade commune (*Asclepias syriaca*), lampourde glouteron (*Xanthium strumarium*), le tussilage pas-d'âne (*Tussilago farfara*), l'armoise vulgaire (*Artemisia vulgaris*), etc. C'est d'ailleurs dans cette zone que la plus grande abondance de plantes exotiques envahissantes comme le roseau commun (*Phragmites australis subsp. australis*), la salicaire commune (*Lythrum salicaria*) et l'alpiste roseau (*Phalaris arundinacea*) est remarquée. La salicaire commune (*Lythrum salicaria*) est aussi retrouvée sur le schorre supérieur jusqu'à la limite de la zone de transition avec le schorre inférieur sur l'affleurement rocheux au niveau de la ligne de rivage. Cet ensemble est le milieu le plus perturbé de l'aire étudié, avec la présence de plantes exotiques envahissantes, l'érosion créée par le muret de soutènement et les lobes transgressifs.



Figure 20. Haut marais, zone perturbée

Tableau 5. Inventaire floristique exhaustif

Nom latin	Nom français		
Haut marais			
<i>Amphicarpaea bracteata</i>	amphicarpe bractéolée	<i>Eutrochium maculatum</i>	eupatoire maculée
<i>Aster sp.</i>	aster sp.	<i>Galium palustre</i>	gaillet palustre
<i>Bidens cernua</i>	bident penché	<i>Impatiens capensis</i>	impatiente du cap
<i>Bidens hyperborea</i>	bident hyperboréal	<i>Iris pseudoacorus</i>	iris faux-acore
<i>Bolboschoenus fluviatilis</i>	scirpe fluviatile	<i>Leersia oryzoides</i>	léersie faux-riz
<i>Carex sp.</i>	carex sp.	<i>Limosella australis</i>	limoselle à feuilles subulées
<i>Cicuta maculata var. maculata</i>	cicutaire maculée	<i>Lycopus europaeus</i>	lycope d'Europe
<i>Cyperus bipartitus</i>	souchet des rivières	<i>Mentha canadensis</i>	menthe du Canada
<i>Equisetum fluviatile</i>	prêle fluviatile	<i>Mimulus ringens var. ringens</i>	mimule à fleurs entrouvertes
<i>Eupatorium perfoliatum</i>	eupatoire perfoliée	<i>Persicaria amphibia var. emersa</i>	renouée émergée

<i>Phragmites australis subsp. australis</i>	roseau commun
<i>Pontederia cordata</i>	pontédérie cordée
<i>Potentilla anserina</i>	potentille ansérine
<i>Sanguisorba canadensis</i>	sanguisorbe du Canada
<i>Stachys palustris</i>	épière des marais
<i>Symphotrichum lanceolatum</i>	aster lancéolé
<i>Typha angustifolia</i>	quenouille à feuilles étroites
<i>Typha latifolia</i>	quenouille à feuilles larges
Haut marais (Zone plus sèche et perturbée par un lobe transgressif)	
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	petite herbe à poux
<i>Artemisia vulgaris</i>	armoise vulgaire
<i>Asclepias syriaca</i>	asclépiade commune
<i>Calystegia sepium</i>	liseron des haies
<i>Cuscuta gronovii</i>	cuscutte de Gronovius
<i>Echinochloa crus-galli</i>	échinochloa pied-de-coq
<i>Echinocystis lobata</i>	concombre grimpant
<i>Euphorbia helioscopia</i>	euphorbe réveille-matin
<i>Galinsoga quadriradiata</i>	galinsoga cilié
<i>Melilotus albus</i>	mélilot blanc
<i>Panicum virgatum</i>	panic raide
<i>Parthenocissus quinquefolia</i>	vigne vierge à cinq folioles
<i>Persicaria pensylvanica</i>	renouée de Pennsylvanie
<i>Phalaris arundinacea</i>	alpiste roseau
<i>Plantago major</i>	plantain majeur
<i>Raphanus raphanistrum</i>	radis sauvage

<i>Setaria sp.</i>	sétaire sp.
<i>Solanum dulcamara</i>	morelle douce-amère
<i>Solanum lycopersicum</i>	tomate
<i>Sonchus arvensis</i>	laiteron des champs
<i>Tussilago farfara</i>	tussilage pas-d'âne
<i>Urtica dioica subsp. dioica</i>	ortie dioïque
<i>Vicia cracca</i>	vesce jargeau
<i>Xanthium strumarium</i>	lampourde glouteron

Inventaire ichtyologique

Lors de l'inventaire ichtyologique, un total de 1 148 poissons furent capturés. De ce nombre de poissons, une quantité impressionnante d'espèces fut identifiée avec un total de 11 espèces (Figure 21). Les inventaires à l'aide du verveux ont permis de capturer un plus grand nombre de poissons qu'à la senne. Les traits de senne furent difficiles à réaliser puisque la végétation était dense et haute en plus d'avoir un substrat vaseux et mou. L'espèce capturée en plus grand nombre dans la senne est le bar rayé alors qu'au verveux c'était plutôt le baret (Figure 22).



Figure 21. Quelques espèces de poissons capturés lors de l'inventaire, septembre 2019.

Chaque jour, la température de l'eau a été prise à partir du rivage à l'aide d'une sonde *Hanna HI9829 Multiparameter* (Tableau 6). La température varia très peu lors du suivi avec une température moyenne de 14,79 °C.

Tableau 6. Température de l'eau lors de l'inventaire de poissons, septembre 2019.

Date	Température (°C)	Moyenne (°C)
24 septembre	12,55	14,79
25 septembre	15,98	
26 septembre	15,85	

Le baret fut l'espèce la plus capturée lors de l'inventaire. Un total de 901 poissons furent capturés (**Figure 22**). Les poissons faisaient 6,63 cm en moyenne (**Tableau 7, Figure 23**). Ceux-ci étaient des juvéniles.

Le bar rayé fut également capturé lors de l'inventaire avec 146 individus identifiés. En moyenne, ce sont également des juvéniles qui ont été capturés (**Tableau 7, Figure 23**). Le bar rayé est une espèce qui est disparue selon le LEP² et en voie de disparition selon la COSEPAC³. Une équipe du MFFP⁴ suit la population depuis sa réintroduction au début des années 2000 dans le fleuve Saint-Laurent. Toutes données à son sujet sont donc importantes pour le suivi de l'espèce.

Le fondule barré fut également l'une des espèces capturées lors de l'inventaire avec 22 poissons identifiés (**Figure 22**). Ceux-ci étaient également des juvéniles pour la plupart, avec une taille moyenne de 4,83 cm (**Figure 23, Tableau 7**). Le fondule barré est une proie pour plusieurs espèces de poissons et est donc une espèce importante au niveau de la chaîne alimentaire.

L'inventaire permit également de capturer du hareng de l'Atlantique, soit 44 individus. Les poissons capturés étaient essentiellement des juvéniles, avec une taille moyenne de 6,87 cm. Quelques poulamons atlantiques furent aussi inventoriés (21 individus) (**Figure 22**). Ceux-ci étaient en moyenne de grande taille comparativement aux autres espèces avec une taille moyenne de 17,1 cm (**Figure 23, Tableau 7**). Quelques meuniers rouges furent inventoriés (8 individus) dont un de 44 cm, le plus gros poisson capturé lors de l'inventaire.

² LEP : Loi sur les espèces en péril.

³ COSEPAC : Comité sur la situation des espèces en péril au Canada.

⁴ MFFP : Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs.

Tableau 7. Taille moyenne, minimum et maximum des poissons capturés, septembre 2019.

Espèce	Taille (cm)		
	Moyenne	Min	Max
Bar rayé	7,93	2,7	30
Baret	6,63	3,5	16,5
Doré jaune	14,75	13	16,5
Fondule barré	4,83	2,5	9
Hareng de l'Atlantique	6,87	5,5	8,5
Meunier rouge	13,11	6,2	44
Poulamon atlantique	17,1	7,5	25

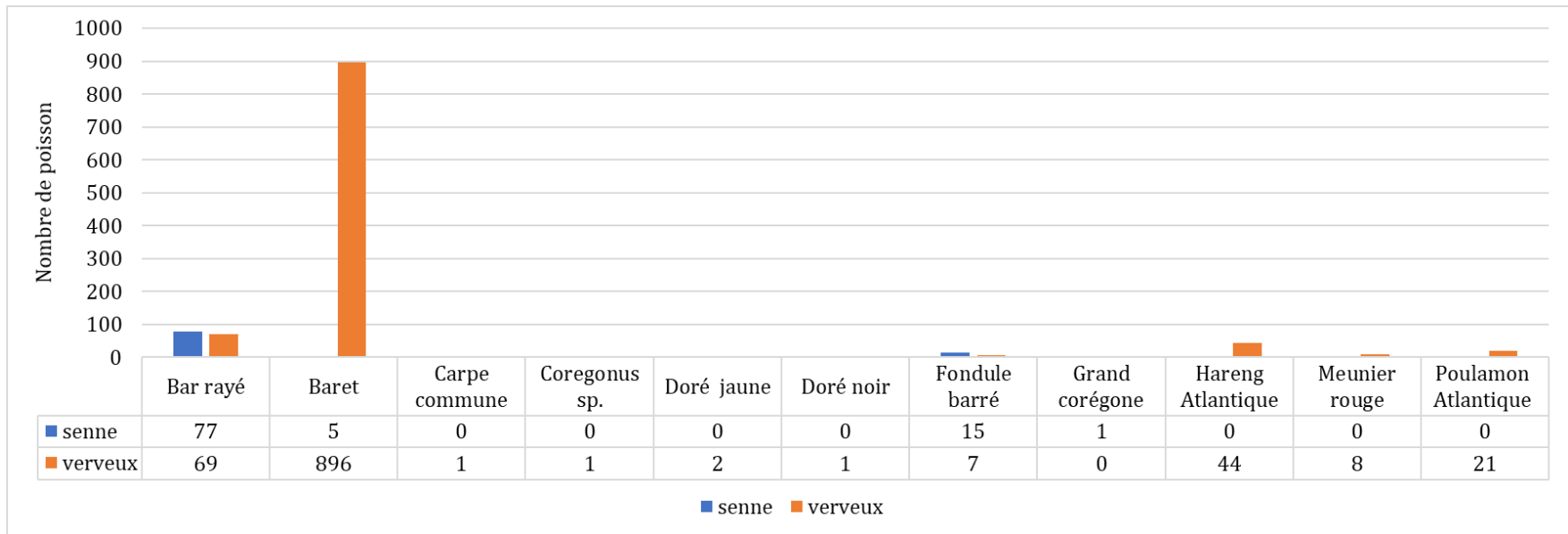


Figure 22. Nombre de poissons capturés à la senne et au verveux, septembre 2019.

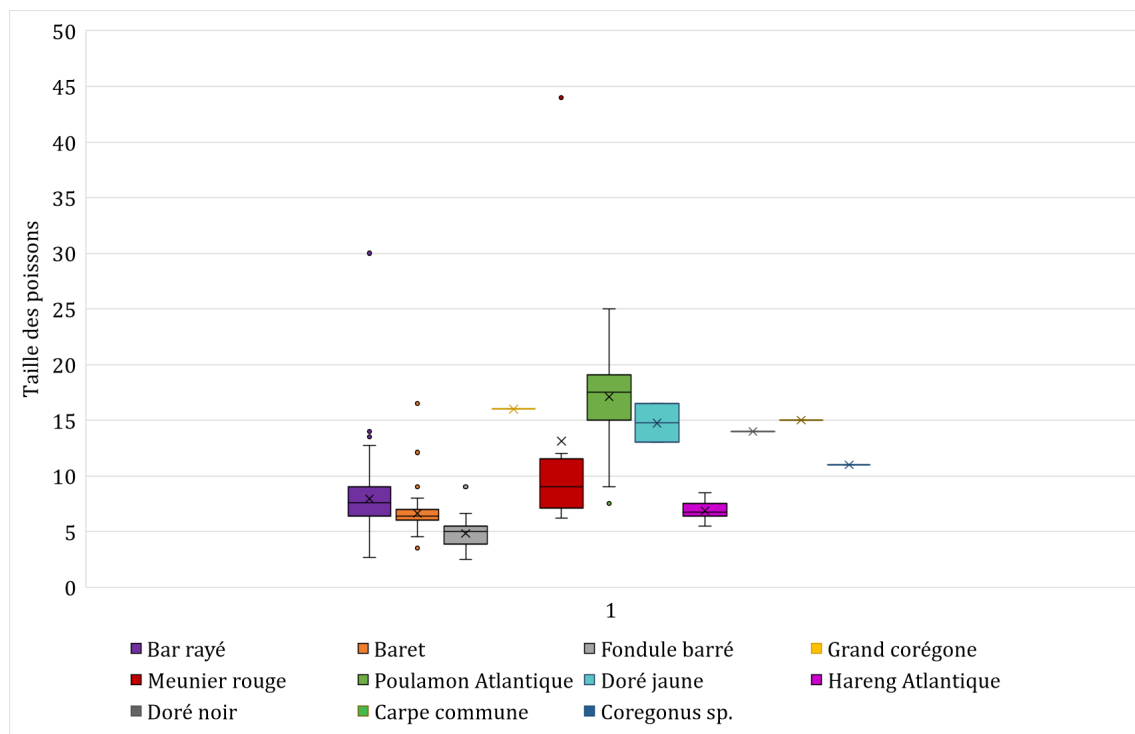


Figure 23. Taille moyenne des poissons capturés lors de l'inventaire, septembre 2019.

3.1.2 Inventaire ornithologique

Aucun inventaire systématique n'a été fait pour le secteur visé par la restauration. Une simple étude bibliographique à partir de la base de données eBird (eBird, 2019) a permis de constater que la Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux de L'Isle-aux-Grues a accueilli jusqu'à 241 espèces d'oiseaux jusqu'à aujourd'hui, ce qui est considérable au Québec. Quelques identifications ont tout de même été réalisées par l'équipe de la ZIPSE (**Tableau 8**).

Tableau 8. Espèces d'oiseaux observés près du site de restauration en juillet et septembre 2019.

Nom français	Nom latin	Espèce à statut particulier
oie des neiges	<i>Chen caerulescens</i>	
canard noir	<i>Anas rubripes</i>	
canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>	
grand héron	<i>Ardea herodias</i>	
bécasseau minuscule	<i>Calidris minutilla</i>	
bécasseau semipalmé	<i>Calidris pusilla</i>	
grand chevalier	<i>Tringa melanoleuca</i>	
pluvier semipalmé	<i>Charadrius semipalmatus</i>	
pluvier kildir	<i>Charadrius vociferus</i>	
marouette de caroline	<i>Porzana carolina</i>	
pygargue à tête blanche	<i>Haliaeetus leucocephalus</i>	Vulnérable (MFFP)
busard des marais	<i>Circus hudsonius</i>	
goéland à bec cerclé	<i>Larus delawarensis</i>	
corneille d'amérique	<i>Corvus brachyrhynchos</i>	
tyran tritri	<i>Tyrannus tyrannus</i>	
hirondelle bicolor	<i>Tachycineta bicolor</i>	
hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>	Menacée (LEP Canada)
hirondelle de rivage	<i>Riparia riparia</i>	Menacée (LEP Canada)
merle d'Amérique	<i>Turdus migratorius</i>	
paruline masquée	<i>Geothlypis trichas</i>	
bruant des marais	<i>Melospiza georgiana</i>	
bruant familier	<i>Spizella passerina</i>	
bruant de Nelson	<i>Ammospiza nelsoni</i>	Susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable (MFFP)
bruant chanteur	<i>Melospiza melodia</i>	
goglu des prés	<i>Dolichonyx oryzivorus</i>	Menacée (LEP Canada)
carouge à épaulette	<i>Agelaius phoeniceus</i>	
chardonneret jaune	<i>Spinus tristis</i>	

3.2 Caractérisation géomorphologique

3.2.1 Segmentation de la zone côtière

3.2.1.1 Type de côte

Le littoral de la zone à l'étude à l'île aux Grues totalise 2 728 mètres de linéaire côtier. Les côtes de nature meuble sont majoritaires tandis que les côtes rocheuses ne font partie que d'une petite portion de la zone (**Figure 24**).

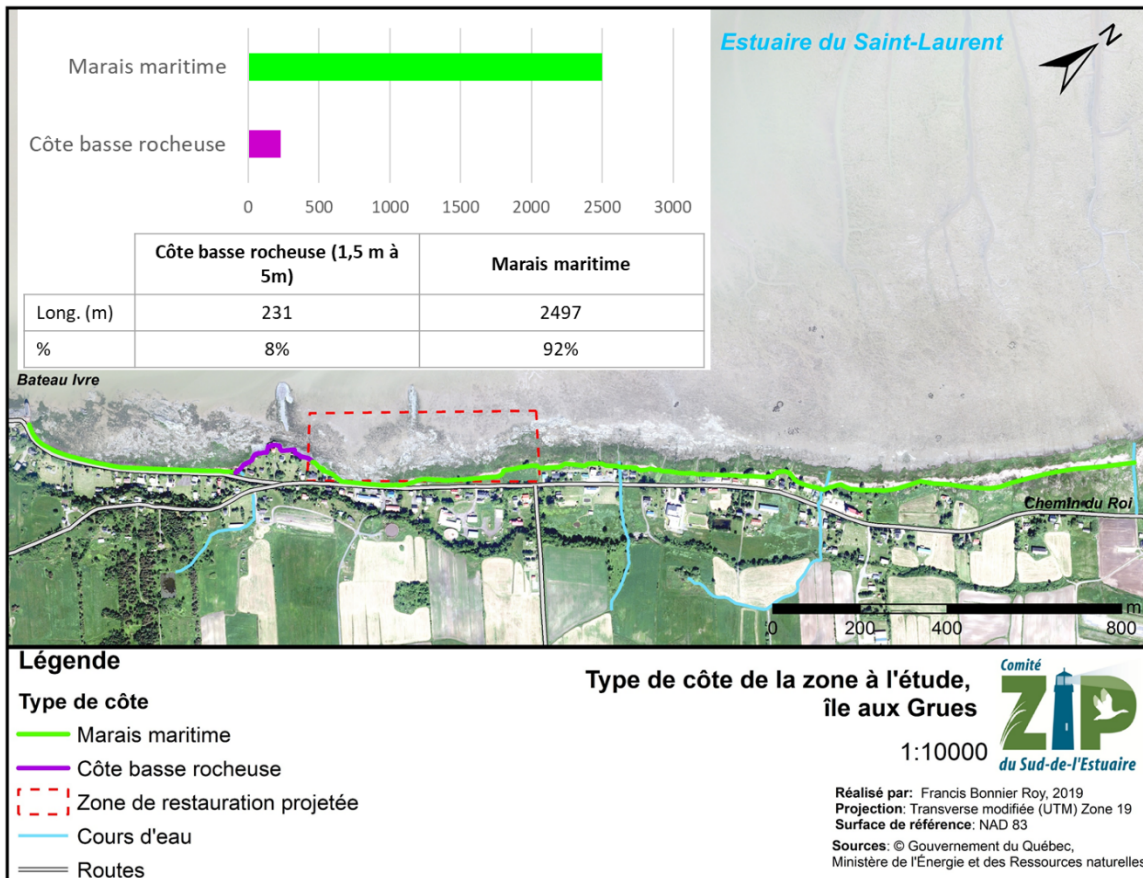


Figure 24. Type de côte et graphique synthèse de la zone à l'étude, île aux Grues

En effet, les côtes de nature meuble, représentée par les marais maritimes comptent pour 92 % du domaine côtier alors que les côtes de nature rocheuse totalisent 8 %. La

description du site est présentée du sud vers le nord. En partant du Bateau Ivre, la côte à marais maritime est constituée en grande partie d'un schorre inférieur de plusieurs dizaines de mètres de largeur tandis qu'à quelques endroits subsiste un petit schorre supérieur devant le muret de béton qui protège la route. Ensuite, une pointe rocheuse, où la totalité de la côte basse rocheuse se situe, représente 8 % du linéaire à l'étude. Cette côte possède une altitude qui varie entre 1,5 m et 5 m et est constituée de la roche sédimentaire qui compose les îles de l'archipel. Ce sont ces mêmes genres d'affleurements rocheux que l'on retrouve régulièrement au travers de la végétation du marais maritime sur l'estran à cet endroit (**Figure 25**). Cette plateforme rocheuse qui s'étend jusqu'à 180 mètres a un impact non négligeable sur l'hydrodynamisme local, car ce genre de structure permet d'atténuer l'énergie des vagues par friction sur le fond ou le déferlement (Ogawa et coll., 2011 et 2012 ; Didier, 2014 ; Limber et Murray, 2014 ; Bonnier Roy, 2019). Au niveau de la zone de restauration projetée, la côte à marais maritime commence à être plus dense et plus large (schorre inférieur et supérieur) plus on se dirige vers le nord-est de la zone à l'étude.



Figure 25. Roches sédimentaires affleurant par endroits sur la batture à proximité du Bateau Ivre.

3.2.1.2 *Artificialité*

Le plus grand du linéaire côtier artificialisé avec des ouvrages de protection est constitué de muret de béton construit dans les années 60. Les deux grandes portions de muret protègent la route du Chemin du Roi qui longe le littoral entre le Bateau Ivre jusqu'au secteur d'intervention projeté. Cet ouvrage en béton protège un remblai qui fut créé pour y construire la route ayant permis de gagner environ 15 mètres sur la mer. Cependant, une partie du schorre supérieur de l'époque semble avoir été perdu par l'empiètement de l'ouvrage devant ces secteurs. Le muret de bois se situe sur une propriété privée à gauche de l'avancée de côte basse rocheuse tandis que l'enrochement se situe à sa droite. Les autres murets de béton, servant à protéger le terrain des cours arrière, se situent devant quelques habitations à proximité de l'intersection du chemin du Roi et du chemin du Quai. Ces maisons ont d'ailleurs été construites durant la deuxième moitié du 20^e siècle sur la partie supérieure du marais saumâtre, soit le schorre supérieur.

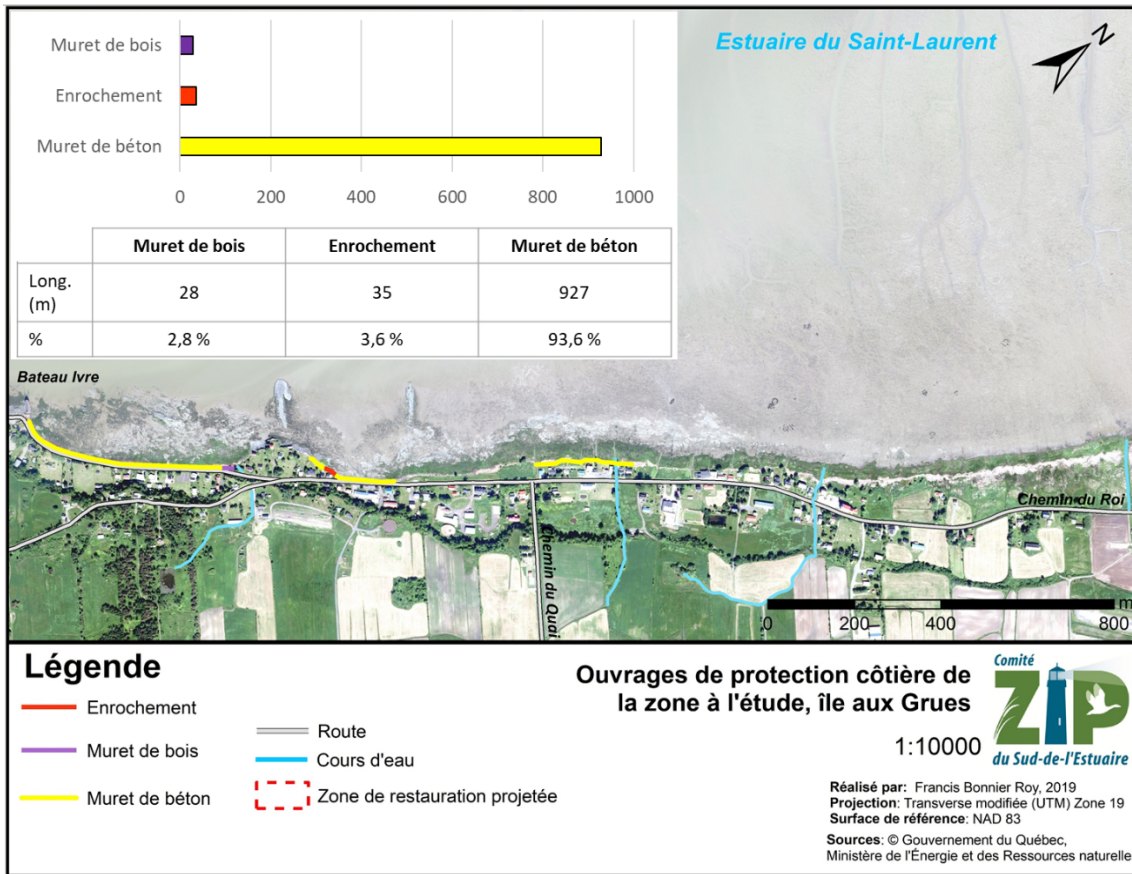


Figure 26. Artificialités sur la côte et graphique synthèse de la zone à l'étude, île aux Grues

3.2.1.3 *État de la côte*

L'état de la ligne de rivage de la zone à l'étude est majoritairement stable puisqu'elle est stabilisée par des ouvrages de protection sur 991 mètres de linéaire côtier. La portion de côte rocheuse est aussi considérée stable ainsi que la majeure portion naturelle de la zone d'intervention projetée. C'est plutôt vers les tronçons nord où l'érosion semble affecter les côtes de la zone d'étude. Ce secteur possède une plateforme rocheuse moins large et se trouve à être moins protégé par les affleurements rocheux du socle sédimentaire de l'île. C'est aussi à partir de l'est de la zone à l'étude que le secteur du haut marais relie les deux îles. En effet, cette partie de l'île est en érosion au moins depuis les années 60 (Bhiry et coll., 2013). Ces auteurs mentionnent que la végétation du schorre inférieur est devenue plus morcelée en 2010 alors qu'en 1961 elle était continue.

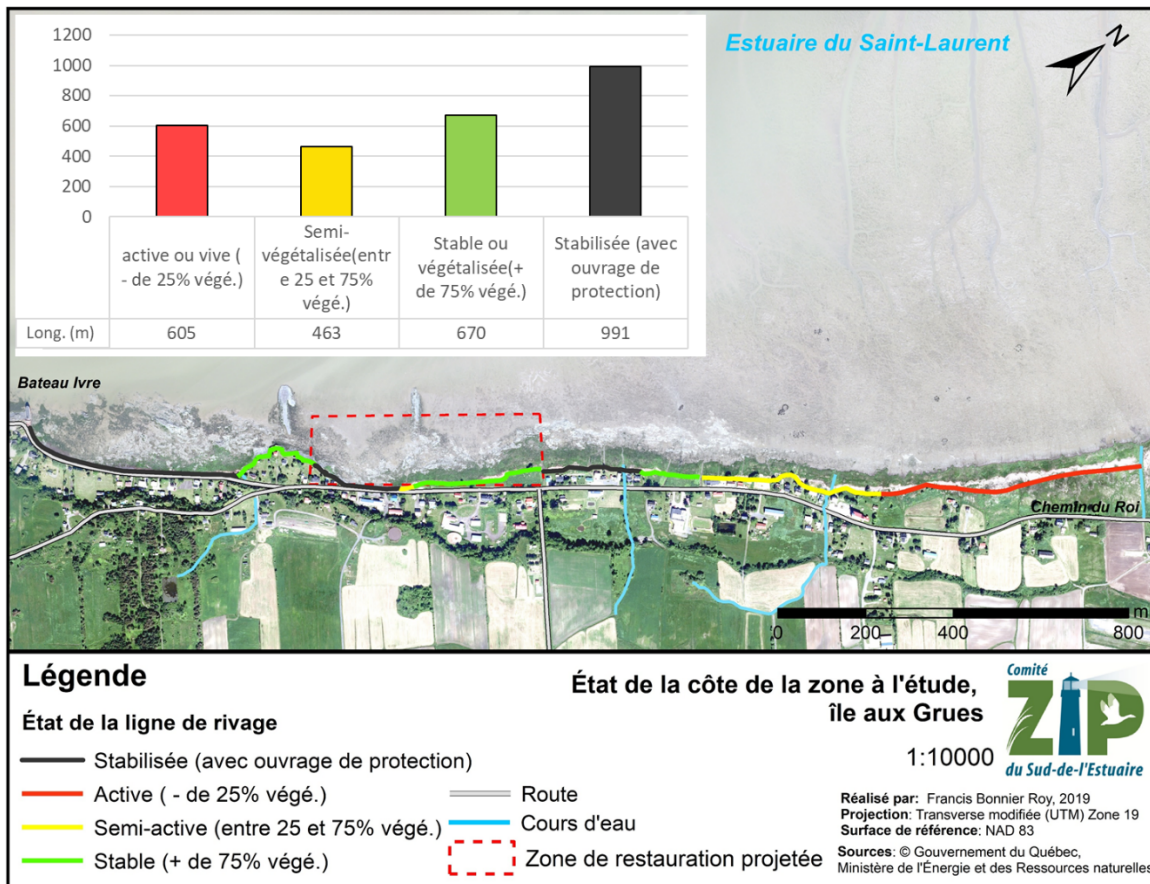


Figure 27. État de la côte et graphique synthèse de la zone à l'étude, île aux Grues

3.2.2 Évolution historique de la côte

Dans le secteur nord de Saint-Antoine-de-l'Isle-aux-Grues, le déplacement de la ligne de rivage a été ponctué par des événements d'érosion et d'accrétion sur les côtes meubles selon les tempêtes des décennies passées (Figure 28). Il est intéressant de noter que la dérive littorale principale se fait du sud-ouest vers le nord-est à partir de la Pointe-aux-Pins jusqu'au Bateau Ivre (0 à 1000 m) et qu'ensuite elle se fait du nord-est vers le sud-ouest sur le reste du secteur à l'étude (1000 m à 3700 m).

Sur l'ensemble de la zone à l'étude, les taux de déplacement historiques de la ligne de rivage sont relativement plus faibles comparativement aux taux de déplacement de la

région administrative de Chaudière-Appalaches de 1,10 m/an (2007-2013) (Bernarchez et Drejza, 2015). Il est important de noter qu'au sud du Bateau Ivre, la côte est historiquement stable par sa nature de falaise rocheuse. Les taux d'érosion se situent entre -4,6 m/an et +3,6 m/an sur l'ensemble du secteur à l'étude avec des moyennes variant entre -0,5 m/an et -0,3 m/an selon les trois intervalles (**Tableau 9**). Les taux de déplacement les plus importants se trouvent au nord de l'intersection du chemin du Quai et du chemin du Roi et s'accroissent en se dirigeant vers l'est. Dans la plupart des cas, c'est le recul de l'interface schorre inférieur et schorre supérieur qui se reflète dans les taux de déplacement. Cela se traduit par une perte de l'habitat du schorre supérieur au profit d'un schorre inférieur. Cette situation est particulièrement amplifiée devant les murets de béton, où celui-ci a empiété sur cet habitat et cause aujourd'hui le phénomène de coincement côtier, empêchant le marais de reculer et se trouve coincé jusqu'à finir par disparaître (Bernatchez et Quintin, 2016).

Dans la zone de restauration projetée, l'érosion observée entre 1961 et 1974 est plutôt liée à la perte d'habitat, probablement issue de la construction du muret de béton et d'une régression de la largeur du schorre supérieur. Entre 1974 et 1993, les taux de déplacement observés sont liés à l'aménagement du littoral par les habitants et l'anthropisation de la côte. Ensuite, jusqu'en 2015, une érosion faible se poursuit à quelques endroits sur l'habitat du schorre supérieur.

Afin d'expliquer l'érosion que subissent les marais intertidaux de l'estuaire moyen du Saint-Laurent, Dionne (2000 b) mentionne que les causes de l'érosion récente sont l'augmentation du niveau moyen relatif, la subsidence des terres, le déficit sédimentaire, l'augmentation du nombre et de la sévérité des tempêtes, l'activité accrue des glaces et du froid, la compaction des sédiments du schorre supérieur, les oies et l'anthropisation (activités de chasse, canaux de drainage). Ces phénomènes naturels et anthropiques affectent ainsi les battures de l'archipel de L'Isle-aux-Grues

depuis plusieurs décennies, menaçant l'intégrité écologique de ces écosystèmes côtiers.

Tableau 9. Taux de déplacement historiques moyens du site à l'étude et de la zone de restauration projetée

	1961 à 1974	1974 à 1993	1993 à 2015
Site d'étude	-0,4 m/an	-0,5 m/an	-0,3 m/an
Site d'intervention projeté	-0,6 m/an	0,1 m/an	-0,4 m/an

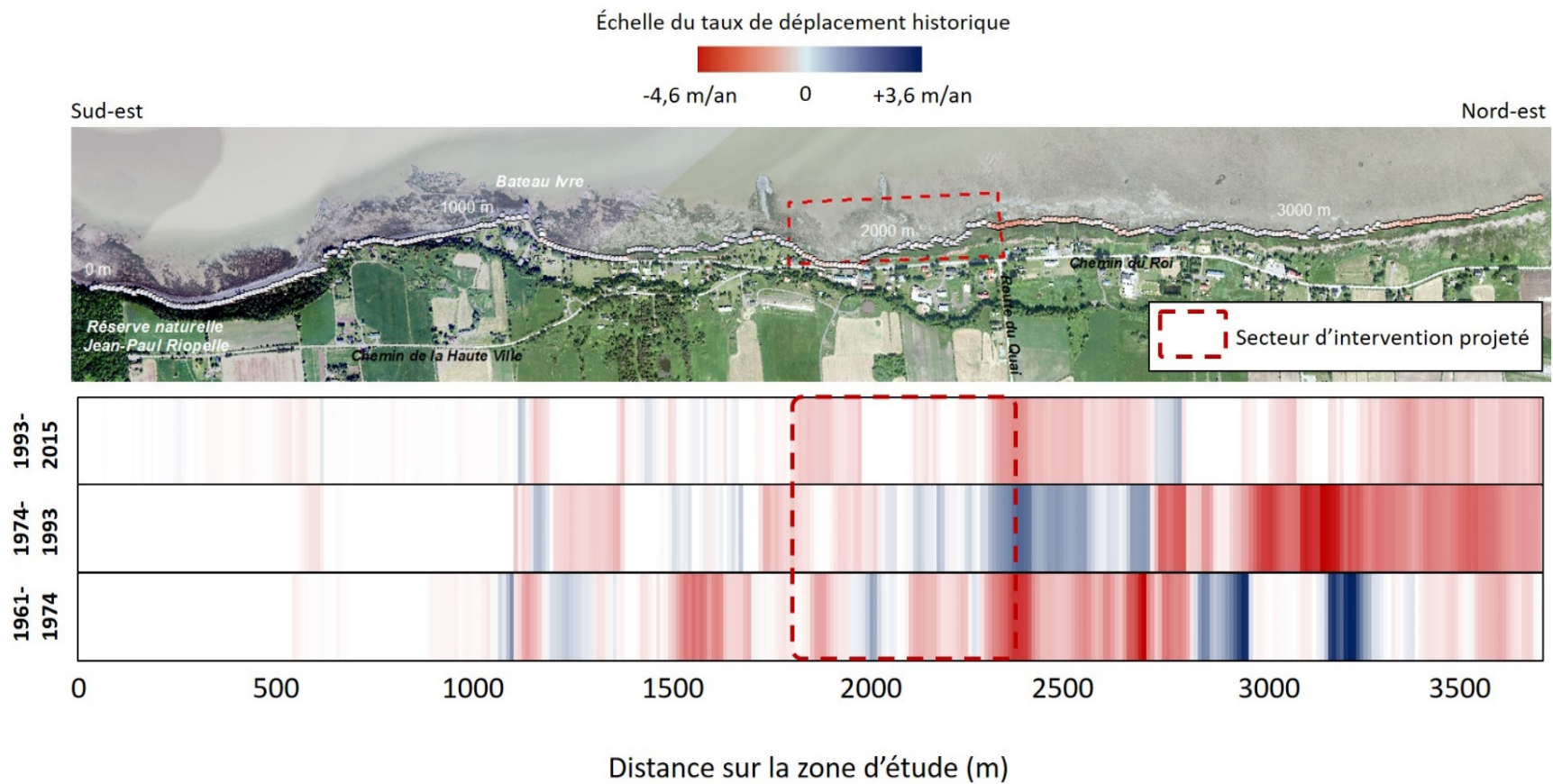


Figure 28. Évolution historique de la ligne de rivage du secteur de Saint-Antoine-de-l'Isle-aux-Grues

Synthèse des résultats

Les résultats de la caractérisation côtière révèlent que le milieu côtier de l'île aux Grues est un milieu très riche au niveau faunique et floristique de par la présence d'un marais saumâtre dont la qualité nutritive est importante pour l'ensemble de la chaîne alimentaire et pour l'écosystème. Or cet habitat côtier est sensible aux effets des changements climatiques et aux pressions exercées par les activités humaines actuelles et passées. Suite à l'analyse des résultats, la zone de restauration projetée est un secteur à privilégier pour une intervention en raison des observations suivantes :

- Zones dégradées et dénudées de végétation ;
- Coincement côtier engendrant une perte de superficie de l'habitat du poisson ;
- Zones perturbées avec la présence de déchets (béton et métal) ;
- Présence d'espèces de poissons à statut particulier dans le secteur ;
- Présence du roseau commun, une plante exotique envahissante.

Ainsi le comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire recommande des actions de restauration dites douces dans la zone de restauration projetée. Ces actions visent à :

- Nettoyer le site et retirer tous les gros déchets présents (béton et métaux) ;
- Revégétaliser les zones dégradées sur l'étage supérieur du marais pour assurer un habitat du poisson riche et productif ;
- Contrôler et éradiquer la colonie de roseaux communs pour augmenter la biodiversité.

Ces actions de restauration permettront de conserver la biodiversité du milieu et de réhabiliter l'habitat du poisson qui a été perturbé par l'activité humaine. Enfin, le gain environnemental prévu contribuera à augmenter la capacité de résilience de l'ensemble de l'écosystème côtier à s'ajuster librement au gré des changements environnementaux actuels et à venir.

Conception et aménagement

1. Présentation générale des travaux

Au printemps 2020 débiteront les travaux de restauration. La première étape consistera à nettoyer le site en ramassant les déchets de béton et métalliques. L'étape suivante aura pour objectif de contrôler et éradiquer la colonie de roseaux communs (373 m²) qui perturbe le site. Des travaux d'excavation sont recommandés pour contribuer à l'éradication définitive et totale de la colonie. Cette parcelle sera ensuite revégétalisée avec des arbustes indigènes. Il y aura également une végétalisation des zones dénudées qui ont été identifiées pendant la caractérisation, à l'aide des mêmes espèces d'arbustes indigènes. L'ensemble de ces zones dénudées représente une superficie de près de 692 m² (**Erreur ! Nous n'avons pas trouvé la source du renvoi.**⁹). La superficie totale des travaux de restauration sur le site est évaluée à près de 1 065 m².

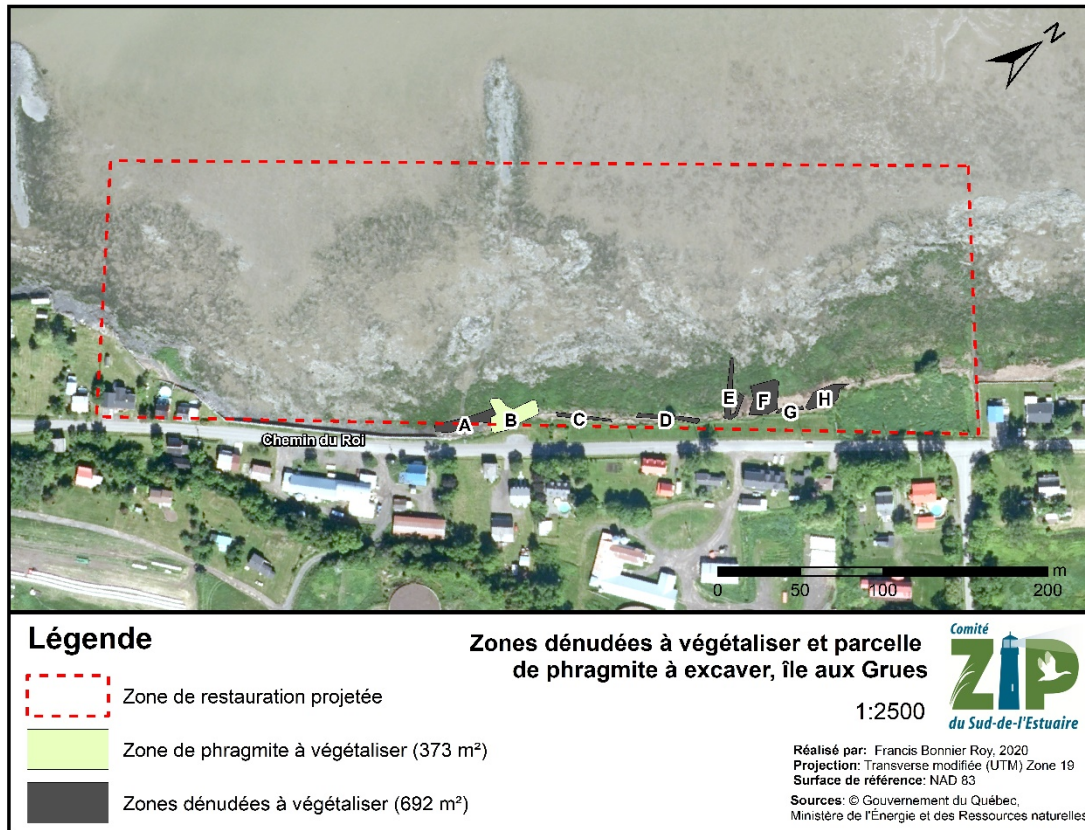


Figure 29. Zones dénudées et parcelle de phragmite à revégétaliser à l'île aux Grues

2. Préparation et nettoyage du site

La présence de plusieurs gros déchets de béton et métalliques démontre que la zone de restauration projetée a été utilisée par le passé comme dépotier clandestin. Cependant aucun des déchets recensés ne laisse présager qu'il peut y avoir une possible contamination en vigueur sur le site. Il sera donc important de ramasser tous les gros déchets avant de commencer à travailler sur la végétation de la prairie humide du marais (Figure 30). De la machinerie sera sans doute utilisée pour sortir les gros déchets qui se trouvent tous en bas du talus et donc à proximité de la route.



Figure 30. Gros déchets de béton et métalliques présents sur la zone de restauration projetée

3. Contrôle et éradication de la colonie de roseaux communs

Le roseau commun ou phragmite est une plante exotique envahissante qui colonise et empiète sur la prairie humide du marais aux dépens d'autres espèces floristiques indigènes (Figure 301). Dans l'objectif de freiner la progression du roseau commun et de sa colonie (environ 373 m²) qui est très compétitrice, une méthode a été recommandée en excavant mécaniquement la colonie (Lavoie, 2019).



Figure 31. Colonie de roseaux communs aperçue à partir de la plage, sur la zone de restauration projetée à l'île aux Grues.

Cette méthode a déjà été utilisée par la ZIPSE sur un autre site de restauration en 2018 à Notre-Dame-du-Portage pour contrôler une colonie de renouée du Japon (Figure 302). Dans le cas du contrôle du roseau commun, la littérature indique de très bons signes quant à l'éradication définitive des colonies qui ont été contrôlées par excavation, surtout dans le cas de petites colonies comme c'est le cas sur la zone de restauration projetée à l'île aux Grues (Karathanos, 2015).



Figure 32. Excavation d'une colonie de renouée du Japon en 2018, Notre-Dame-du-Portage

L'excavation sera effectuée à l'aide d'une pelle mécanique sur approximativement 1 m de profondeur jusqu'à atteindre l'affleurement rocheux sous-jacent. Il est conseillé d'utiliser une excavatrice de grand format (ex. 20 tonnes) (comm. Perso. Sam Karathanos). La pelle mécanique déposera l'ensemble composé du sédiment et des racines dans un camion-benne, qui sera ensuite porté dans un endroit sécuritaire hors du site pour être enseveli dans un trou de près de 2 m de profondeur. Tous ces détails seront à définir avec l'entrepreneur en excavation. L'excavation doit être supervisée de très près, une vigilance est de mise vis-à-vis de possibles pertes de rhizomes pouvant tomber de la pelle jusqu'au sol durant l'excavation et une inspection et un nettoyage du véhicule est nécessaire au terme des opérations. Il faudra également faire un suivi pendant plusieurs années afin de contrôler les repousses de roseau commun.

Le trou sur la zone de restauration projetée sera par ailleurs remblayé avec un sédiment similaire à celui excavé. Une revégétalisation sera ensuite réalisée dans la zone du remblai à l'aide d'arbustes indigènes. La technique de revégétalisation est expliquée dans le chapitre ci-après. À la suite de l'extraction, la revégétalisation peut parfois être difficile. Le sol ramené à la surface est souvent moins intéressant. Il peut être difficile de faire un couvert végétal dense rapidement dans ces conditions. Il est prudent de prévoir un suivi et des retouches de revégétalisation sur quelques années (comm. Perso. Sam Karathanos).

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

Il est important de noter que ces travaux ne sont pas assujettis à l'obtention d'une autorisation en vertu de l'article 22 de la Loi sur la qualité de l'environnement (comm. Perso. MELCC). En effet, ces activités sont considérées comme étant à risque négligeable pour l'environnement, tel que présenté aux activités 90 et 106 du document « Activités à risque négligeable - Listes des exemptions administratives de l'application des articles 22 et 30 de la LQE ». Celles-ci concernent respectivement le retrait ou l'éradication des espèces floristiques envahissantes ou compétitrices ainsi que les travaux d'ensemencement ou de plantation d'herbacées, d'arbustes et d'arbres, qui ne sont pas des espèces exotiques envahissantes, aux fins du rétablissement du couvert végétal permanent dans la rive, la plaine inondable ou le littoral d'un lac ou d'un cours d'eau ou dans un milieu humide. Enfin, ces activités sont effectivement possibles dans la mesure où les conditions générales et les conditions spécifiques associées à ces dernières sont respectées. Par exemple, dans le cas du retrait ou l'éradication des espèces floristiques envahissantes ou compétitrices, l'intervention doit respecter les conditions suivantes :

- Être effectuée à l'aide d'une machinerie limitant les impacts (comme l'orniérage) ;
- Être exécutée sur des superficies restreintes ;
- Viser à maintenir ou à récupérer un usage existant, tel qu'une plage ou une aire d'accostage d'un quai ou d'une marina.

4. Revégétalisation de la zone excavée et des zones dénudées

La revégétalisation de la zone excavée (373 m²) et des zones dénudées (692 m²) sera exécutée manuellement puisqu'aucune machinerie ne sera utilisée lors de cette étape de la restauration. Cette étape sera réalisée à la fin des travaux d'excavation et de remblaiement. Deux espèces d'arbustes indigènes seront utilisées pour revégétaliser les 1 065 m² de restauration, le saule discolor et le saule de l'intérieur. Ces deux espèces ont été utilisées avec un taux de croissance et de survie très important par la ZIPSE lors de travaux de restauration à Montmagny en 2017 et en 2018 (Joubert,

2019). La réussite de ce projet nous amène à utiliser la même technique pour planter ces deux espèces, soit en utilisant des boutures disposées en quinconce (Figure 33). 12 000 boutures vont ainsi être utilisées pour revégétaliser les zones avec une moyenne de 12 boutures par mètre carré, en veillant à avoir une proportion de près de 30 % de saule discolor, soit 3 600 boutures et de près de 70 % de saule de l'intérieur, soit 8 400 boutures. Des rangées plus denses de saules seront utilisées dans la zone remblayée afin de contribuer à l'éradication du roseau commun (Karathanos, 2015).

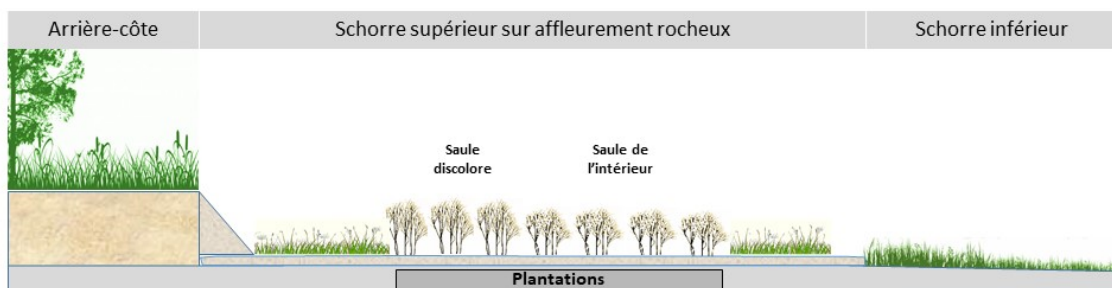


Figure 33. Dispositif de plantation mixte de saules sp.

Les boutures de saule seront transplantées directement dans le sédiment. Elles seront enfoncées à la main ou à l'aide d'un maillet de caoutchouc dans un trou percé préalablement dans le sédiment à l'aide d'une tige d'acier. Cette technique est peu coûteuse et facilement réalisable. Il est prévu également de rabattre les tiges de saules par une coupe rase en octobre ou novembre 2020 afin de stimuler la multiplication des branches pour atteindre une plus grande densité l'année suivante.

Calendrier des travaux et du suivi

L'ensemble des travaux de restauration ont été planifiés dans un calendrier provisoire en indiquant le temps requis pour les réaliser (Tableau 10). Les délais ont été évalués en fonction de l'expérience que la ZIPSE possède d'après les travaux précédents du même type.

Les différentes méthodes utilisées pour le suivi des travaux seront présentées dans un rapport de suivi à l'hiver 2021. Il est prévu deux sorties après les travaux pour réaliser le suivi jusqu'à l'hiver. À l'aide d'une plateforme aéroportée, il sera possible de prendre des photographies aériennes des travaux réalisés et de faire un suivi du taux de recouvrement de la végétation dans les secteurs restaurés. Une caméra est également en place afin de récolter des images toutes les 5 minutes pour apprécier le comportement du secteur face aux aléas côtiers. Des parcelles seront installées dans les secteurs restaurés afin de suivre la croissance et le taux de survie des boutures qui auront été plantées lors de la restauration. En dernier lieu, des inventaires ichtyologiques annuels, suivant le même protocole d'échantillonnage, seront réalisés au même endroit et à la même période afin de suivre les populations de poisson présentes dans le secteur restauré pendant les deux prochaines années.

Tableau 10. Calendrier de réalisation des travaux de restauration et de plantations

À réaliser	Mai- Juin	Juillet - Août	Septembre - Octobre
Nettoyage	½ journée		
Excavation	2 journées		
Plantation	1 semaine		
Suivi plantation		1 jour	1 jour

Conclusion

Le marais saumâtre de la zone côtière de l'île aux Grues est extrêmement riche au niveau de sa biodiversité. Certaines perturbations telles que l'érosion côtière et l'envahissement par des espèces de plantes exotiques mettent réellement sa pérennité en péril. La diversité d'espèces et le nombre d'espèces à statut précaire et recensé lors des inventaires menés par la ZIPSE en 2019 augmentent la valeur de ces marais et des habitats adjacents. Cette faune et cette flore rare justifient davantage la restauration de zones perturbées qui ont probablement constitué des habitats potentiels pour ces espèces par le passé.

Sur un site choisi par la ZIPSE, correspondant à la zone de restauration projetée, la restauration de l'étage supérieur du marais en contrôlant et en éradiquant une colonie de roseaux communs, ainsi qu'en revégétalisant manuellement des secteurs perturbés est donc recommandée dans le but de réduire l'érosion et de réhabiliter l'habitat du poisson. Des plantations issues de techniques qui s'inspirent du génie végétal permettront de regarnir certaines parties du schorre supérieur où la végétation peine à résister aux changements récents. La combinaison de ces interventions permettra à ce secteur d'être plus résistant face aux divers aléas côtiers.

À terme, les actions de restauration proposée à l'île aux Grues permettront de diminuer les pertes pour l'habitat du poisson dans les habitats côtiers et d'augmenter la biodiversité en préservant et restaurant des habitats naturels perturbés pour les espèces fourragères telles que le hareng.

Aussi, des relevés sur le terrain seront également réalisés à la suite des travaux afin d'effectuer des suivis du contrôle du roseau commun et de la croissance des boutures de saule.

Références

- Argus Inc (2002). Contrôle de l'érosion et perspectives d'aménagement - Île aux Grues. 70 p.
- Arsenault, M., G. H Mittelhauser, D. Cameron, A. C. Dibble, A. Haines, S. C. Rooney & J. E. Weber. 2013. *Sedges of Maine. A field guide to Cyperaceae*. The University of Maine Press. Orono, Maine. U.S.A.
- Bazoges, A., D. Lachance et C. Villeneuve. 2015. Identification et délimitation des milieux humides du Québec méridional. Les Publications du Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la lutte contre les changements climatiques, Direction de l'expertise en biodiversité et Direction de l'aménagement et des eaux souterraines, 64 pages + annexes.
- Bernatchez, P. 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*, vol. 140, no.2, p. 91-104.
- Bernatchez, P., et Drejza, S. (2015). Réseau de suivi des infrastructures vulnérables à l'érosion côtière du Québec maritime – Guide pour les utilisateurs. LDGIZC-UQAR, 54 p.
- Bhiry, N., Cloutier, D., Couillard, L., Gervais, A., Lamarre, P., Normandeau, M. et Ousmane Dia, A. (2013). Évolution des hauts marais de l'estuaire d'eau douce du Saint-Laurent et stratégies de protection des espèces en situation précaire dans une perspective de changements climatiques. Rapport de recherche # 554016-111, 134 p.
- Bonnier Roy, F. (2019). L'influence des conditions météo-marines et des ouvrages de protection sur la morphosédimentologie des plages et de l'herbier à spartine alterniflore, Île aux Coudres (Québec, Canada). Université du Québec à Rimouski. 365p.
- Brouillet, L., F. Coursol, S.J. Meades, M. Favreau, M. Anions, P. Bélisle et P. Desmet. 2010+. VASCAN, la Base de données des plantes vasculaires du Canada. <http://data.canadensys.net/vascan/>
- Centre Saint-Laurent. (1996). Rapport-synthèse sur l'état du Saint-Laurent. (MultiMondes, Dir.) (2e éd.). Montréal. Consulté à l'adresse <http://books.google.com/books?id=60Na7hpSXFEC&pgis=1>
- Comité Flore québécoise de FloraQuebeca. 2009. *Plantes rares du Québec méridional. Guide d'identification* produit en collaboration avec le Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ). Les Publications du Québec, Québec. 406 p.
- Comité Flore québécoise de FloraQuebeca. 2009. *Plantes rares du Québec méridional. Guide d'identification* produit en collaboration avec le Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ). Les Publications du Québec, Québec. 406 p. ISBN 978-2551-19842-9.

- Didier, D. (2014). Évaluation de la submersion côtière par l'estimation in situ du wave runup sur les côtes basses du Bas-Saint-Laurent, Québec. Mémoire de maîtrise en géographie, Université du Québec à Rimouski, 182 p.
- Dionne, J. (1977). La mer de Goldthwait au Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 31 (1-2), 61-80.
- Dionne, J.-C. (1985). Tidal Marsh Erosion by Geese, St. Lawrence Estuary, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 39(1), 99-105.
- Dionne, J.-C. (2004). Âge et taux moyen d'accrétion verticale des schorres du Saint-Laurent estuarien, en particulier ceux de Montmagny et de Sainte-Anne-de-Beaupré, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 58 (1), 73-108. <https://doi.org/10.7202/013111ar>
- 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.
- Dionne, J.-C. (2000). Érosion récente du schorre supérieur à Sainte-Anne-de-Beaupré, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 54(1), p. 69-89.
- Dionne, J.-C. (2000). Nouvelles données sur l'érosion du schorre supérieur à Montmagny, moyen estuaire du Saint-Laurent. *Géographie physique et Quaternaire*, 54(2), p. 219-230.
- eBird.org. 2019. Liste des espèces d'oiseaux observées pour le secteur de L'Isle-aux-Grues de 1900 à 2019. Histogramme d'observations d'oiseaux en ligne. https://ebird.org/barchart?byr=1900&eyr=2019&bmo=1&emo=12&r=CA-QC_103
- eFlora.org. 2004. Flora of North America, Liste taxonomique et recherche d'espèces [en ligne]. Adresse URL : http://www.efloras.org/flora_page.aspx?flora_id=1
- Etongué Mayer, R., Y. Roche et D. Moufao. 2002. Dictionnaire des termes géographiques contemporains. Guérin éditeur.
- Fleurbec. 1985. Plantes sauvages du bord de la mer (guide d'identification), Fleurbec éditeur.
- Fleurbec. 1987. Plantes sauvages des lacs, des rivières et des tourbières (guide d'identification), Fleurbec éditeur.
- FloraQuebeca. 2019. Clés d'identification. Adresse URL : <http://www.floraquebeca.qc.ca/florefamille/cles-didentification/>
- Gauthier, B. 2000. L'estuaire du Saint-Laurent : synthèse phytogéographique. Gouvernement du Québec, ministère de l'Environnement, Direction du patrimoine écologique et du développement durable, Québec. 33 p.

GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat). 2019. IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse gas fluxes in Terrestrial Ecosystems, 41p.

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

Hocq, M. et Dubé, C. (1994) Géologie du Québec. Les publications du Québec, Québec, 154 p.

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

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

Landry, L.-M. 2013. Les espèces floristiques typiques des milieux humides du Québec, répertoire photographique des principales espèces. Publié sur le site internet de FloraQuebeca, mai 2013

Lapointe, M. 2014. Plantes de milieux humides et de bord de mer du Québec et des Maritimes. Guide d'identification. Éditions Michel Quintin. ISBN 9782894359693

Lavoie, C. 2019., 50 Plantes envahissantes, Protéger la nature et l'agriculture. Les Publications du Québec. ISBN 9 782 551 263 905

Limber, P. W., et Murray, A. B. (2014). « Unraveling the dynamics that scale cross-shore headland relief on rocky coastlines: 2. Model predictions and initial tests ». *Journal of Geophysical Research-Earth Surface*, vol. 119, no.4, p. 874-891.

Marie-Victorin, F. 2001. La flore laurentienne, Presses de l'Université de Montréal.

Michel Robert, Marie-Hélène Hachey, Denis Lepage et Andrew R. Couturier (sous la direction de). 2019. Deuxième atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional. Regroupement QuébeOiseaux, Service canadien de la faune (Environnement et Changement climatique Canada) et Études d'Oiseaux Canada. Montréal xxv + 694 p.

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

N. Samuel-Leduc, Tremblay, J.-F. et Prince-Ferron, A. 2008. Une île de l'estuaire moyen. Monographie de L'Isle-aux-Grues. Travail du module de géographie (GEO-231-05). Université du Québec à Rimouski.

- Newcomb, L. 1983. Guide des Fleurs sauvages du Québec et de l'Est de l'Amérique du Nord. Broquet
- Ogawa, H., Dickson, M. E. et Kench P. S. (2011). « Wave transformation on a sub-horizontal shore platform, Tatapouri, North Island, New Zealand ». *Continental Shelf Research*, vol. 31, no.14, p. 1409-1419.
- Ogawa, H., Kench, P. et Dickson, M. (2012). « Field Measurements of Wave Characteristics on a Near-Horizontal Shore Platform, Mahia Peninsula, North Island, New Zealand ». *Geographical Research*, vol. 50, no.2, p. 179-192.
- Plante, C. (2005). « DES MARAIS ET DES HOMMES » Nature et culture à L'Isle-aux-Grues, de l'époque amérindienne à aujourd'hui. Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec, 252 p.
- Rachel D. Simons , Stephen G. Monismith , François J. Saucier , Ladd E. Johnson & Gesche Winkler (2010) Modelling stratification and baroclinic flow in the estuarine transition zone of the St. Lawrence estuary, *Atmosphere-Ocean*, 48:2, 132-146.
- Registre public des espèces en péril au Canada. 2011. Gouvernement du Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada : https://faune-especes.canada.ca/registre-especes-peril/sar/index/default_f.cfm
- Saucier, F. J., Roy, F., Senneville, S., Smith, G., Lefaiivre, D., Zakardjian, B. & Dumais, J.-F. (2009). Modélisation de la circulation dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent réponse aux variations du débit d'eau douce et des vents. *Revue des sciences de l'eau/ Journal of Water Science*, 22 (2), 159–176.
- Sibley, D.-A. 2016. *The Sibley Field Guide to Birds of Eastern North America: Second Edition*
- Simons, R. D., Monismith, S. G., Saucier, F. J., Johnson, L. E. et Winkler, G. (2010). Modelling stratification and baroclinic flow in the estuarine transition zone of the St. Lawrence estuary. *Atmosphere-Ocean*, 48(2), 132 146. doi:10.3137/OC316.2010
- St-Onge, D. (2010). Dispersion lagrangienne dans l'estuaire moyen du Saint-Laurent, Mémoire de maîtrise, UQAR, Rimouski, 139 p.
- Strahler, A. et Archibold, O.W. 2008. *Physical geography*. 4ième édition, États-Unis, 652 p.
- Strahler, A.H., Archibold, O.W., Burn, C.R. et Gilbert, R. (2008). *Physical geography: science and systems of the human environment*. Hoboken, N.J., John Wiley & Sons, 652 p.
- Winkler, G., Dodson, J. J., Bertrand, N., Thivierge, D. et Vincent, W. F. (2003). Trophic coupling across the St. Lawrence River estuarine transition zone. *Marine Ecology Progress Series*, 251, 59 73.

Annexes

Annexe 1. Fiche de segmentation côtière.

Région	CARACTÉRISATION CÔTIÈRE ZIPSE 2019 (FICHE DE SEGMENTATION)		
Date et heure :	Observateurs		
CARACTÉRISATION DU SEGMENT			
# de segment	Point GPS	Sens : vers	
Type de côte			# photos
Configuration	convexe, concave, fortem. indenté, légèrem. indenté, rectil.		

1. BAS ESTRAN	6. LIGNE DE RIVAGE
<i>Indices: l'avant flexure, dégagé à marée basse et masqué à marée montante</i>	<i>Indices: limite de végétation dense, débris organiques, micro-t, falaises.</i>
a. Infra. (artificialité)	a. Hauteur
b. État de l'infra	b. Végétation
	c. État ligne de riv.
	d. Infra.(artificialité)
	e. État de l'infra.
	f. Notes:

2. SCHORRE INFÉRIEUR	7. HAUTE-PLAGE
<i>Indices: Masqué à marée haute, spartine alterniflore</i>	<i>Indices: partie supérieure végétalisée de la plage en bas du talus d'érosion</i>
a. État	a. Largeur
b. Largeur	b. Végétation
c. Éléments morpho.	c. Infra.(artificialité)
d. Notes:	d. État de l'infra.
	e. Éléments morpho.
	f. Notes:

3. LIMITE ENTRE SCHORRE INF. ET SUP.	8. TRAIT-DE CÔTE
<i>Indices: souvent délimité par une encoche d'érosion</i>	<i>Indices: falaise, limite entre la côte et l'arrière-côte, végétation</i>
a. Lithologie / strati.	a. Hauteur
b. Hauteur	b. Végétation
c. Notes:	c. État trait de côte
	d. Infra.(artificialité)
	e. État de l'infra.
	f. Éléments morpho.
	g. Notes:

4. SCHORRE SUPÉRIEUR	9. ARRIÈRE-CÔTE
<i>Indices: Présence de marelles, n'est pas touché par les marée haute moy.</i>	<i>Indices: terres derrière la ligne de rivage, souvent aménagés ou forestiers</i>
a. Lithologie / strati.	a. Activités/usage
b. Largeur	b. Éléments morpho.
c. Éléments morpho.	c. Notes:
d. Notes:	

5. HAUT ESTRAN	
<i>Indices: plage de sable, gravier, blocs, etc.</i>	
a. Lithologie / strati.	
b. Largeur	
c. Infra.(artificialité)	
d. État de l'infra.	
e. Notes:	

Remarques :
