

Caractérisation biophysique de Saint-Ulric



Janvier 2021

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

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire :

Francis Bonnier Roy, M. Sc., Géomorphologue

Jonathan Pothier, M. Sc., Biologiste

Roxanne Noël, M. Sc., Biologiste

Étienne Bachand, M. Sc., Géomorphologue

Jean-Étienne Joubert, Naturaliste

Philippe Bois, Technicien en écologie appliquée et géomatique

Équipe terrain :

Francis Bonnier Roy Jean-Étienne Joubert

Philippe Bois Jonathan Pothier

Kassandra Croteau Félix Lafond

Samuel Bolduc

Partenaires et collaborateurs

Pêches et Océans Canada

Ministère de la Faune, des Forêts et des Parcs

Municipalité de Saint-Ulric

MRC de la Matanie

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

REMERCIEMENT

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la collecte de données sur le terrain et à la rédaction ou la révision de ce rapport. Nous tenons à remercier plus particulièrement la MRC de la Matanie et la municipalité de Saint-Ulric pour leur précieuse collaboration à ce vaste projet de restauration côtière ainsi que les citoyens riverains pour leur partage de connaissances sur le milieu.

Nous remercions également, Hector Picard, pour son accueil amical pendant nos inventaires. Nous le remercions aussi d'avoir gentiment accepté de nous laisser installer une caméra de suivi sur son terrain pour nous permettre de suivre le comportement du secteur face aux aléas côtiers.

CITATION RECOMMANDÉE :

Bonnier Roy, F., R. Noël, J.-É. Joubert, P. Bois & J. Pothier. 2020. Caractérisation biophysique de Saint-Ulric. Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire. Rimouski, Québec. 68 p. + annexes.

TABLE DES MATIÈRES

Résumé.....	1
Mise en contexte.....	2
1. Description de l'aire d'étude.....	4
1.1 Localisation de l'aire d'étude.....	4
1.2 Contexte géologique et glaciaire.....	6
1.3 Conditions hydrodynamiques.....	8
1.3.1 Vitesse et direction des vents.....	8
1.3.2 Vagues et transport sédimentaire.....	9
1.3.3 Marée et niveaux d'eau.....	10
1.3.4 Glaces.....	11
1.4 Hydrologie locale.....	13
1.5 Habitats naturels d'intérêt.....	14
1.6 Occupation du sol et zonage.....	15
2. Méthodologie.....	16
2.1 Caractérisation biologique.....	16
2.1.1 Inventaire floristique, ornithologique et ichtyologique.....	16
2.2 Caractérisation géomorphologique.....	19
2.2.1 Segmentation de la zone côtière.....	19
2.2.2 Évolution historique de la côte.....	21
2.2.3 Levé d'imagerie aérienne.....	22
2.2.4 Profils topographiques.....	23
2.2.5 Analyse granulométrique.....	24
2.2.6 Caméra de suivi.....	24
3. Résultats.....	26
3.1 Caractérisation biologique.....	26
3.1.1 Inventaire floristique.....	26
3.1.2 Inventaire d'oiseaux.....	38
3.1.3 Inventaire ichtyologique.....	41
3.2 Caractérisation géomorphologique.....	44

3.2.1	Évolution historique de la côte	44
3.2.2	Segmentation de la zone côtière.....	46
3.2.3	Levé d'imagerie aérienne.....	48
3.2.4	Profils topographiques	49
3.2.5	Analyses granulométriques	50
3.3	Synthèse des résultats.....	51
4.	Conception et aménagement.....	52
4.1	Préparation et nettoyage du site.....	52
4.2	Recharge sédimentaire	53
4.2.1	Détails techniques.....	53
4.2.2	Équipement.....	56
4.2.3	Estimation des coûts approximatifs.....	56
4.3	Végétalisation de la haute-plage et de l'arrière-plage.....	57
4.4	Empiètement	59
5.	Calendrier des travaux et du suivi	60
	Conclusion.....	61
	Références.....	63
	Annexes	69

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Localisation du secteur à l'étude et de la zone de restauration projetée à Saint-Ulric.....	4
Figure 2. Espace côtier dans la zone de restauration projetée à marée basse.....	5
Figure 3. Dépotoir clandestin dans la zone de restauration projetée.....	5
Figure 4. Profil littoral typique de la zone d'étude (Dionne, 2002a).....	6
Figure 5. Origine et nature des dépôts de surface du secteur à l'étude. Modifié de Dionne et Coll, 1995.....	7
Figure 6. Rose des vents de la station de Mont-Joli (#7 055 120). Climat Québec, cité dans Arsenault, 2016.....	8
Figure 7. Carte de la cellule hydrosédimentaire de Saint-Ulric et Matane-sur-Mer.	9
Figure 8. Accumulation sédimentaire sableuse sur l'estran à la fin de la cellule hydrosédimentaire.....	10
Figure 9. Données historiques glacielles de l'estuaire du Saint-Laurent entre 1969 et 2016. La couleur est basée selon les anomalies en fonction des données historiques entre 1981 et 2010 (le bleu représente une durée plus longue ainsi qu'un volume plus grand et inversement une durée courte et un volume plus petit pour le rouge). Modifié de : Galbraith et al, 2017.....	12
Figure 10. Bassins versants et bathymétrie de la région de Saint-Ulric.	13
Figure 11. Territoire et espèces à statut particulier près de la zone de restauration projetée.	14
Figure 12. Occupation du sol dans la région de Saint-Ulric.....	15
Figure 13. Zone d'inventaire floristique, ornithologique et ichtyologique.....	16
Figure 14. Déplacement vers un point d'observation.....	17
Figure 15. Installation du verveux.....	18
Figure 16. Trait de senne sur l'estran à marée haute à Saint-Ulric, 1er octobre 2020.	18
Figure 17. Segmentation côtière de la zone à l'étude, Saint-Ulric.....	19
Figure 18. Nomenclature des segments d'une terrasse de plage stable.	20
Figure 19. Exemple d'une cible. La coordonnée est prise au centre des carrés noirs et blancs, à l'intersection à l'aide d'un D-GPS Arrow Gold.	22
Figure 20. Les vingt profils dans la zone de restauration projetée sont faits à l'aide d'un D-GPS Arrow Gold.	23

Figure 21. Caméra de suivi installée à Saint-Ulric.	24
Figure 22. Image issue de la caméra de suivi la journée de l'installation à Saint-Ulric.	25
Figure 23. Habitat de plage.....	26
Figure 24. Illustration des divisions du littoral de Saint-Ulric.....	27
Figure 25. Bas-estran rocheux, banc d'algues ochrophytes et lobe de sable.....	27
Figure 26. Dallage de bloc.	28
Figure 27. Haute-plage végétalisée	28
Figure 28. Érosion sur la haute-plage végétalisée.....	29
Figure 29. Enrochement et plage de galets et de sable grossier.....	29
Figure 30. Sentier improvisé dans la végétation de la haute-plage	30
Figure 31. Embouchure de ruisseau à algue verte dans la haute-plage.....	30
Figure 32. Embouchure de ruisseau à algue brune filamenteuse dans la haute-plage	31
Figure 33. Colonie d'algues ochrophytes sur le bas-estran rocheux.....	31
Figure 34. Fucus denté.....	32
Figure 35. Cuvette marine colonisées par une diversité d'algues sur le bas-estran rocheux.....	32
Figure 36. Colonie de séneçon fausse-arnica sur le bas de la haute-plage.....	34
Figure 37. Arrière-plage.....	36
Figure 38. Colonie de balanes côtelées du nord sur un bloc glacié.....	40
Figure 39. Montage photo des quatre espèces de poissons capturés à Saint-Ulric....	41
Figure 40. Quantité de poissons capturée par espèce dans les deux types d'engins de pêche.	42
Figure 41. Gammares capturés à l'aide du verveux.	43
Figure 42. Évolution historique de la ligne de rivage dans la zone d'étude à Saint-Ulric entre 1963 et 2015.....	45
Figure 43. Relation entre l'artificialité de la côte et la présence d'un haut de plage végétalisé.....	46
Figure 44. État de la côte dans la zone à l'étude à Saint-Ulric.	48
Figure 45. Zone couverte par le levé d'imagerie au drone du 21 août 2020 à Saint- Ulric.....	48

Figure 46. Points pris au DGPS et modèle numérique de terrain (TIN) dans la zone de restauration projetée à Saint-Ulric.....	49
Figure 47. Localisation et taille des échantillons granulométriques dans le secteur d'intervention projeté à Saint-Ulric.	50
Figure 48. Recharge sédimentaire et nettoyage du dépotoir clandestin prévu dans la zone de restauration projetée, Saint-Ulric. Les altitudes sont dans le datum altimétrique CGVD2013.....	54
Figure 49. Fuseau granulométrique du MG-56 et des échantillons sédimentaires de la plage.....	55
Figure 50. Mertensie maritime sur le bas de la haute-plage.....	57
Figure 51. Travaux de plantation prévus dans la zone de restauration projetée, Saint-Ulric.....	58

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Données hydrographiques pour le port de référence de Matane. Toutes ces hauteurs sont en fonction du niveau zéro des cartes (Source : Service hydrographique du Canada dans Arsenault, 2016).....	11
Tableau 2. Plantes vasculaires et algues marines identifiées sur le bas-estran rocheux	33
Tableau 3. Plantes vasculaires identifiées sur la haute-plage	35
Tableau 4. Plantes vasculaires identifiées sur l'arrière-plage.....	36
Tableau 5. Espèces et nombres d'oiseaux observés le 22 juillet 2020	39
Tableau 6. Liste des autres espèces fauniques observées.....	40
Tableau 7. Données physico-chimiques mesurées lors de l'inventaire.....	43
Tableau 8. Taux de déplacement historiques moyens (m/an) de la zone à l'étude à Saint-Ulric.....	45
Tableau 9. Options de gestion des matières résiduelles	53
Tableau 10. Granulométrie MG-56 et CG-14.....	56
Tableau 11. Estimation des coûts des travaux de la recharge sédimentaire.	56
Tableau 12. Description de la tarification des travaux de végétalisation prévus.	58
Tableau 13. Surface d'empiètement des travaux sur le littoral.	59
Tableau 14. Calendrier de réalisation des travaux de préparation du site, de recharge sédimentaire et de plantations.	60

RÉSUMÉ

Le secteur à l'étude à l'ouest de Saint-Ulric possède des habitats côtiers essentiels pour la faune aviaire et ichthyenne : une plage sablo-graveleuse et un estran rocheux couvert par des colonies très denses d'algues. La présence de matières résiduelles dans le talus et sur la plage, à travers des zones dégradées et dénudées, a amené l'équipe du Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, en collaboration avec la municipalité de Saint-Ulric 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 2020.

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

L'analyse de photographies aériennes anciennes et récentes a permis de constater les tendances de l'évolution historique de la ligne de rivage qui ont généré la morphologie actuelle de la côte. Les résultats ont démontré que les berges du secteur sont généralement stables et végétalisées. Les faibles taux d'érosion enregistrés démontrent une certaine résilience de la côte à l'érosion côtière et il semble que les secteurs en proie à l'érosion lors d'événements de tempêtes ont été régénérés par des apports sédimentaires favorisant un retour à un état végétalisé stable.

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

Afin de limiter les risques d'érosion lors des prochains événements de tempête et de contribuer à la capacité de résilience du milieu, une recharge sédimentaire a été préconisée, associée à une plantation d'espèces indigènes adaptées aux conditions. Pour préparer le site avant les travaux, un nettoyage du talus et du haut de plage sera réalisé, en enlevant toutes les matières résiduelles présentes. Ainsi les travaux prévus auront pour objectif de réhabiliter et 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. C'est près d'une quinzaine de projets de restauration qui ont déjà été réalisés dans différents types d'habitats côtiers représentant plus de 60 000 m² d'habitats côtiers restaurés. Ainsi la ZIPSE désire poursuivre ses efforts de restauration d'habitats côtiers à s'adapter aux effets des changements climatiques et aux pressions exercées par les activités humaines.

À l'automne 2017, le Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire a débuté un projet financé par le Fonds pour la restauration côtière de Pêches et Océans Canada appelé : Restauration d'habitats côtiers sur la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent. Ce projet est d'une durée de cinq ans et vise à restaurer des habitats ayant une grande diversité d'habitats côtiers clés afin d'augmenter leur résilience face aux changements climatiques. Le projet vise également à atténuer les menaces affectant les populations de poissons fourragers typiques de la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent. Plus précisément, 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. Réaliser 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 ouest de Saint-Ulric fait partie des sites à restaurer dans le cadre de ce présent projet. Ce secteur comporte une zone dégradée dont le talus érodé laisse apparaître un ancien dépotoir clandestin composé de divers types de matières résiduelles.

La caractérisation sommaire réalisée à l'été 2018 avait déjà permis de constater qu'il fallait intervenir rapidement pour éviter que les matières résiduelles ne continuent à polluer le fleuve Saint-Laurent dans ce secteur.

La première étape du projet de restauration côtière à Saint-Ulric fut la réalisation d'une caractérisation biophysique du milieu côtier. Cette étape est cruciale, car elle a permis d'identifier les actions adéquates à entreprendre en fonction des caractéristiques du milieu. Celle-ci se décline 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 d'imageries aériennes historiques, la segmentation côtière ainsi que des relevés topographiques à l'aide d'une plateforme d'imagerie aérienne de basse altitude.

Cette première étape mènera aux travaux de restauration qui seront réalisés au printemps et à l'été 2021. Un suivi des travaux sera par la suite réalisé jusqu'à l'automne.

1. DESCRIPTION DE L'AIRE D'ÉTUDE

1.1 LOCALISATION DE L'AIRE D'ÉTUDE

La zone d'étude est située sur la rive sud de l'estuaire maritime du Saint-Laurent dans la municipalité de Saint-Ulric, faisant partie de la MRC de la Matanie. La zone à l'étude fait 1 630 m de longueur, soit toute la portion du cœur du village de Saint-Ulric située à l'ouest de la rivière Blanche. La zone de restauration projetée d'une longueur de 120 mètres linéaire est située près de l'intersection de l'avenue Ulric Tessier et de la rue des Lacs (Figure 1).

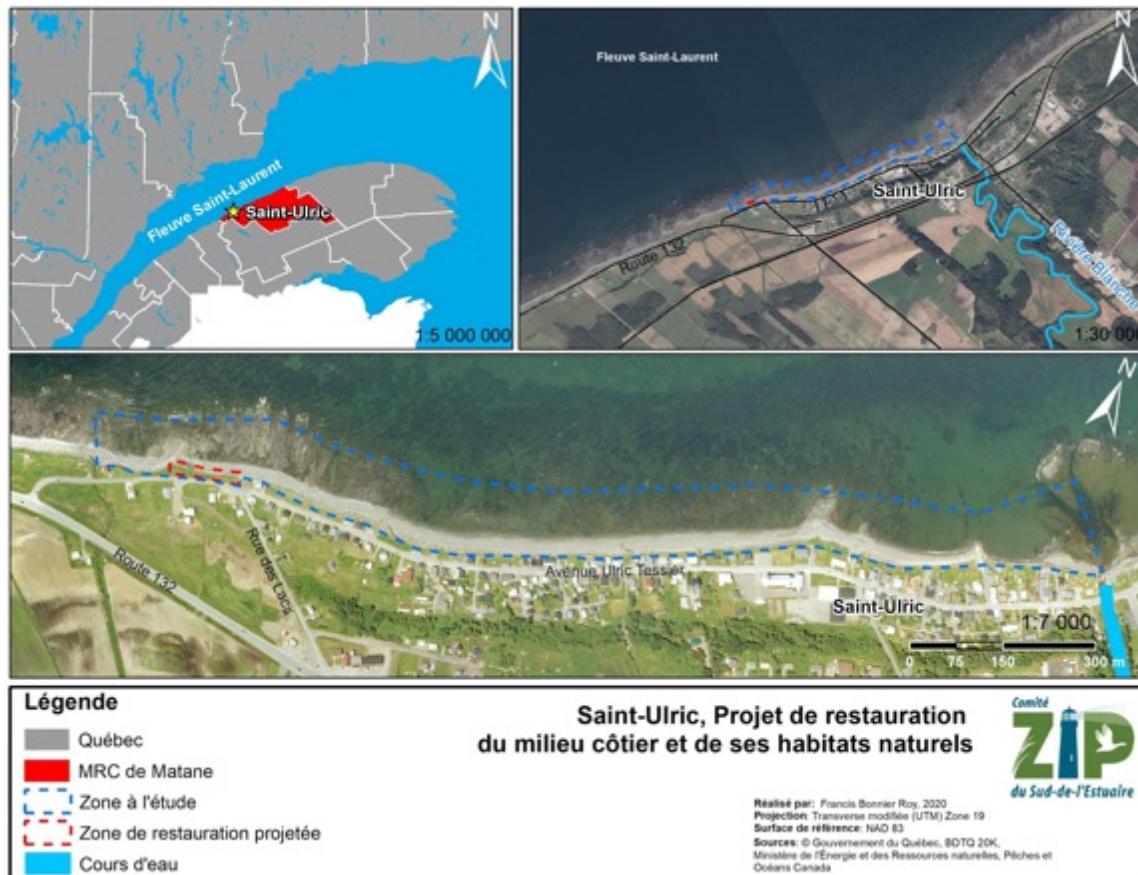


Figure 1. Localisation du secteur à l'étude et de la zone de restauration projetée à Saint-Ulric.

La zone côtière de l'aire d'étude est caractérisée par la terrasse de plage anthropisée, une courte plage d'une vingtaine de mètres et d'une plateforme rocheuse variant entre 150 et 250 m (Figure 2).



Figure 2. Espace côtier dans la zone de restauration projetée à marée basse.

Dans la zone de restauration projetée, la terrasse de plage anthropisée est caractérisée par un ancien remblai rempli de matières résiduelles (carcasses de voitures, béton, asphalte, bois, plastiques). Ce remblai est un ancien dépotoir clandestin qui est devenu apparent avec l'érosion du talus (Figure 3). Si bien que le fleuve Saint-Laurent a beaucoup lessivé le remblai et de nombreux débris ont disparu avec les courants et les tempêtes de ces vingt dernières années. Ces débris constituent donc une pollution importante pour cet écosystème.



Figure 3. Dépotoir clandestin dans la zone de restauration projetée.

1.2 CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET GLACIAIRE

Le paysage du secteur à l'étude fut modelé en partie par la dernière période glaciaire. Après la fonte de l'inlandsis laurentidien il y a 13 000 ans, le niveau marin relatif s'est élevé de 3,5 à 4,5 m au-dessus du niveau actuel (Dionne, 2002b). C'est ainsi que la mer de Goldthwait a submergé la zone du littoral actuel sur une largeur de 3 à 4 km dans la région de Matane et y a déposé, vers 2 000 ans BP, des sédiments marins qui forment aujourd'hui la terrasse Mitis (**Figure 4**) (Dionne, 1977 ; Héту 1994 ; Dionne, 1995 ; Dionne, 1997b ; Dionne 2002b). Cette basse terrasse constituée de sable et de gravier est aujourd'hui très anthropisée par des routes et des résidences dans la zone à l'étude. Sous ces sédiments, le socle rocheux de type sédimentaire appalachien est issu du mélange de Cap-Chat composé particulièrement d'argiles, de roches calcaires et de grès (Cousineau, 1998).

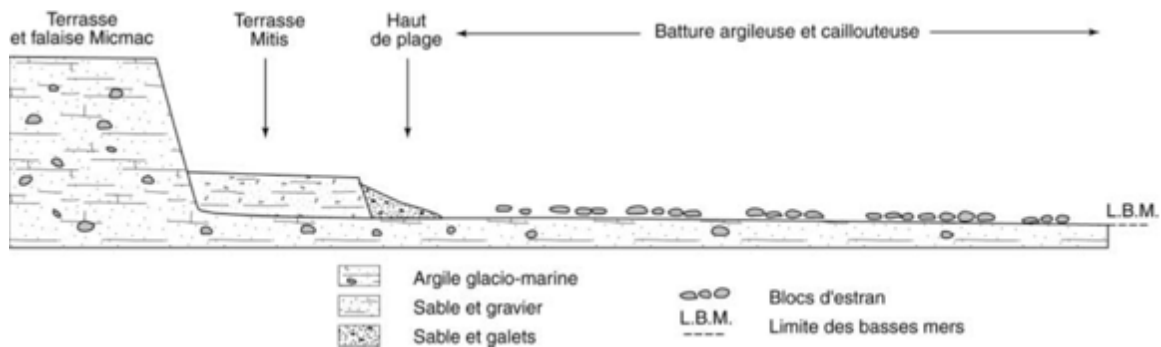


Figure 4. Profil littoral typique de la zone d'étude (Dionne, 2002a).

Sur la Figure 5, il est possible de voir que l'ensemble de la région est recouvert en surface par des dépôts de sédiments marins de la mer de Goldwaith et que l'escarpement d'érosion (falaise MicMac) est présent à proximité du linéaire côtier sur son entièreté.

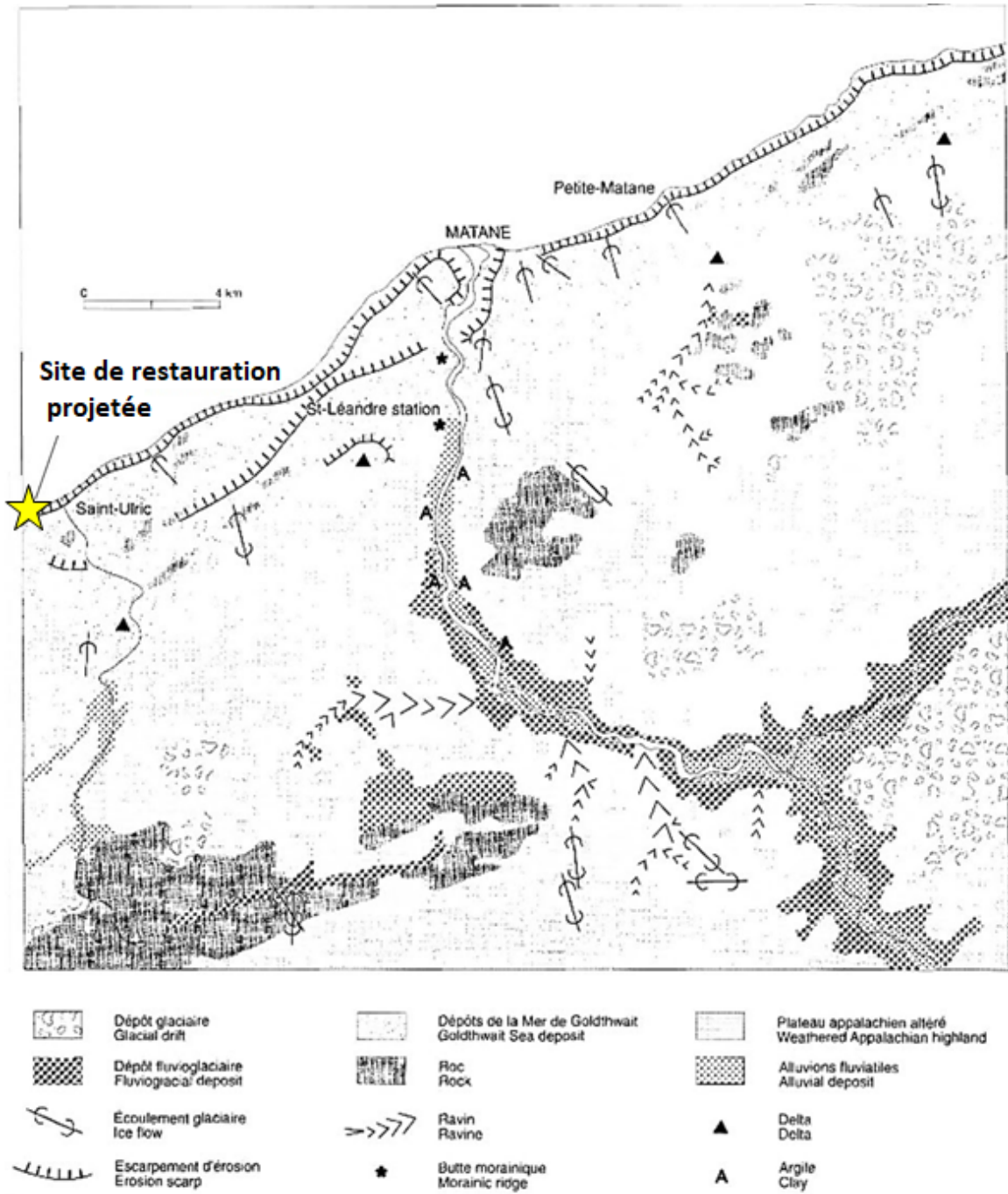


Figure 5. Origine et nature des dépôts de surface du secteur à l'étude. Modifié de Dionne et Coll, 1995.

1.3 CONDITIONS HYDRODYNAMIQUES

1.3.1 Vitesse et direction des vents

La station météorologique d'Environnement Canada la plus proche est celle de Mont-Joli, située à 42 km à l'ouest de Saint-Ulric. Selon Climat Québec, cité dans Arsenault (2016), la direction générale des vents est ouest et sud-ouest sauf en mars, avril et mai où la provenance des vents est plutôt du nord-est (Figure 6). La vitesse moyenne des vents est de 16 km/h de mai à octobre et où les normales de trois jours ont été enregistrées avec des vents supérieurs à 52 km/h. Pour les mois de novembre à avril, les vents sont en moyenne de 20 km/h et avec des normales de 12,6 jours de vents supérieurs à 52 km/h.

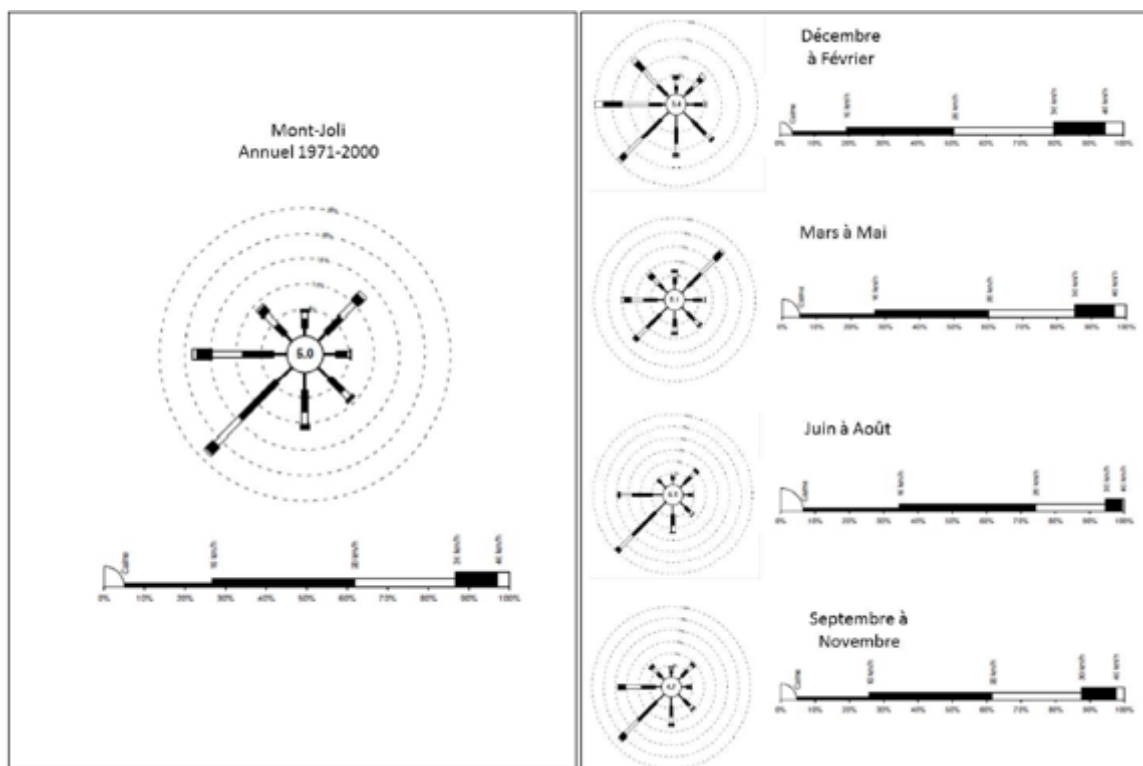


Figure 6. Rose des vents de la station de Mont-Joli (# 7 055 120). Climat Québec, cité dans Arsenault, 2016.

Selon l'étude de Friesinger et coll. (2010), la vitesse moyenne des vents a légèrement diminué depuis les années 1950 dans le Québec maritime. On remarque qu'à partir des années 1970, il y a un changement dans le patron des vents, soit une diminution de la proportion des vents d'ouest au profit des vents du nord et du nord-est (Arsenault, 2016). Ce phénomène est encore plus marqué pour les vents de plus de 60 km/h. Il a aussi été évalué que lors des événements de tempêtes étudiés par Arsenault (2016), la vitesse maximale des vents était de 40 à 84 km/h (moyenne de 53 km/h) provenant du nord (48 %) ou du nord-est (52 %).

1.3.2 Vagues et transport sédimentaire

Dans l'estuaire du Saint-Laurent, la relation est étroite entre le vent et les vagues puisque celles-ci dépendent de la vitesse du vent ainsi que la durée pendant laquelle il souffle et du fetch qui est l'étendue d'eau entre la zone de genèse de l'onde et la côte (Paskoff, 2012). Ainsi, la distance de fetch maximale est de 345 km en direction est-nord-est (71°) et de 142 km en direction ouest-sud-ouest (254°). Ces vagues générées au large sont un des facteurs importants du déplacement des sédiments sur la côte. Les vagues modélisées à 2,2 km au large de Saint-Ulric entre 1980 et 2009 par Lambert et coll. (2015) proviennent généralement du nord-est (36,7 %) et de l'ouest (33,6 %). L'angle d'incidence de ces vagues explique en grande partie le sens de la dérive littorale de ce secteur. La zone de restauration projetée fait partie de la cellule hydrosédimentaire de Saint-Ulric et de Matane-sur-Mer, qui s'insère dans l'unité de l'ouest de la Matanie (Figure 7) (Drejza et coll., 2014).



Figure 7. Carte de la cellule hydrosédimentaire de Saint-Ulric et Matane-sur-Mer.

La cellule de la Pointe de Saint-Ulric débute à la petite pointe à l'ouest du site de restauration projetée et se termine, non loin de la zone de restauration projetée, et se termine au port de Matane, totalisant près de 12 km linéaires. Depuis le port de Matane à l'est, le sens de la dérive littorale principale de cette cellule

hydrosédimentaire se fait en direction du sud-ouest vers le village de Saint-Ulric. Une dérive littorale secondaire est présente dans l'autre sens, soit vers le nord-est, mais de charge sédimentaire d'une moins grande importance. Une cellule hydrosédimentaire est une entité géomorphologique dans laquelle les sédiments de plage migrent à l'intérieur de celle-ci latéralement, mais peuvent aussi en être exclus en étant transportés vers le large lors d'événements de tempête ou par les glaces flottantes à la dérive au printemps. En somme, la dérive littorale amène les sédiments de cette cellule vers la zone à l'étude, ce qui permet, si la charge sédimentaire est conséquente, de favoriser l'accumulation de sable et la résilience à l'érosion. Cela permet d'accumuler de grands placages sédimentaires sableux sur l'estran rocheux comme sur la photo ci-dessous (Figure 8).



Figure 8. Accumulation sédimentaire sableuse sur l'estran à la fin de la cellule hydrosédimentaire.

1.3.3 Marée et niveaux d'eau

Les informations concernant la marée et les niveaux d'eau sont importants pour les interventions prévues sur la zone de restauration projetée. En effet, ces données sont utiles pour dimensionner et prévoir les travaux de restauration côtière. Les données hydrographiques les plus près se situent à 12 km au nord-est du site à la station du port de Matane (Tableau 1). Ce secteur est soumis à un cycle de marée de type semi-diurne, dont le marnage est de 2,6 m en période de marée moyenne, à 4,2 m lors de grandes marées. La hauteur maximale atteinte par la colonne d'eau lors des pleines mers supérieures de grandes marées est de 4,2 m au-dessus du zéro des cartes.

Tableau 1. Données hydrographiques pour le port de référence de Matane. Toutes ces hauteurs sont en fonction du niveau zéro des cartes¹ (Source : Service hydrographique du Canada dans Arsenault, 2016).

Port de référence	Matane		
Station	2955		
Type de marée	Semi-diurne		
Marnage	Marée moyenne		2,6 m
	Grande marée		4,2 m
Hauteur	Pleine mer supérieure	Marée moyenne	3,4 m
		Grande marée	4,2 m
	Basse mer inférieure	Marée moyenne	0,8 m
		Grande marée	0,0 m
Extrêmes enregistrés	Extrême de pleine mer		-
	Extrême de basse mer		-
Niveau moyen des mers			2 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). D'après Guoqi Han cité dans Arsenault (2016), une augmentation du niveau marin relatif moyen de 31,6 cm pourrait survenir à la station marégraphique de Rimouski d'ici 2100 (scénario RCP 8,5 du GIEC).

1.3.4 Glaces

La dynamique sédimentaire de la zone côtière de l'estuaire du Saint-Laurent est fortement influencée par des processus glaciels qui contribuent à la sédimentation, au transport et à l'érosion des sédiments (Drapeau, 1992 ; Centre Saint-Laurent, 1996). La glace située sur la frange supérieure du littoral est nommée pied de glace de haut estran par Dionne (1973). Dans la région de Saint-Ulric, elle varie entre 20 et

¹ Le zéro des cartes (ou zéro hydrographique) correspond au niveau atteint par les plus basses mers. Pour avoir la valeur géodésique (CGVD28), soustraire 3,01 m.

50 mètres de largeur pour une épaisseur de 40 cm à 100 cm. La largeur de la glace de bas estran soumise au battement des marées est quant à elle plus variable puisqu'elle se développe selon différents paramètres tels que la thermodynamique, l'exposition de la côte aux vents et la géomorphologie du littoral (Senneville et coll., 2013). Dans le secteur à l'étude, le pied de glace de bas estran peut varier entre 100 m jusqu'à plus de 1 km pour une épaisseur de 100 cm et 150 cm (Dionne, 1973). Sa période s'étendant de 3 à 5 mois, soit de la mi-décembre à la mi-avril. Toutefois, les changements climatiques affecteront le nombre de jours où la glace de bas estran sera présente tout en augmentant le nombre de jours où il est fragmenté dans l'horizon 2040-2070 (Senneville et coll., 2013). Ces mêmes auteurs mentionnent qu'un recul du front du pied de glace signifie une érosion accentuée sur les écosystèmes côtiers puisque les vagues qui se reflètent sur cet escarpement ont pour effet de favoriser les processus d'affouillement à la base et génèrent un abaissement de l'estran à cet endroit. De plus, les glaces flottantes constituent un des principaux agents sédimentologiques dans les zones littorales du Saint-Laurent en emprisonnant dans les couches inférieures des morceaux de schorre et des sédiments littoraux pouvant être évacués de la zone par les vagues et courants (Dionne, 1973).

Sur la Figure 9, les données historiques glacielles de l'estuaire du Saint-Laurent présentent la durée de la saison de glace ainsi que le volume maximum de glace entre 1969 et 2016. La tendance des quinze dernières années montre des saisons d'englacement plus courtes montrant un volume maximum de glace plus faible. Les auteurs mentionnent qu'il existe une forte corrélation entre la température de l'air et la durée de la saison glacielle et que durant certaines saisons, «l'englacement de l'estran n'a tout simplement pas mené à la formation d'un pied de glace complet» (Galbraith et coll., 2017).

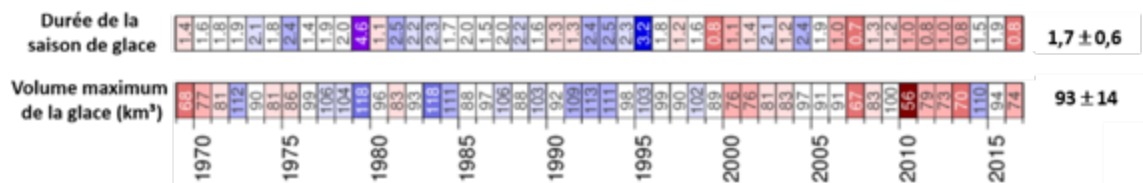


Figure 9. Données historiques glacielles de l'estuaire du Saint-Laurent entre 1969 et 2016. La couleur est basée selon les anomalies en fonction des données historiques entre 1981 et 2010 (le bleu représente une durée plus longue ainsi qu'un volume plus grand et inversement une durée courte et un volume plus petit pour le rouge). Modifié de : Galbraith et al, 2017.

La diminution du couvert de glace sur le Saint-Laurent et l'augmentation de la fréquence ou de l'incidence des tempêtes aura un double impact, soit l'augmentation du nombre ou de la force des épisodes érosifs et la diminution du pouvoir protecteur de la banquise en période hivernale, au moment où la côte est particulièrement vulnérable parce qu'il n'y a plus de végétation pour retenir le sol (Dionne, 1973 ;

Neumeier et coll., 2013 ; Senneville et coll., 2014 ; Van-Wierts et coll., 2016 ; Galbraith et coll., 2017).

1.4 HYDROLOGIE LOCALE

Dans la région de Saint-Ulric, trois bassins versants déversent leurs eaux dans l'estuaire du Saint-Laurent, soit le bassin Tartigou, le bassin Blanche et le bassin petite rivière Blanche (**Figure 10**). Cependant, la zone de restauration projetée fait plutôt partie d'un bassin versant résiduel² contenant des cours d'eau de moins grande importance, dont le petit cours d'eau sans nom à la limite ouest de la zone à l'étude. Cependant, la rivière Blanche (bassin Blanche de 208 km²), observe un débit maximal moyen de 109 m³/s en mai et de 14,5 m³/s en juillet, se déversant à la limite est de la zone à l'étude dans l'estuaire (MELCC).

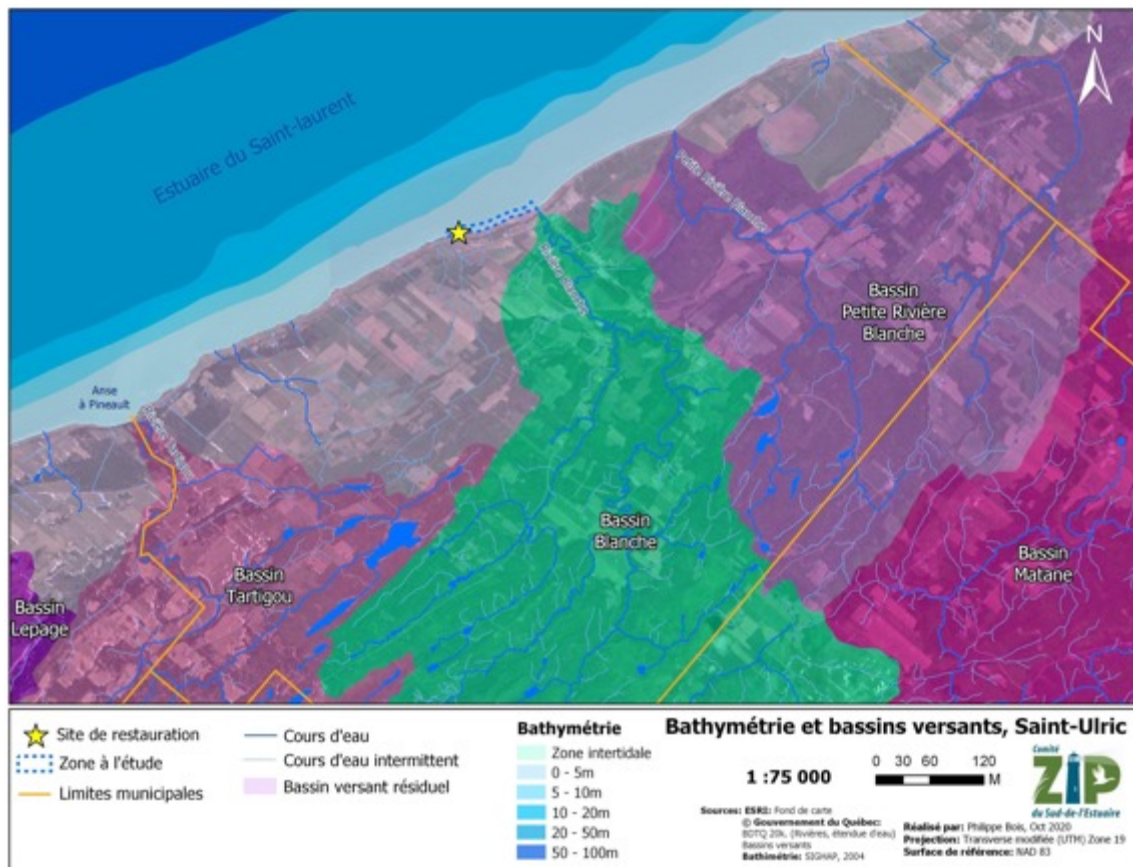


Figure 10. Bassins versants et bathymétrie de la région de Saint-Ulric.

² La dénomination « résiduel » indique qu'aucun organisme de bassin versant ne gère ce dernier.

1.5 HABITATS NATURELS D'INTÉRÊT

La zone à l'étude comprend quelques espèces à statut particulier ainsi que deux aires de concentration d'oiseaux aquatiques (ACOA) (Figure 11), l'ACOA de Saint-Ulric et l'ACOA de Saint-Ulric Est. Dans ce secteur, les plages présentes sont propices à la fraie du capelan. Cette espèce de poisson fourragère est importante dans la chaîne alimentaire de nombreux poissons, oiseaux et mammifères marins. De plus, la zone de restauration projetée se situe dans la route migratoire de l'anguille, de l'alose ainsi que de l'esturgeon noir.

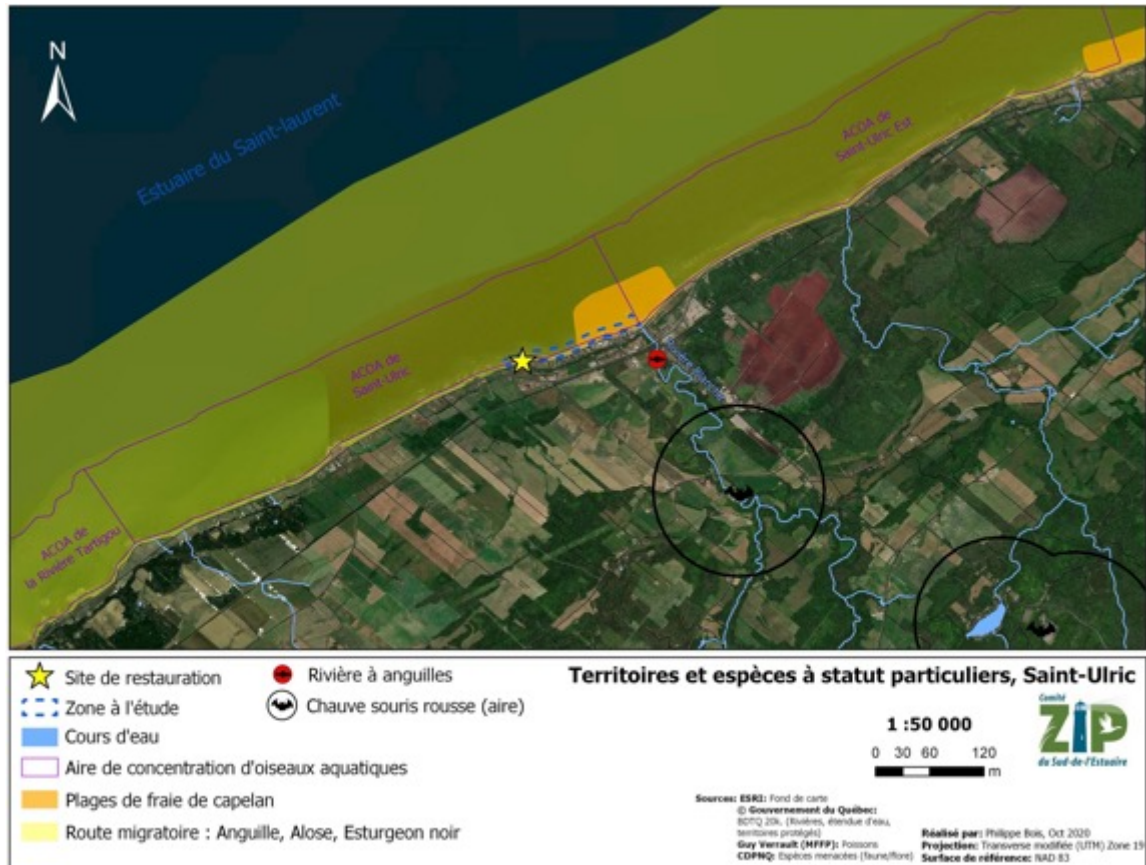


Figure 11. Territoire et espèces à statut particulier près de la zone de restauration projetée.

La zone de restauration projetée se trouve non loin de l'embouchure de la rivière Blanche, celle-ci est une rivière à anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*). La rivière Blanche est reconnue depuis au moins cinquante ans pour détenir la plus importante migration de civelles d'anguille sur toute la rive sud du Saint-Laurent. L'anguille d'Amérique subit une diminution notable de recrutement dans l'ensemble de son aire de répartition et plus particulièrement à l'intérieur du système du Saint-Laurent. La rivière Blanche représente donc un habitat particulier pour l'anguille d'Amérique dans le système Saint-Laurent. En raison de ces caractéristiques, ce tributaire de l'estuaire marin est le site de nombreux travaux de recherche scientifique pour cette

espèce (Verreault, MRNF, comm. pers., 2011). Enfin, on retrouve en amont de la rivière Blanche une aire de répartition de la chauve-souris rousse.

1.6 OCCUPATION DU SOL ET ZONAGE

Le territoire de la municipalité de Saint-Ulric est principalement agro-forestier et boisé (Figure 12). On retrouve aussi deux grands milieux humides à quelques km à l'intérieur des terres, derrière le village de Saint-Ulric. On remarque les superficies anthropisées principalement le long de la route 132, au cœur du village de Saint-Ulric et le long de la route Centrale qui longe la rivière Blanche.



Figure 12. Occupation du sol dans la région de Saint-Ulric.

2. MÉTHODOLOGIE

La caractérisation de St-Ulric et des environs se divise en deux volets ; biologique et géomorphologique. La caractérisation biologique comprend trois inventaires ; botanique, ornithologique et ichtyologique. La caractérisation géomorphologique comprend ; une segmentation de la zone côtière, une analyse historique de l'évolution de la côte et des levés topographiques.

2.1 CARACTÉRISATION BIOLOGIQUE

Afin de connaître les bénéfices qu'apportent 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 pendant l'été et l'automne 2020.

2.1.1 Inventaire floristique, ornithologique et ichtyologique

Les différents inventaires biologiques furent réalisés dans la zone de restauration projetée, entre la rivière Blanche à l'est et la limite de l'avenue Ulric Tessier (**Figure 13**). Les inventaires furent complétés en deux temps, les inventaires floristiques et ornithologiques ont été réalisés en juillet 2020 et l'inventaire ichtyologique fin septembre 2020.



Figure 13. Zone d'inventaire floristique, ornithologique et ichtyologique.

L'inventaire floristique a été réalisé le 22 juillet 2020. De nombreuses sources ont été consultées dans la littérature pour ce faire (voir bibliographie). La nomenclature utilisée est celle de Brouillet et collectif (2010 + mises à jour) disponible sur le site internet *Vascan*, la base de données des plantes vasculaires du Canada (voir bibliographie). Les algues marines ont été identifiées avec la littérature existante (ex : Fleurbec, 1985, et Chabot et Rossignol, 2003) ainsi qu'avec une aide du département en sciences aquatiques sous la direction des sciences démersales et benthiques de l'Institut Maurice-Lamontagne de Pêches et Océans Canada (L. D. Pitre, biologiste, comm. pers.).

La méthodologie a été orientée vers l'identification des grands ensembles de végétation appelés communautés végétales. En effet, selon la position sur le littoral, la durée de la submersion par l'eau salée diminue avec l'augmentation de l'altitude du substrat et influence différemment la faune et la flore. C'est pourquoi cette caractérisation vise à regrouper les différentes communautés végétales en fonction de leurs différences de tolérance aux conditions maritimes, de leurs préférences de types de sédiments retrouvés et de leur positionnement sur la pente du littoral.

Un inventaire d'oiseaux de 5 heures d'observation a aussi été réalisé simultanément avec la méthode Sibley (2003) au moyen d'une lunette terrestre d'un grossissement de 30X et des lunettes de rapprochement binoculaires d'un grossissement de 8 x 42 (**Figure 14**).



Figure 14. Déplacement vers un point d'observation.

La campagne de terrain pour l'inventaire ichtyologique fut réalisée du 29 septembre au 2 octobre 2020 (**Figure 15**). Cette période de l'année fut favorisée puisque les juvéniles des espèces de poissons se trouvant dans le Saint-Laurent sont de plus grandes tailles, donc plus faciles à identifier en diminuant les mortalités et les blessures. Pour plus d'informations concernant les méthodes utilisées lors de l'inventaire ichtyologique, veuillez consulter le document « Protocole

d'échantillonnage ichtyologique 2018-2022 » (Noël et coll., 2018). L'inventaire ichtyologique a été réalisé à l'aide de deux types d'engins de pêche. 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 tous les individus et en mesurer trente par espèce directement in situ les poissons capturés.



Figure 15. Installation du verveux.

Il y a eu également trois sessions de traits de senne qui ont aussi été réalisées entre chaque visite du verveux (Figure 16). De la même manière que les inventaires à l'aide du verveux, tous les poissons capturés à l'aide de la senne ont été identifiés, dénombrés et mesurés (trente par espèce) in situ. Puisque le verveux est un engin fixe et que la senne est un engin mobile, la combinaison des deux permet de capturer une plus grande diversité d'espèces et donc de dresser un portrait plus global de la biodiversité du site.



Figure 16. Trait de senne sur l'estran à marée haute à Saint-Ulric, 1er octobre 2020.

Afin de pouvoir réaliser l'inventaire ichtyologique, deux demandes de permis ont été faites. Un permis Scientifique, Éducation et Gestion (permis SEG) a été demandé auprès du Ministère de la Faune, des Forêts et des Parcs (MFFP). Un permis de pêche scientifique fut également demandé, cette fois auprès du Ministère Pêche et Océans Canada.

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. Dans l'objectif d'obtenir un portrait géomorphologique actuel, un levé d'imageries aériennes a été complété afin de produire un modèle numérique d'élévation et une série d'orthophotographies.

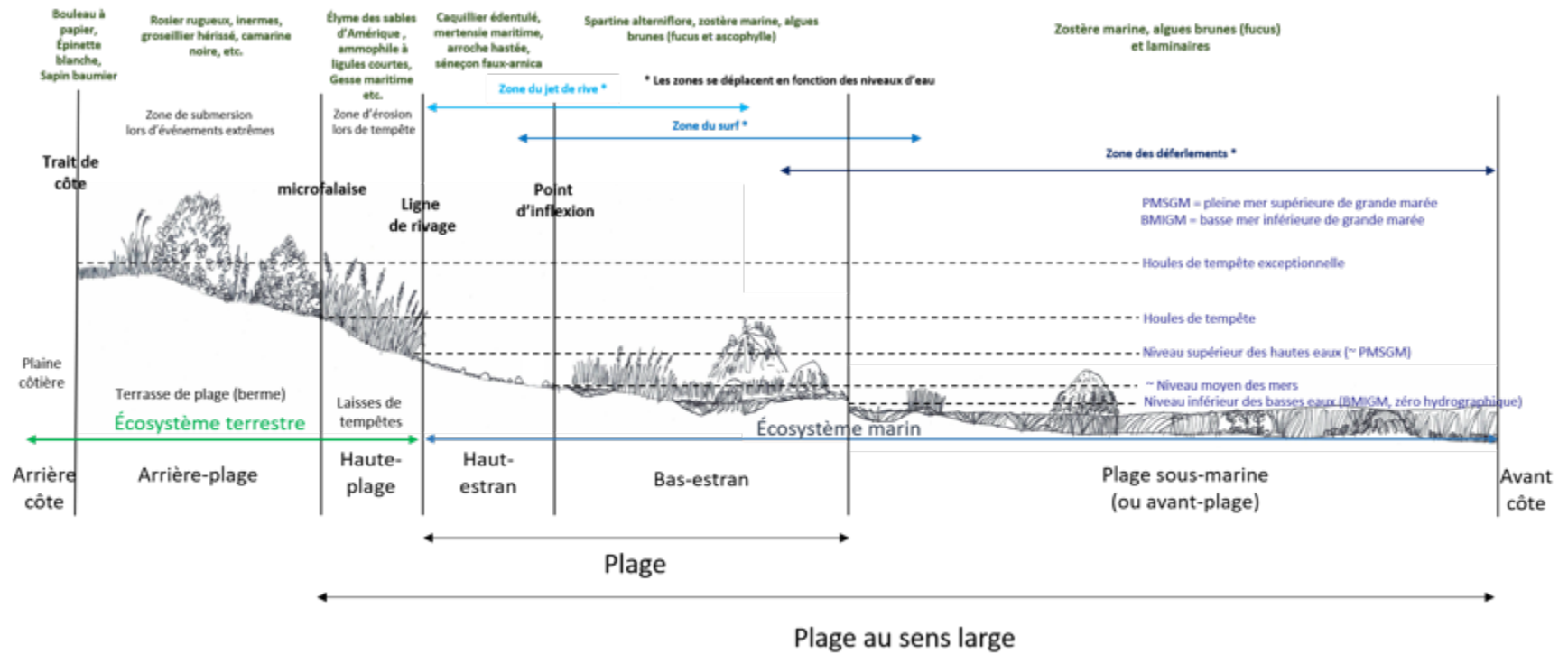
2.2.1 Segmentation de la zone côtière

La caractérisation de la zone côtière s'est effectuée le 22 juillet 2020 (Figure 17). La côte segmentée a été choisie sur la base de critères hydrogéomorphologiques. Ainsi, elle se situe entre le ruisseau à l'ouest du territoire et la rivière Blanche à l'est.



Figure 17. Segmentation côtière de la zone à l'étude, Saint-Ulric.

Les segments de 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 (Figure 18).



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

Figure 18. Nomenclature des segments d'une terrasse de plage stable.

Chaque section a été caractérisée selon plusieurs paramètres prédéfinis, soit la largeur du segment (minimum 5 m linéaires) et la géologie en place, le type de végétation et sa distribution, la présence d'éléments morphologiques (comme blocs glaciels, des affleurements rocheux, 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 végétation de plus de 75 % de la ligne de rivage fait foi de côtes stables, alors qu'elles seront qualifiées actives si le recouvrement végétal n'atteint pas plus de 25 %. L'état intermédiaire est considéré comme semi-active. Pour les segments avec présence d'ouvrages de protection, elles ont été qualifiées de stables si l'ouvrage de protection était en bon état.

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

2.2.2 Évolution historique de la côte

Afin de révéler de possibles modifications naturelles et anthropiques qu'aurait subies la côte antérieurement, un travail de photo-interprétation a été réalisé sur une série de photographies aériennes récentes (2015) et anciennes (1963, 1980, 1993). Chaque photographie ancienne a été numérisée à 600 DPI et géoréférencée à l'aide d'un système d'information géographique (SIG) sur l'orthophotographie récente de 2015. Par la suite, la ligne de rivage a été tracée sur toutes les images. Sur une côte à terrasse de plage, la ligne de rivage correspond à l'endroit atteint par les pleines mers supérieures de grandes marées et coïncide généralement avec la limite inférieure des plantes vasculaires terrestres halophiles (Ex. : élyme des sables d'Amérique) ou avec une microfalaise d'érosion. 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 grâce aux observations sur le 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 centimétrique à métrique

liée à l'opérateur, au géoréférencement et à la qualité des photographies. L'extension *DSAS 4.3* a ensuite permis de calculer les taux de déplacement des lignes de rivage historiques à chaque 10 m linéaire.

2.2.3 Levé d'imagerie aérienne

Le drone Mavic Mini de DJI a été utilisé afin de prendre des photographies aériennes de grande résolution (12 Mpx) à basse altitude (10-15m du sol) pour la caractérisation et le suivi des sites de restauration côtière. L'intérêt de cet outil dans le cadre de cette étude fut la rapidité de déploiement (15 min de vol) ainsi qu'une facilité de maniement sur le terrain. Un seul opérateur est nécessaire pour manipuler le drone pendant l'ensemble du levé. Les mesures de sécurité, soit la prise en compte de la vitesse et la direction du vent ainsi que la distance avec les propriétés et les personnes, ont été respectées tel que recommandé par Transports Canada. Les citoyens dans le périmètre de vol ont été avertis du plan de vol et des consignes à respecter pour assurer la sécurité de tous.

L'utilité de ces images est basée sur le *Structure from Motion* (SfM) permettant de générer des orthomosaïques et Modèles Numériques d'Élévation (MNEs) à une résolution similaire aux méthodes classiques (p. ex. LiDAR) grâce à la reconstitution en 3D d'une surface à partir de plusieurs photographies prises à différents points de vue (Crawford et coll., 2018, Westoby et coll., 2012).

À une altitude de moins de 15 m, une photo aux 3 secondes a été prise sur plusieurs lignes de vol parallèle à la côte (de l'arrière-plage jusqu'à la flexure de la plage) tout en assurant un recouvrement d'au moins 60 % entre les images.

Lorsque le levé est terminé, il suffit de télécharger les images de la carte SD et d'utiliser le logiciel *Agisoft Metashape Professional 1.5.2* qui permet d'aligner la série de photos et de générer un nuage de points. Le modèle 3D est géoréférencé grâce à des cibles au sol distribuées sur l'ensemble de la zone photographiées avant le levé au drone (Figure 19). Finalement, une mosaïque d'orthophotographies est générée et à partir de ces résultats, il est possible de tracer les limites des zones prévues des travaux et d'en calculer les dimensions.



Figure 19. Exemple d'une cible. La coordonnée est prise au centre des carrés noirs et blancs, à l'intersection à l'aide d'un D-GPS Arrow Gold.

2.2.4 Profils topographiques

Les profils topographiques ont été réalisés le 5 novembre 2020 dans la zone de restauration projetée à l'aide d'un D-GPS *Arrow Gold*. Cet appareil permet de faire des levés topographiques offrant une précision de l'ordre du centimètre tant sur le plan planimétrique qu'altimétrique (Joyal et Morissette, 2013). L'amélioration de la précision de la position en RTK des points a été faite grâce à une connexion à la station de référence GNSS de Rimouski lors du levé. Les 20 profils ont été réalisés à 5 m de distance en moyenne sur 30 m de longueur (Figure 20). Le début du profil commence près de la route sur le terrain gazonné sur l'arrière-plage et se termine à la flexure. Ensuite, les points géoréférencés incluant leur altitude dans le DATUM CGVD2013 ont été importés dans le logiciel ArcGIS 10.5 afin de générer un réseau triangulé irrégulier (TIN), c'est-à-dire une matrice représentant l'altitude interpolée sur toute la zone de restauration projetée.

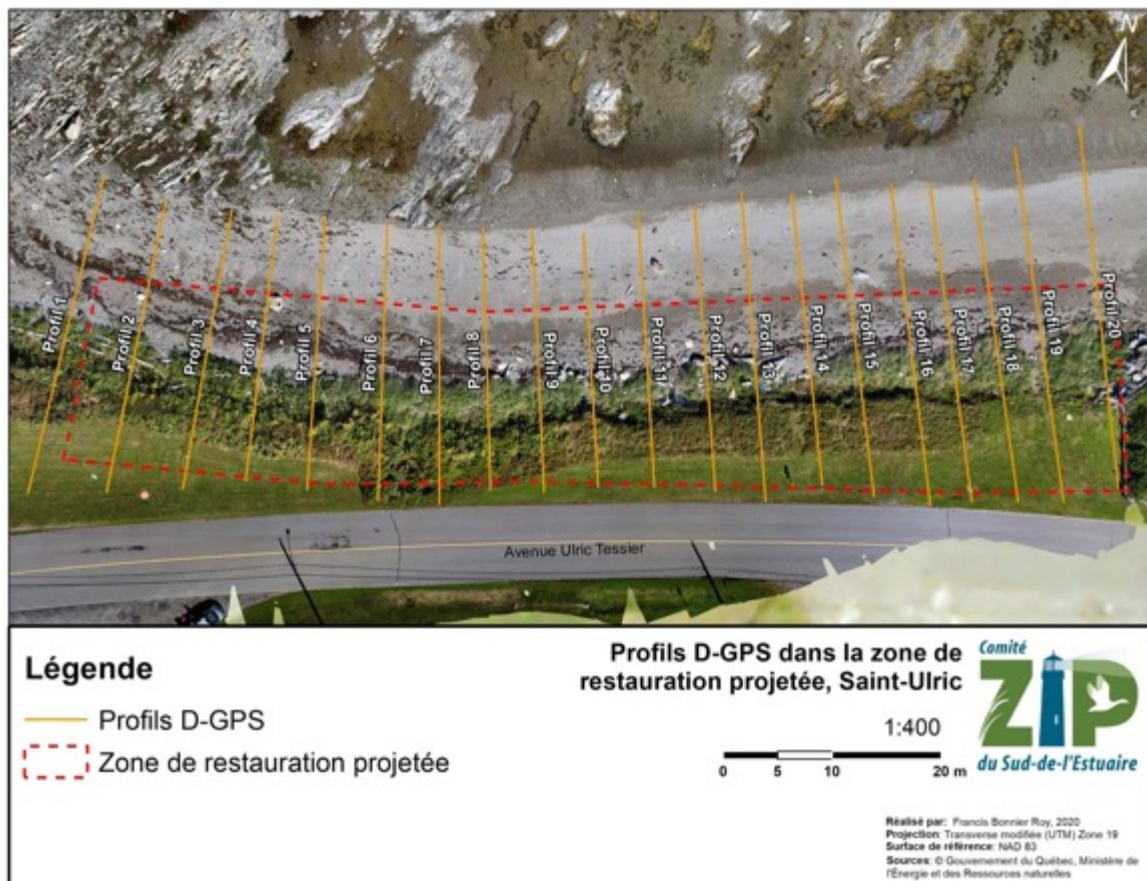


Figure 20. Les vingt profils dans la zone de restauration projetée sont faits à l'aide d'un D-GPS Arrow Gold.

2.2.5 Analyse granulométrique

Au total, neuf échantillons ont été récoltés au niveau de l'emplacement de la zone de restauration projetée. L'emplacement des échantillons a été déterminé pour représenter la granulométrie générale de la plage où aura lieu l'action de restauration. Les analyses granulométriques ont été réalisées par l'entreprise Englobe à Rimouski selon la norme LC 21-040 (voir protocole en Annexe 3). Brièvement, les étapes sont les suivantes : il faut préalablement procéder à un séchage des échantillons dans une étuve à 50 Celsius, sélectionner une quantité de sédiments adéquate pour l'analyse et ajouter les matériaux dans la colonne de tamis à maillage métallique qui est secouée verticalement et horizontalement pendant vingt minutes pour séparer les grains selon les tailles des tamis. Ce processus terminé, les tamis sont pesés et chaque classe granulométrique est ramenée en pourcentage sur le total afin de générer les statistiques pertinentes. L'analyse a été réalisée sur un fuseau granulométrique entre 0,080 mm et 56 mm.

2.2.6 Caméra de suivi

Une caméra de suivi en autonomie avec batteries fut installée sur un poteau de 10 pieds le 26 novembre 2020 (Figure 21). Celle-ci fut installée à l'est du site de restauration sur la clôture du propriétaire riverain adjacent. Cette caméra orientée vers l'ouest prendra des images au 15 minutes permettant d'observer le comportement du littoral tout au long de l'année et particulièrement lors des événements d'onde de tempête. La visualisation des photographies sera faite à partir du logiciel *VirtualDub* 1.10.4. de manière à animer les images comme une vidéo. Cela permettra ainsi de voir le mouvement des sédiments qui sont mobilisés par l'énergie des vagues et des marées. Ces données seront analysées et traitées dans un rapport de suivi en 2021-2022.



Figure 21. Caméra de suivi installée à Saint-Ulric.

La Figure 22 montre la vue qu'offre la caméra sur le secteur de restauration projetée. En plus de prendre des clichés de la dynamique du site, elle permettra d'acquérir des images pertinentes des travaux qui auront lieu à l'été 2021. Elle sera aussi utile en appuyant le suivi végétal et géomorphologique avec des images sur plusieurs saisons.



Figure 22. Image issue de la caméra de suivi la journée de l'installation à Saint-Ulric.

3. RÉSULTATS

3.1 CARACTÉRISATION BIOLOGIQUE

3.1.1 Inventaire floristique

Au total 85 taxons ont été identifiés, dont 15 algues et 70 plantes vasculaires. Les plantes et algues sont classées par quatre (4) grandes communautés selon l'habitat et leur positionnement sur le littoral. L'habitat de la haute-plage se démarque de l'ensemble par sa biodiversité et figure comme point focal de cette caractérisation (Figure 23).



Figure 23. Habitat de plage.

Caractérisation floristique d'ensemble

Le littoral de Saint-Ulric peut être divisé en quatre (4) zones soit, le bas-estran rocheux, la plage dénudée ou haut-estran, la haute-plage et l'arrière-plage (Figure 24). Le haut-estran (Ibid.) n'a pas de section dédiée à sa caractérisation propre étant donné qu'il est constitué d'une plage dénudée de végétation.


Divisions du littoral de Saint-Ulric				
Supralittoral	Médiolittoral			Infralittoral
Arrière-Plage	Haute-plage	Plage dénudée ou haut-estran	Bas-estran rocheux	Plage sous-marine
				

Figure 24. Illustration des divisions du littoral de Saint-Ulric

Le bas-estran est essentiellement constitué d’affleurements rocheux d’origine appalachienne sédimentaire³ (Figure 25). Le site est exposé au fetch entre le nord-ouest et le nord-est ainsi qu’à l’action des houles de tempêtes. Cependant, la surélévation des affleurements rocheux, formant des sillons en alternance avec des creux, offrent des barres protectrices pour une haute diversité d’algues marines qui ne s’y retrouveraient pas autrement. D’ailleurs, les creux des affleurements rocheux créent aussi des cuvettes marines qui retiennent l’eau de mer et favorisent une faune et une flore marine inféodées au médiolittoral. De la même manière, quelques lobes de sables sont retenus entre les rochers.



Figure 25. Bas-estran rocheux, banc d’algues ochrophytes et lobe de sable.

³ Shales argilo-calcaire ou pélites (Foucault et Raoult, 1988)

Un dallage de blocs glaciels (Figure 26) est également retrouvé à l'est du tronçon côtier étudié et favorise des colonies de balanes. Plusieurs blocs glaciels allochtones⁴ s'y retrouvent également. Certains de ces cailloux doivent peser près d'une tonne et peut-être plus.



Figure 26. Dallage de bloc.

Une plage de sable et de galets dénudés est ensuite retrouvée et la haute-plage est dominée par l'élyme des sables d'Amérique (Figure 27).



Figure 27. Haute-plage végétalisée

⁴ Gneiss (Ibid.)

D'ouest en est, les communautés végétales changent. La diversité floristique vasculaire et l'ampleur des communautés d'algues ochrophytes sont fortes à l'ouest du secteur d'intervention projeté. La largeur de la haute-plage végétalisée rétrécit ou est remplacée par des enrochements par la suite. Une microfalaise d'érosion est d'ailleurs visible sous le débord organique des rhizomes des élymes des sables d'Amérique. (Figure 28).



Figure 28. Érosion sur la haute-plage végétalisée

Puis, toujours vers l'est, une plage de galet et de sable grossier prédomine en face d'un long enrochement. On dénote un abaissement de la hauteur des sédiments ainsi qu'une légère augmentation de la pente de plage est constatée (Figure 29). Ce changement de pente est dû à la réflexion des vagues engendrant un démaigrissement préférentiel devant l'enrochement. Qu'en est-il de la biodiversité !!!! Sinon on n'en parle pas dans cette section.



Figure 29. Enrochement et plage de galets et de sable grossier

La diversité et l'étendue de la haute-plage augmente à nouveau vers l'extrémité est du tronçon côtier à l'approche de l'embouchure de la Rivière Blanche. Outre l'érosion localisée, des sentiers improvisés dans la végétation de plage s'ajoutent aux perturbations sur la zone (Figure 30).



Figure 30. Sentier improvisé dans la végétation de la haute-plage

Des rejets d'eaux usées ou des ruisseaux canalisés ou linéarisés viennent terminer leur écoulement dans la plage, créant de petits estuaires aux eaux stagnantes qui favorisent des algues vertes et brunes gluantes et filamenteuses (Figure 31 et Figure 32). La qualité des eaux de ces rejets semble un sujet pertinent à documenter.



Figure 31. Embouchure de ruisseau à algue verte dans la haute-plage



Figure 32. Embouchure de ruisseau à algue brune filamenteuse dans la haute-plage

Liste des plantes et algues retrouvées sur la zone

La diversité végétale est peu diversifiée en apparence, mais presque toutes les espèces typiques des hautes-plages et des bas-estran rocheux régionaux sont retrouvées sur le site. Il s'agit donc d'un habitat qui vaut la peine d'être considéré à sa juste valeur écologique. Chaque communauté est traitée séparément et brièvement décrite pour la distinguer des autres, depuis la limite inférieure des marées jusqu'à l'arrière-côte.

Bas-estran rocheux

Un banc d'algues ochrophytes pousse sur le bas-estran rocheux et forme des colonies denses et continues sur les affleurements rocheux (Figure 33) qui se retrouvent près de l'infralittoral. Sur la portion la plus haute du bas-estran, avant le début de la plage dénudée sur le haut-estran, les sillons rocheux sont essentiellement des rochers partiellement couverts de fucacées et accompagnés d'ascophylle noueuse.



Figure 33. Colonie d'algues ochrophytes sur le bas-estran rocheux

Les fucus (Figure 34) dominent cet habitat de la zone de balancement des marées moyennes (médiolittoral) dans les parties basses des rochers. Finalement, quelques mètres avant d'atteindre le début du haut-estran, le plantain maritime se retrouve sur les parties les plus hautes des rochers.



Figure 34. Fucus denté

La zostère marine, seul taxon vasculaire du bas-estran, est rare sur la zone suivie. Une diversité intéressante d'algues est retrouvée sur ce site grâce à la protection des rochers contre les vagues de tempête et particulièrement dans les cuvettes marines où de l'eau salée y demeure à marée basse (Figure 35). Certaines algues comme la laitue de mer et *Ulvaria obscura* se retrouvent uniquement dans ces cuvettes marines. Les laminariales retrouvées dans cet inventaire ne poussent pas dans le médiolittoral sur le site, mais s'y retrouvent parce qu'elles sont arrachées de l'infralittoral et déposées par les marées dans les dépressions entre les rochers.



Figure 35. Cuvette marine colonisée par une diversité d'algues sur le bas-estran rocheux

Le Tableau 2 fait état des espèces végétales identifiées sur le bas estran rocheux lors de l'inventaire floristique.

Tableau 2. Plantes vasculaires et algues marines identifiées sur le bas-estran rocheux

Nom latin	Nom français
<i>Alaria esculenta</i>	alarie succulente
<i>Desmarestia</i> sp.	algue brune filamenteuse
<i>Ralfsia fungiformis</i>	algue encroûtante brun-jaunâtre
<i>Ralsifia verrucosa</i>	algue encroûtante brun-rougeâtre
<i>Polysiphonia urceoalata</i>	algue rouge buissonnante
<i>Ulvaria obscura</i>	algue verte membraneuse
<i>Codiolum pusillum</i>	algue verte recouvrant les rochers
<i>Ascophyllum nodosum</i>	ascophylle noueuse
<i>Clathromorphum circumscriptum</i>	coralline rose
<i>Enteromorpha intestinalis</i>	entéromorphe intestinal
<i>Fucus distichus</i> subsp. <i>edentatus</i>	fucus denté
<i>Fucus spiralis</i>	fucus spiralé
<i>Fucus vesiculosus</i>	fucus vésiculeux
<i>Ulva lactuca</i>	laitue de mer
<i>Laminaria longicuris</i>	laminaire à long stipe
<i>Plantago maritima</i>	plantain maritime
<i>Zostera marina</i>	zostère marine

Haute-plage

L'élyme des sables domine le sable grossier et les galets et l'ammophile à ligule courte partage la codominance sur les endroits de sable fin. La dominance des graminées est claire, mais le laiteron des champs et la gesse maritime sont parfois très nombreux. Presque toutes les espèces de plantes typiques des hautes plages maritimes de la région s'y retrouvent. Lorsqu'il n'y a pas d'enrochements ou de structures rigides de défense côtière à proximité, la plage subit peu d'érosion côtière et cette stabilité sédimentaire favorise la présence de la mertensie maritime et du séneçon fausse-arnica (Figure 36) sur le bas de la haute-plage végétalisée. L'occurrence de ces plantes est possible que sur une côte à l'état semi-actif ou stable, car elles disparaissent sur des côtes en érosion. Cela indique que l'habitat est peu perturbé aux endroits où poussent ces deux plantes exclusives au bord de mer et au bas de la haute-plage. De plus, la communauté est exempte d'espèces végétales exotiques envahissantes qui se retrouvent plutôt sur l'arrière-plage.



Figure 36. Colonie de séneçon fausse-arnica sur le bas de la haute-plage

Le Tableau 3 fait état des espèces végétales identifiées sur la haute-plage lors de l'inventaire floristique.

Tableau 3. Plantes vasculaires identifiées sur la haute-plage

Nom latin	Nom français
<i>Calamagrostis breviligulata</i> subsp. <i>breviligulata</i>	ammophile à ligule courte
<i>Artemisia stelleriana</i>	armoïse de Steller
<i>Atriplex hastata</i>	arroche hastée
<i>Cakile edentula</i> subsp. <i>edentula</i> var. <i>edentula</i>	caquillier édentulé
<i>Leymus mollis</i> subsp. <i>mollis</i>	élyme des sables d'Amérique
<i>Lathyrus japonicus</i>	gesse maritime
<i>Ribes hirtellum</i>	groseillier hérissé
<i>Honckenya peploides</i>	honckénye faux-pourpier
<i>Sonchus arvensis</i> subsp. <i>arvensis</i>	laiteron des champs
<i>Calystegia sepium</i> subsp. <i>americana</i>	liseron des haies
<i>Ligusticum scoticum</i>	livèche d'Écosse
<i>Mertensia maritima</i>	mertensie maritime
<i>Oenothera</i> sp.	onagre sp.
<i>Senecio pseudoarnica</i>	séneçon fausse-arnica
<i>Maianthemum stellatum</i>	smilacine étoilée

Arrière-plage

Cet habitat terrestre constitue une bande de végétation en partie anthropisée et qui borde la route asphaltée qui traverse le village de Saint-Ulric (Figure 37). Cette frange de végétation est composée de taxons indigènes et naturalisés, dont plusieurs introductions accidentelles de plantes ornementales échappées des terrains résidentiels et de repousses de rejets de coupe domestiques déversées. Certaines parties de cette bande d'arrière-côtes sont tontes par des résidents ou la division des travaux publics de la municipalité de Saint-Ulric. Certaines de ces espèces de plantes sont parfois exotiques envahissantes telles que le gaillet mollugine et l'anthesisque des bois. Le rosier rugueux et la tanaïsie vulgaire sont les espèces les plus fréquemment retrouvées.



Figure 37. Arrière-plage

Le Tableau 4Tableau 3 fait état des espèces végétales identifiées sur l'arrière-plage lors de l'inventaire floristique.

Tableau 4. Plantes vasculaires identifiées sur l'arrière-plage

Nom latin	Nom français
<i>Achillea millefolium</i>	achillée millefeuille
<i>Phalaris arundinacea</i>	alpiste roseau
<i>Amelanchier sp.</i>	amélanchier sp.
<i>Anthriscus sylvestris</i>	anthrisque des bois
<i>Artemisia absinthium</i>	armoise absinthe
<i>Artemisia campestris subsp. caudata</i>	armoise caudée
<i>Artemisa vulgaris</i>	armoise vulgaire
<i>Heracleum maximum</i>	berce laineuse
<i>Bromus inermis</i>	brome inerme
<i>Carum carvi</i>	carvi commun
<i>Elaeagnus commutata</i>	chalef argenté

<i>Cirsium vulgare</i>	chardon vulgaire
<i>Elymus repens</i>	chiendent commun
<i>Pilosella caespitosa</i>	épervière des prés
<i>Hieracium lachenalii</i> subsp. <i>cruentifolium</i>	épervière vulgaire
<i>Chamaenerion angustifolium</i>	épilobe à feuilles étroites
<i>Phleum pratense</i>	fléole des prés
<i>Gallium mollugo</i>	gaillet mollugine
<i>Arctium lappa</i>	grande bardane
<i>Glechoma hederacea</i>	lierre terrestre
<i>Linaria vulgaris</i>	linaire vulgaire
<i>Scorzoneroïdes autumnalis</i>	liondent d'automne
<i>Medicago lupulina</i>	luzerne lupuline
<i>Tripleurospermum maritimum</i> subsp. <i>maritimum</i>	matricaire maritime
<i>Matricaria discoidea</i>	matricaire odorante
<i>Melilotus albus</i>	mélilot blanc
<i>Oenothera biennis</i>	onagre bisannuelle
<i>Sedum acre</i>	orpin âcre
<i>Sedum</i> sp.	orpin sp.
<i>Rumex crispus</i>	patience crépue
<i>Rumex</i> sp.	patience sp.
<i>Poa pratensis</i> subsp. <i>pratensis</i>	pâturin des prés
<i>Rumex acetosella</i>	petite oseille
<i>Thalictrum dioicum</i>	pigamon dioïque
<i>Taraxacum officinale</i>	pissenlit officinal
<i>Plantago major</i>	plantain majeur
<i>Potentilla anserina</i> subsp. <i>anserina</i>	potentille ansérine

<i>Equisetum arvense</i>	prêle des champs
<i>Filipendula ulmaria</i>	reine-des-prés
<i>Ranunculus acris</i>	renoncule âcre
<i>Rheum rhabarbarum</i>	rhubarbe
<i>Rosa inermis</i>	rosier inerme
<i>Rosa rugosa</i>	rosier rugueux
<i>Salix viminalis</i>	saule des vanniers
<i>Silene vulgaris</i>	silène enflé
<i>Stellaria graminea</i>	stellaire à feuilles de graminée
<i>Symphoricarpos sp.</i>	symphorine sp.
<i>Tanacetum vulgare</i>	tanaïsie vulgaire
<i>Trifolium arvense</i>	trèfle pied-de-lièvre
<i>Erysimum hieracifolium</i>	vélar à feuilles d'épervière
<i>Euthamia graminifolia</i>	verge d'or à feuilles de graminée
<i>Vicia cracca</i>	vesce jargeau

3.1.2 Inventaire d'oiseaux

Une diversité avifaunique peu abondante est retrouvée, puisqu'un inventaire d'une seule journée y a été mené. Seulement 16 espèces y ont été décelées (Tableau 5), alors que les données d'observation ornithologique accumulées sur la base de données eBird⁵ montrent une diversité qui approche la centaine d'espèces pour le site d'observation publique le plus proche situé à l'embouchure de la Rivière Blanche à l'est de la zone caractérisée. Sur ce dernier site d'observation, il est important de considérer la présence de cinq (5) espèces d'oiseaux à statut particulier qui sont : le garrot d'Islande, le bécasseau maubèche, l'hirondelle de rivage, le martinet ramoneur et l'engoulevent d'Amérique.

⁵ <https://ebird.org/hotspot/L4423514?yr=all&m=&rank=mrec>

Tableau 5. Espèces et nombres d'oiseaux observés le 22 juillet 2020

Nom latin	Nom français	Nb d'individus
<i>Anas platyrhynchos</i>	Canard colvert	13
<i>Anas rubripes</i>	Canard noir	2
<i>Anas rubripes X platyrhynchos</i>	Hybride canard noir/colvert	2
<i>Somateria mollissima</i>	Eider à duvet	123
<i>Morus bassanus</i>	Fou de Bassan	1
<i>Phalacrocorax auritus</i>	Cormoran à aigrettes	44
<i>Larus marinus</i>	Goéland marin	5
<i>Larus delawarensis</i>	Goéland à bec cerclé	223
<i>Larus argentatus</i>	Goéland argenté	10
<i>Caladris sp.</i>	Bécasseau sp.	15
<i>Actitis macularius</i>	Chevalier grivelé	1
<i>Falco peregrinus anatum</i>	Faucon pèlerin sous-espèce <i>anatum</i>	1
<i>Corvus brachyrhynchos</i>	Corneille d'Amérique	3
<i>Corvus corax</i>	Grand corbeau	1
<i>Passerculus sandwichensis</i>	Bruant des prés	2
<i>Melospiza melodia</i>	Bruant chanteur	4

Les oiseaux retrouvés sur la zone sont essentiellement des oiseaux aquatiques (*Anatidae*, *Laridae* et *Phalacrocoracidae*). Certaines observations sont dignes de mention. La présence du faucon pèlerin de la sous-espèce *anatum* est intéressante puisqu'il s'agit d'une espèce désignée vulnérable (MFFP), menacée (LEP) et préoccupante (COSEPAC). L'observation d'eiders à duvet fréquentant l'infralittoral, canards de mer typiques de l'estuaire du Saint-Laurent, attire l'attention par leur nombre et il s'agissait essentiellement de mâles en mue. L'eider à duvet ne fréquente pas les mêmes secteurs selon son âge et son sexe (Groupe conjoint de travail sur la gestion de l'Eider à duvet 2004). Un groupe de bécasseaux en alimentation a été observé durant cet exercice et cela est d'intérêt vu la diminution des effectifs de ce groupe dans le monde entier et au Canada (Thomas, Lanctot et Székely, 2006 ; Stroud,

Baker, De. Blanco et Davidson, 2006 ; ICOAN, 2012). D'ailleurs, un inventaire d'oiseaux plus soutenu mériterait d'être mené sur le secteur étant donné la date hâtive de cet inventaire pour leur migration automnale (Aubry et Cotter, 2007 ; Donaldson et coll., 2000). En effet, les inventaires ont été menés vers la fin de juillet, alors que la migration de ces oiseaux débute à peine. De plus, les ressources alimentaires disponibles dans le bas-estran pour les limicoles semblent nombreuses selon les observations faites par la ZIPSE.

Autres observations fauniques

Des espèces d'invertébrés sessiles coloniales (ex. balanes) ou solitaires (crabe commun) sur les affleurements rocheux ou les blocs glaciels (Figure 38) et dans les cuvettes marines, ainsi que des poissons dans les mares des ruisseaux de plage ont été observés (Tableau 6).



Figure 38. Colonie de balanes côtelées du nord sur un bloc glacial

Tableau 6. Liste des autres espèces fauniques observées

Invertébrés		Vertébrés
Arthropodes	Mollusques	Poissons
Crabe commun (<i>Cancer irroratus</i>)	Littorine commune d'Europe (<i>Littorina littorea</i>)	Épinoche à trois épines (<i>Gasterosteus aculeatus</i>)
Balane côtelée du nord (<i>Balanus balanus</i>)	Acinée à écaille de tortue (<i>Tectura testudinalis</i>)	
Gammare (<i>Gammarus</i> sp.)	Moule bleue (<i>Mytilus edulis</i>)	

3.1.3 Inventaire ichthyologique

L'inventaire de poissons fut réalisé du 29 septembre au 2 octobre 2020. Les conditions météorologiques ne furent malheureusement pas favorables à la réalisation de l'inventaire. De très grands vents ainsi qu'une pluie abondante ont rendu la tâche difficile pour l'équipe terrain. En raison du haut niveau d'eau généré par les vents et le déferlement des vagues, les traits de senne n'ont pu être faits de manière optimale. De plus, le fort courant a rendu les déplacements plus difficiles dans l'eau. La senne ne pouvait donc pas être pleinement déployée et était limitée très près du rivage. Le verveux quant à lui fut ensablé à chaque marée due à la grande quantité de pluie tombée. Avec un débit d'eau de la rivière Blanche plus important, cela a amené plus de sédiments à être déplacés dans le panache sédimentaire à l'embouchure. Ainsi, l'entrée de la poche était rapidement bouchée ce qui réduisait grandement le temps de pêche habituellement productive du verveux.

Malgré les embûches, quatre espèces de poissons furent inventoriées à Saint-Ulric, pour un total de 41 poissons (Figure 39). C'est à la senne que le plus grand nombre de poissons fut capturé avec 34 poissons. Cependant, le verveux a permis d'obtenir une plus grande diversité d'espèces pêchées.

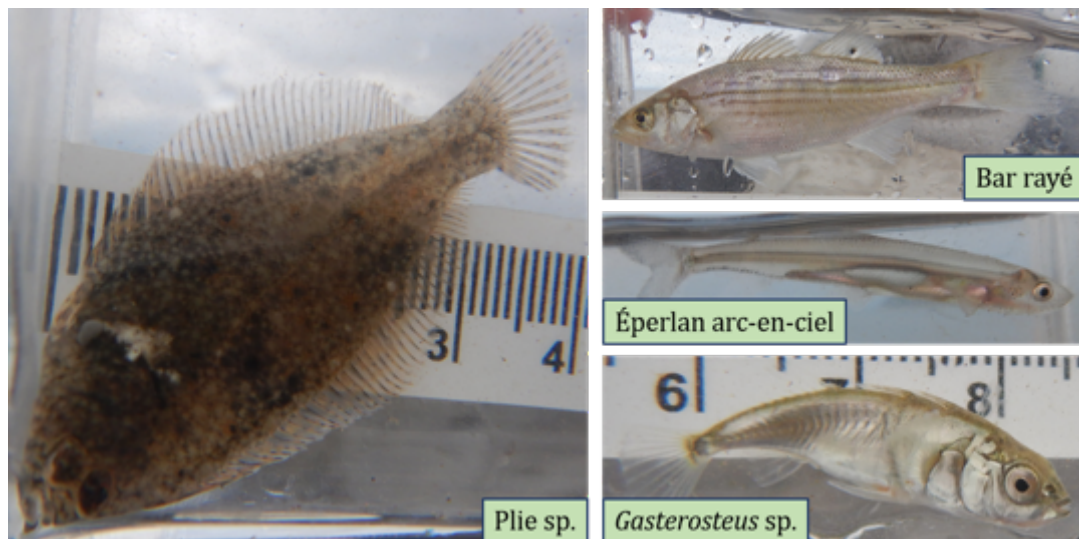


Figure 39. Montage photo des quatre espèces de poissons capturés à Saint-Ulric.

L'épinoche (*Gasterosteus* sp.) est de loin le poisson le plus abondant dans l'inventaire (Figure 40). Ce poisson de petite taille est retrouvé en grand nombre le long des rives du Saint-Laurent. Il est une source d'alimentation pour bon nombre d'autres espèces de poissons adultes ou en croissance (Scott et Crossman, 1973). Quelques bars rayés furent également capturés pendant l'inventaire. Ceux-ci étant de petite taille, avec une moyenne de 8,43 cm, ils étaient des juvéniles provenant potentiellement de la population du Saint-Laurent, en considération de leur petite taille (Valiquette *et coll.*, 2018) (Tableau 6).

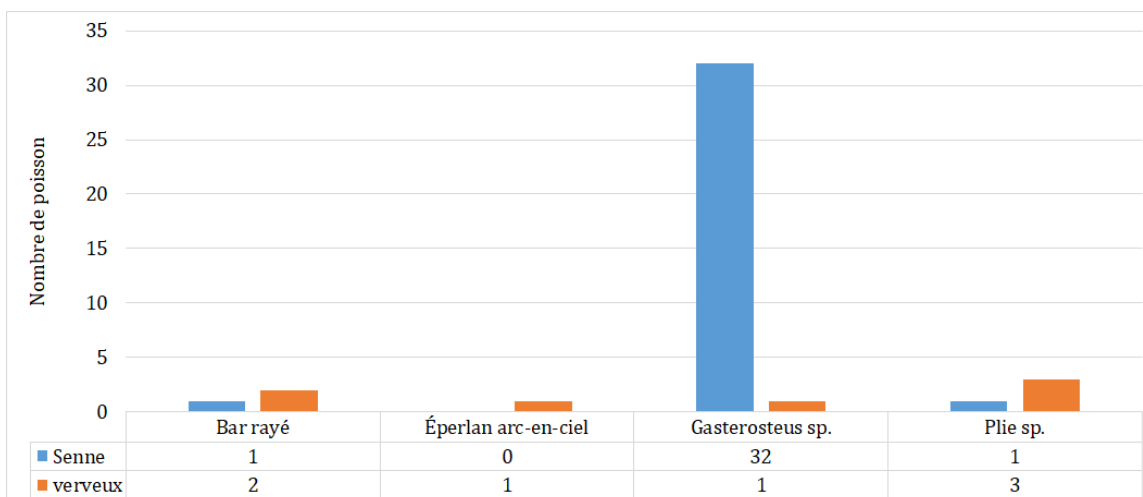


Figure 40. Quantité de poissons capturée par espèce dans les deux types d’engins de pêche.

Un seul éperlan arc-en-ciel fut capturé lors de l’inventaire. Cette espèce, faisant partie de la population du sud de l’estuaire, se trouve près de la limite est de son aire de répartition (Équipe de rétablissement de l’éperlan arc-en-ciel, population du sud de l’estuaire du Saint-Laurent, 2019). L’espèce est suivie de près par l’équipe du comité de rétablissement de l’éperlan arc-en-ciel puisque celle-ci est classée comme espèce vulnérable selon le MFFP⁶.

Tableau 6. Données sur la taille des poissons capturés lors de l’inventaire.

Espèce	Moyenne (cm)	Taille min (cm)	Taille max (cm)
Bar rayé	8,43	7,0	10,0
Plie sp.	5,18	3,7	6,6
<i>Gasterosteus sp.</i>	2,95	1,8	6,0

Il est également important de mentionner que lors de cet inventaire, aucune espèce exotique envahissante ne fut capturée. Mis à part les poissons, le verveux a également permis de capturer une quantité démesurée de gammarès (Figure 41). Puisque ces crustacés servent de nourriture à bon nombre de poissons, leur présence en si grand nombre reste très intéressante pour le site.

⁶ MFFP : ministère de la Faune, des Forêts et des Parcs.

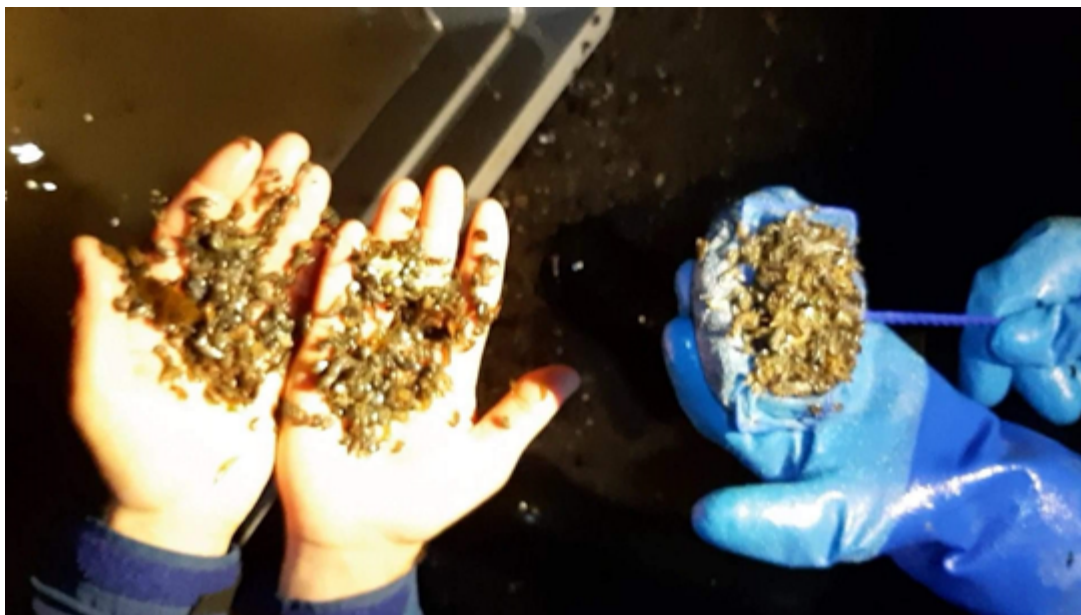


Figure 41. Gammarus capturés à l'aide du verveux.

Une fois par jour à marée haute, les paramètres physico-chimiques de l'eau furent pris à l'aide de la sonde *HANNA Instruments HI 9829* (Tableau 7). Les paramètres mesurés ont peu varié lors de l'inventaire. Le 1^{er} octobre a été la journée avec la température, la salinité et le pH les plus élevés. Cela correspond à la journée suivante de celle où il y a eu des forts vents et de la forte pluie.

Tableau 7. Données physico-chimiques mesurées lors de l'inventaire.

Date	Température (°C)	Salinité (psu)	pH
30 septembre	9,83	27,05	8,12
1 octobre	10,28	28,38	8,34
2 octobre	8,82	27,59	8,20

3.2 CARACTÉRISATION GÉOMORPHOLOGIQUE

3.2.1 Évolution historique de la côte

Dans la partie ouest du village de Saint-Ulric où se trouve la zone à l'étude, une importante anthropisation de la côte a eu lieu dans la 2^e moitié du 20^e siècle. En effet, sur plusieurs centaines de mètres linéaires côtiers, des ouvrages de protection tels que des enrochements ou des murets ont été construits, empiétant sur la plage. Ainsi, il y a eu un "gain" sur la mer de plusieurs terrains résidentiels. Ceci est observable sur la Figure 42 où les taux de migration de la ligne de rivage calculés sont majoritairement positifs sur la zone à l'étude entre 1963 et 1980. Le Tableau 8 montre une avancée moyenne de 20 cm par année pour une moyenne de près de 4 m de gain en 17 ans. Cependant, des facteurs naturels peuvent aussi expliquer ce résultat. Il y a eu une accumulation sédimentaire sur les plages de l'ensemble du secteur, ce qui a eu pour effet de favoriser le développement d'une haute-plage végétalisée plus large, descendant plus bas sur l'estran sableux. De plus, la zone d'intervention projetée fut l'objet d'un remblai de déchets, de carcasses de voitures et de tout-venant à cette époque, amenant un gain sur la plage d'environ 11 m en moyenne. Pour les zones en recul, ce sont principalement des ouvrages qui ont été défaits visiblement sur la photographie de 1980, tel que le quai près de la rivière Blanche et quelques murets, présents sur l'image de 1963.

La période 1980 à 1993 est plutôt caractérisée par une stabilisation de la ligne de rivage, entre autres par quelques enrochements additionnels qui influencent les taux de migration se traduisant par de légers reculs ou avancées selon le positionnement de la structure sur la haute-plage. La réfection de l'ancien quai en descente d'embarcation a aussi eu son impact sur linéaire côtier (distance 1500 m sur la carte) se traduisant par un recul. Dans la zone de restauration projetée, le remblai de déchets réalisé quelques années auparavant fut un des seuls endroits de la zone d'étude en proie à l'érosion côtière, du moins de façon aussi importante. En 13 ans, la mer a grugé entre 1,5 et 7 m de terre sur les 90 mètres linéaires de remblais, avec une moyenne de 5 m de recul.

Entre 1993 et 2015, la ligne de rivage a connu une bonne avancée vers la mer par l'élargissement de la haute-plage qui s'est végétalisée sur plusieurs secteurs, notamment devant les ouvrages de protection. Ces gains de la haute-plage varient entre 0,8 et 11 m pour une moyenne de 7 m, et ce malgré l'onde de tempête du 6 décembre 2010. Même avec la présence d'ouvrage de protection sur 81,5 % du littoral, la haute-plage se construit et se végétalise devant ces structures. Il n'est pas rare que l'on observe sur d'autres plages similaires une disparition de la végétation puisque ces structures empiètent sur son habitat.

En somme, le taux moyen entre 1963 et 2015 est de 0,1 m/an sur l'ensemble du secteur. Ces faibles taux d'érosion démontrent une certaine résilience de la côte à

l'érosion côtière, sans toutefois oublier qu'une grande portion du littoral est stabilisée par des infrastructures de protection. Toutefois, pour ce qui est des berges naturelles, le taux est légèrement positif sur les 52 ans de portrait historique, soit de 0,14 m/an. Il semble donc que les secteurs en proie à l'érosion lors d'événements de tempêtes ont été régénérés par des apports sédimentaires favorisant un retour à un état végétalisé stable.

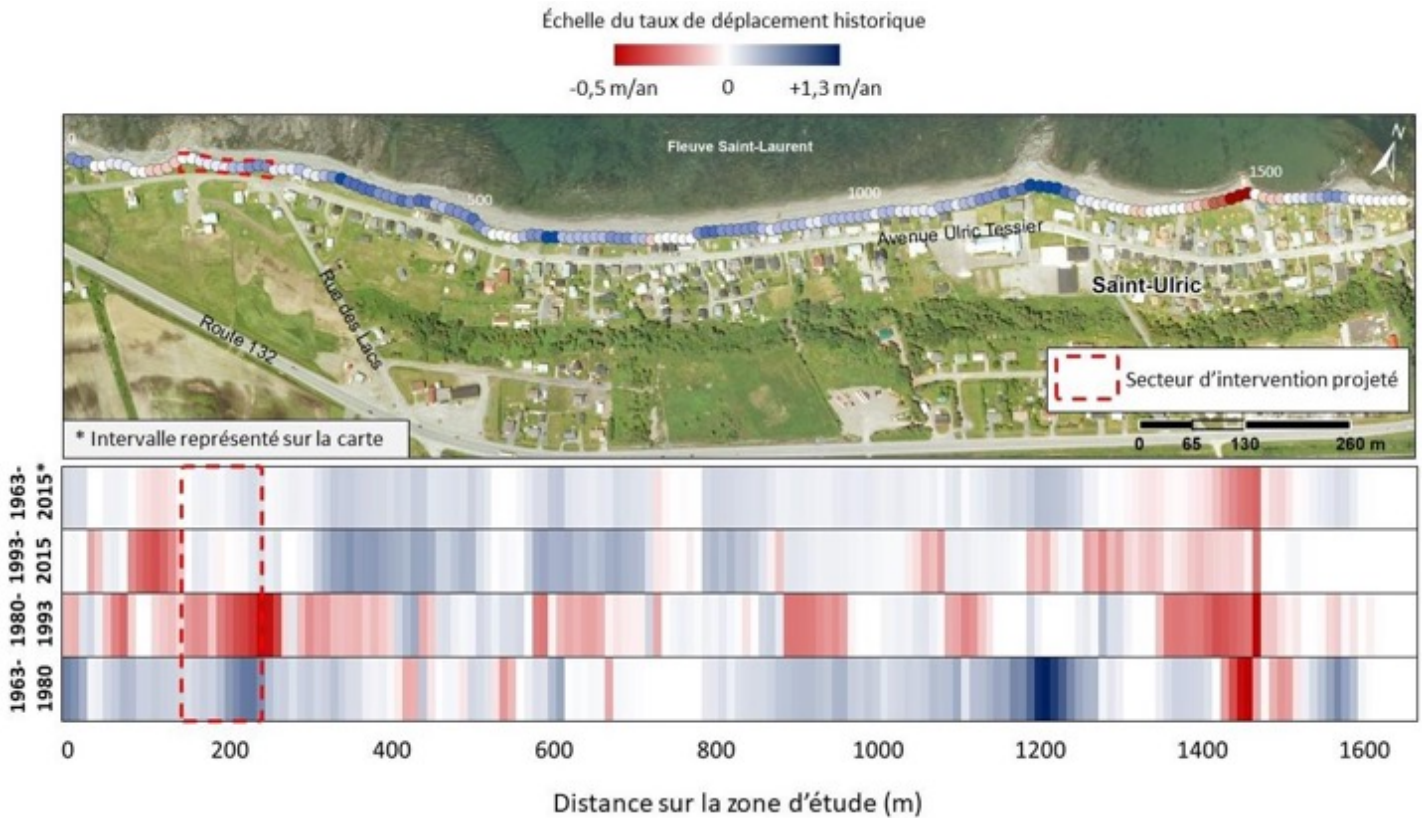


Figure 42. Évolution historique de la ligne de rivage dans la zone d'étude à Saint-Ulric entre 1963 et 2015.

Tableau 8. Taux de déplacement historiques moyens (m/an) de la zone à l'étude à Saint-Ulric.

	1963 à 1980	1980 à 1993	1993 à 2015	1963 à 2015
Minimum	-0,7	-0,5	-0,4	-0,3
Maximum	1,3	0,5	0,6	0,4
Moyenne	0,2	-0,1	0,1	0,1
Écart-type	0,3	0,2	0,2	0,1
Moyenne secteur d'intervention projetée	0,5	-0,3	0,0	0,1

3.2.2 Segmentation de la zone côtière

Le littoral de la zone à l'étude (1 681 m) à Saint-Ulric est assez uniforme en ce qui concerne les éléments morphologiques observés sur le terrain. Le type de côte est à terrasse de plage sur son ensemble et les plages ont majoritairement une largeur moyenne, soit entre 15 à 20 m. Le talus d'érosion, artificialisé ou non, varie entre 0 et 3 m de hauteur.

Artificialité et haut de plage végétalisée

La partie ouest du village de Saint-Ulric, où se situe la zone à l'étude, a été largement artificialisée au cours de la 2e moitié du 20e siècle. C'est plus de 80 % (1 370 m) de ce littoral qui a été anthropisé par des ouvrages de protection telle que l'enrochement (1019 m), les blocs déversés (141 m), muret de bois (113 m) et de béton (97 m). Ainsi, il ne reste que 311 m (18,5 %) de linéaire côtier sans ouvrage de protection sur l'ensemble de ces berges (Figure 43).

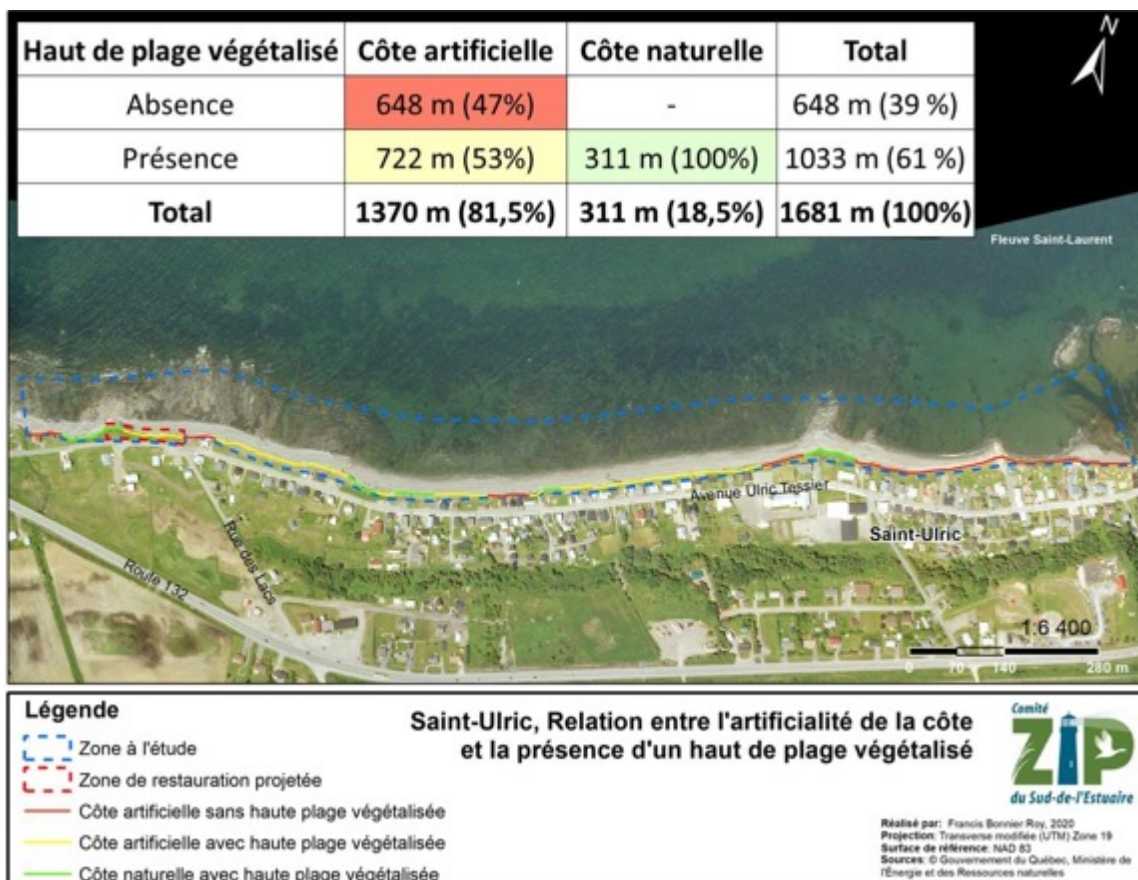


Figure 43. Relation entre l'artificialité de la côte et la présence d'une haute-plage végétalisée.

Un certain gain sur la mer de quelques mètres a été observé lors de la construction de ces ouvrages, notamment sur la haute-plage végétalisée. Cette portion du littoral qui se situe au pied de la microfalaise d'érosion sur la partie supérieure du cordon sableux (plage) semble être assez résistante dans le secteur. En effet, une accrétion sédimentaire et une revégétalisation de la haute-plage a été observée sur bon nombre de segments suite à la tempête du 6 décembre 2010 qui avait causé une forte érosion de la plage. On observe d'ailleurs qu'il y a une présence d'une haute-plage végétalisée sur 53 % (722 m) des segments avec ouvrage de protection sur la zone à l'étude. Cela pourrait signifier que les structures ont été construites très haut sur le littoral amenant peu d'interactions vagues-ouvrage, mais aussi qu'un apport sédimentaire favoriserait la résilience du milieu suite aux épisodes érosifs de tempête. C'est donc 61 % (1033 m) de ce littoral qui présente une haute-plage végétalisée.

Ces végétaux de bord de mer sont essentiellement de l'élyme des sables d'Amérique, une plante qui favorise l'accumulation sédimentaire et limite l'érosion des vagues par son réseau de rhizomes important dans le sol et son grand feuillage formant de grandes colonies massives.

Ce type d'ouvrage de protection peut aussi engendrer un effet appelé le coincement côtier (*coastal squeeze*) en empêchant le talus d'être érodé par les vagues de tempête et ainsi avec le temps, limiter fortement la migration naturelle des habitats côtiers vers les terres et même dans certains cas causer leur perte (Bernatchez *et coll.*, 2016).

État de la côte

Pour ce qui est de l'état de la côte, 79 % du littoral à l'étude est considéré comme stable, dont 1 076 m linéaires est stabilisé par des ouvrages de protection et 253 m de berges naturelles où aucune marque apparente récente d'érosion n'est visible (Figure 44). Toutefois, 17 % de la côte a été caractérisée comme étant semi-active où des ouvrages de protection déstructurés étaient présents. En effet, sur ces sections, il y a une présence d'érosion récente visible au travers de la végétation et de l'ouvrage en mauvais état. Ces sections se trouvent à l'entrée ouest du village, dans et près du secteur d'intervention projetée. Seulement une petite portion de 58 m (3 %) de berges naturelles a été identifiée comme semi-active en raison d'une microfalaise apparente peu végétalisée.

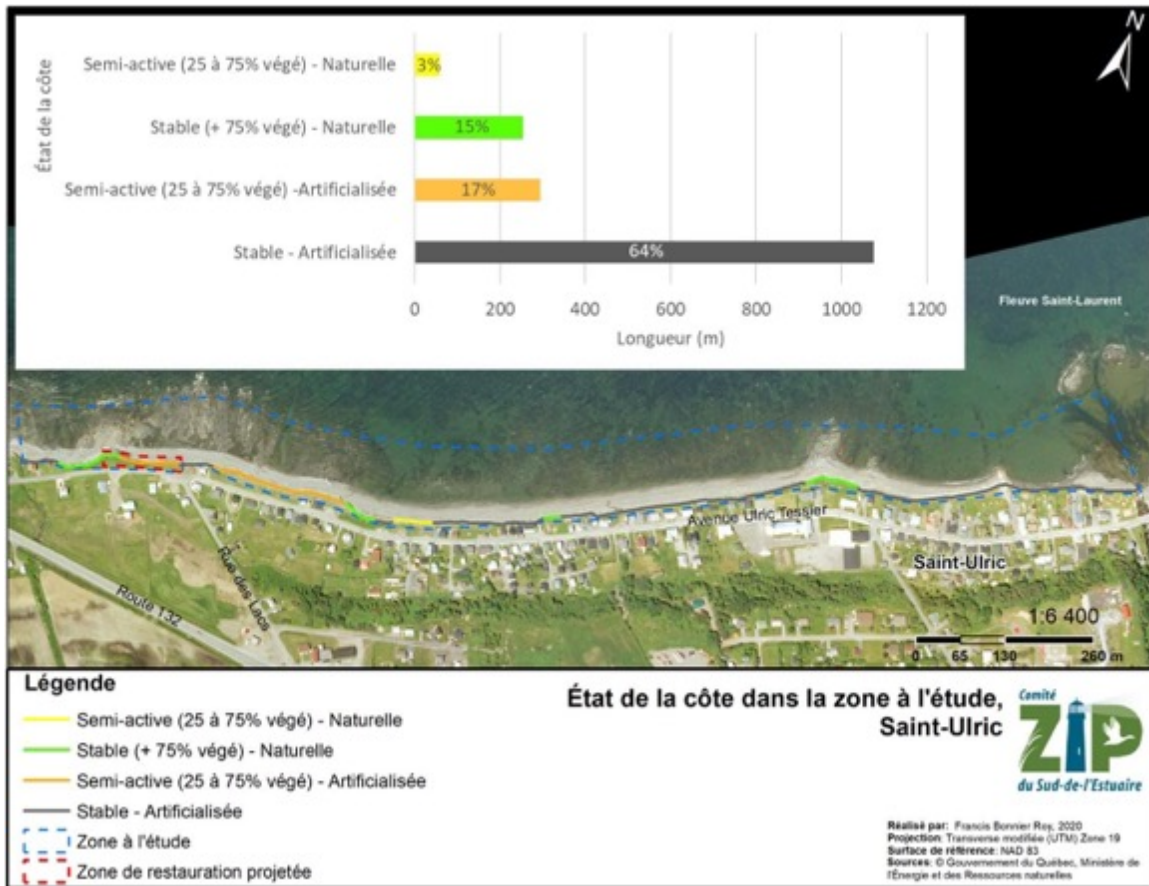


Figure 44. État de la côte dans la zone à l'étude à Saint-Ulric.

3.2.3 Levé d'imagerie aérienne

L'orthomosaïque a été générée à Saint-Ulric sur 200 m linéaires et 65 m de large pour une zone couverte de 11 232 m². Elle couvre la zone de restauration projetée et une partie du bas-estran dans la zone à l'étude (Figure 45).



Figure 45. Zone couverte par le levé d'imagerie au drone du 21 août 2020 à Saint-Ulric.

L'avantage qu'offre cette image géoréférencée réside dans sa grande résolution de 0,5 cm/pixel. En effet, cela permet de planifier avec une grande précision les plans et devis des travaux qui auront lieu au printemps 2021, mais aussi d'obtenir un cliché de l'état des lieux avant les interventions de restauration côtière, servant d'état de référence. Un autre intérêt majeur de cette technique est que les orthomosaïques serviront aux différents suivis après les travaux.

3.2.4 Profils topographiques

Les points topographiques pris au D-GPS ont permis de générer une matrice de terrain de la zone de restauration projetée (Figure 46). La forte densité de points réalisés a permis de générer une matrice précise sur la zone projetée des travaux. L'altitude du terrain varie entre 0,1 m et 4,7 m. L'altitude de l'arrière-plage (zone gazonnée) est de 4 à 4,5 m. La limite inférieure de la haute-plage se situe à 1,89 m, se qui correspond à la ligne des hautes eaux (LHE). La flexure se trouve quant à elle environ à 0,35 m d'altitude. Grâce aux profils topographiques et cette surface d'élévation, les plans des travaux pourront être calibrés en fonction du relief.

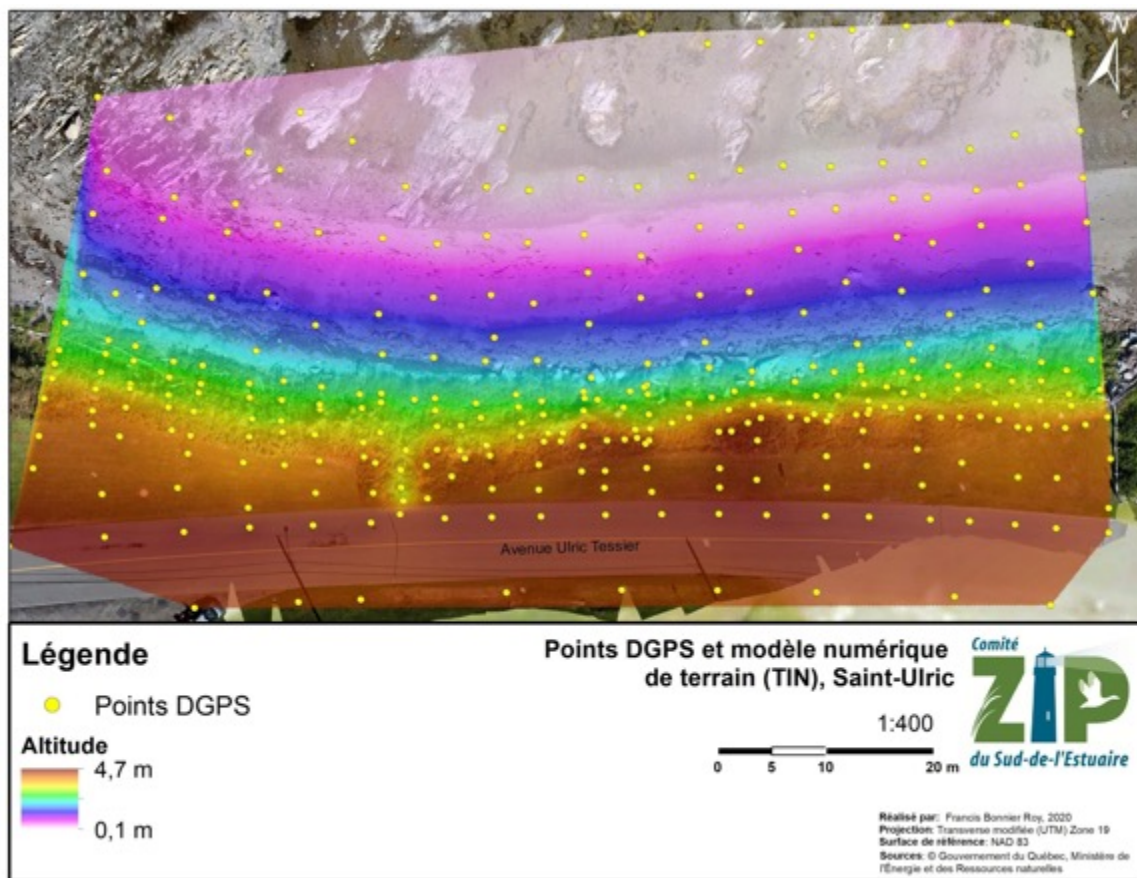


Figure 46. Points pris au DGPS et modèle numérique de terrain (TIN) dans la zone de restauration projetée à Saint-Ulric.

3.2.5 Analyses granulométriques

Les résultats de l'analyse granulométrique sont présentés spatialement à la Figure 47. Une hétérogénéité dans la taille des échantillons est visible, puisque la granulométrie des sédiments récoltés sur la haute-plage sont constitués presque entièrement de sable (99 %) et environ 1 % de gravier et d'argile et limon. Pour les échantillons situés sous cette limite végétalisée, le pourcentage en sable diminue en faveur des graviers entre 30 et 60 % du total. Le D60 moyen de l'ensemble des échantillons est de 4,3 mm. Cependant, en prenant en compte que les D60 des échantillons en milieu de plage, la taille moyenne est plutôt de 9 mm. Les résultats montrent que les sédiments tendent à être plus grossiers en bas de la haute-plage végétalisée, ce qui est habituel. La haute-plage est normalement constitué de sédiments plus fins comme du sable, transporté par le jet de rive généré par les vagues ou capté par les élymes des sables lors du transport éolien.

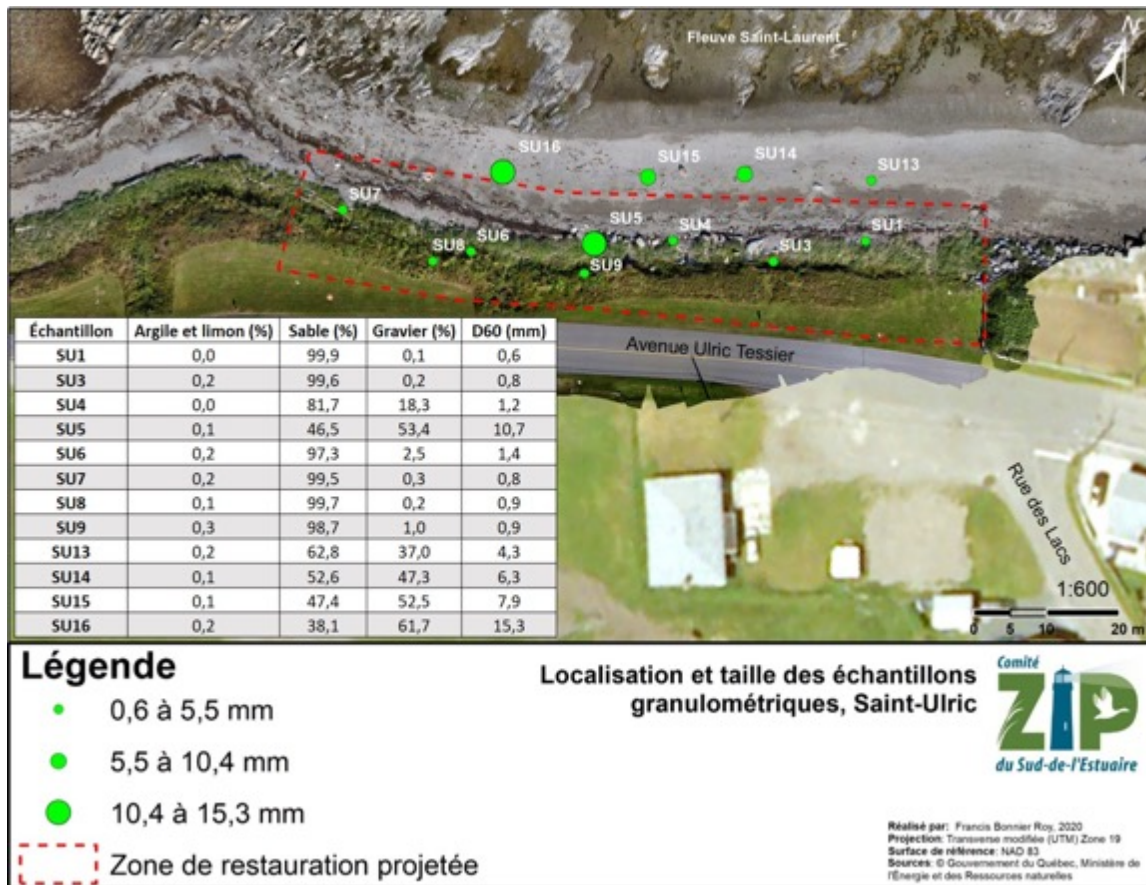


Figure 47. Localisation et taille des échantillons granulométriques dans le secteur d'intervention projeté à Saint-Ulric.

3.3 SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

Les résultats de la caractérisation côtière du secteur ouest du littoral de Saint-Ulric démontrent que le site est un milieu très riche au niveau floristique et faunique. On y retrouve deux types d'habitats côtiers : un estran caractérisé par un platier rocheux couvert de colonies d'algues brunes et une plage d'intérêt écologique pour les espèces qui la fréquentent ainsi que pour l'ensemble de l'écosystème. Néanmoins, cet habitat sableux est sensible aux perturbations créées par les changements climatiques et les activités humaines. À la suite des résultats de la caractérisation côtière, on remarque plusieurs signes de dégradations dans la zone de restauration projetée, principalement au niveau du talus en érosion qui laisse apparaître des débris polluants pour le milieu, issus d'un ancien dépotoir clandestin :

1. Talus en érosion rempli de matière résiduelle,
2. Plage avec végétation absente ou discontinue.

Le Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire recommande donc des actions de restauration dites douces dans la zone d'intervention projetée. Premièrement, dans l'objectif de nettoyer le site et de le préparer pour la suite des travaux, l'excavation du remblai est préconisée et permettra de retirer toutes les matières résiduelles présentes dans le talus.

Par la suite, une recharge sédimentaire accompagnée d'une végétalisation à l'aide de plantes indigènes est recommandée de manière à favoriser durablement la renaturalisation du site perturbé et contribuer au développement de la biodiversité.

4. CONCEPTION ET AMÉNAGEMENT

À partir du printemps 2021, les travaux de restauration auront lieu sur une portion du littoral située en face du 3199 Avenue Ulric Tessier à Saint-Ulric. Un retrait des carcasses de voiture dans le talus ainsi qu'une recharge de plage seront réalisés dans la terrasse de plage et sur la haute-plage. Cela représente un segment de berge de 92 mètres linéaires sur environ 10 m de largeur, pour une superficie totale de 907 m². Les plans et devis pour le retrait des débris et la conception de la recharge sédimentaire furent réalisés par l'ingénieur Guillaume Bouchard.

4.1 PRÉPARATION ET NETTOYAGE DU SITE

Les travaux seront réalisés en quelques jours lors des périodes de marée basse. Il sera important de minimiser la circulation sur la rive et informer les ouvriers du caractère sensible du site. Une trousse d'urgence environnementale en cas de déversement sera présente sur le site. Le voisinage sera averti des heures normales de travail, soit entre 8 h 30 et 18 h. Dans le but d'assurer le respect de ces critères, il y aura au moins un membre du Comité ZIPSE toujours sur place durant la réalisation de l'ensemble des travaux. Voir le devis de l'ingénieur pour de plus amples détails en annexe à la demande de certificat d'autorisation.

La première étape des efforts de restauration sera de retirer les matières résiduelles sur une portion de 161 m² jusqu'à 2 m de profondeur. Au préalable, une évaluation environnementale, comprenant les phases I et II, a été réalisée par la firme Environnement CA en 2018 pour s'assurer du faible niveau de contamination des sols dans le remblai avec la présence de matières résiduelles (Évaluation environnementale de site Phase I et II, Lot 5 538 598 à Saint-Ulric Québec, 2018). En se situant dans le critère C du MELCC en ce qui a trait à la contamination des sols et puisque ce terrain municipal n'a pas de vocation à être développé, le talus pourra uniquement être nettoyé en retirant les matières résiduelles qui seront revalorisées dans des centres techniques. Les sédiments seront réutilisés directement sur le site pour reprofiler le nouveau talus associé à la recharge sédimentaire attenante. Lors du nettoyage, il sera néanmoins important de veiller à la présence possible d'évidences (visuelles ou olfactives) de contamination des sols. Si c'est le cas, les sols devront être entreposés temporairement sur le site sécuritairement, sur et sous une toile de polyéthylène, et devront être échantillonnés et analysés rapidement. Si les résultats d'analyse révèlent des concentrations en excès des valeurs limites pour le critère C, les sols devront être éliminés dans un lieu d'enfouissement adéquat à ce type de pollution.

La phase II de l'évaluation environnementale a permis d'évaluer les types et les quantités de matières résiduelles à excaver et d'identifier les lieux pour les revaloriser (Tableau 9). La zone d'extraction des matières résiduelles sera creusée

sur 2 m de profondeur au niveau des profils 4, 5, 6 et sur 1,5 m de profondeur sur le profil 7 (voir Annexe 1). L'ensemble des déchets et du volume de terre non réutilisé vont être remplacés par le matériel granulaire utilisé pour la recharge sédimentaire.

Tableau 9. Options de gestion des matières résiduelles

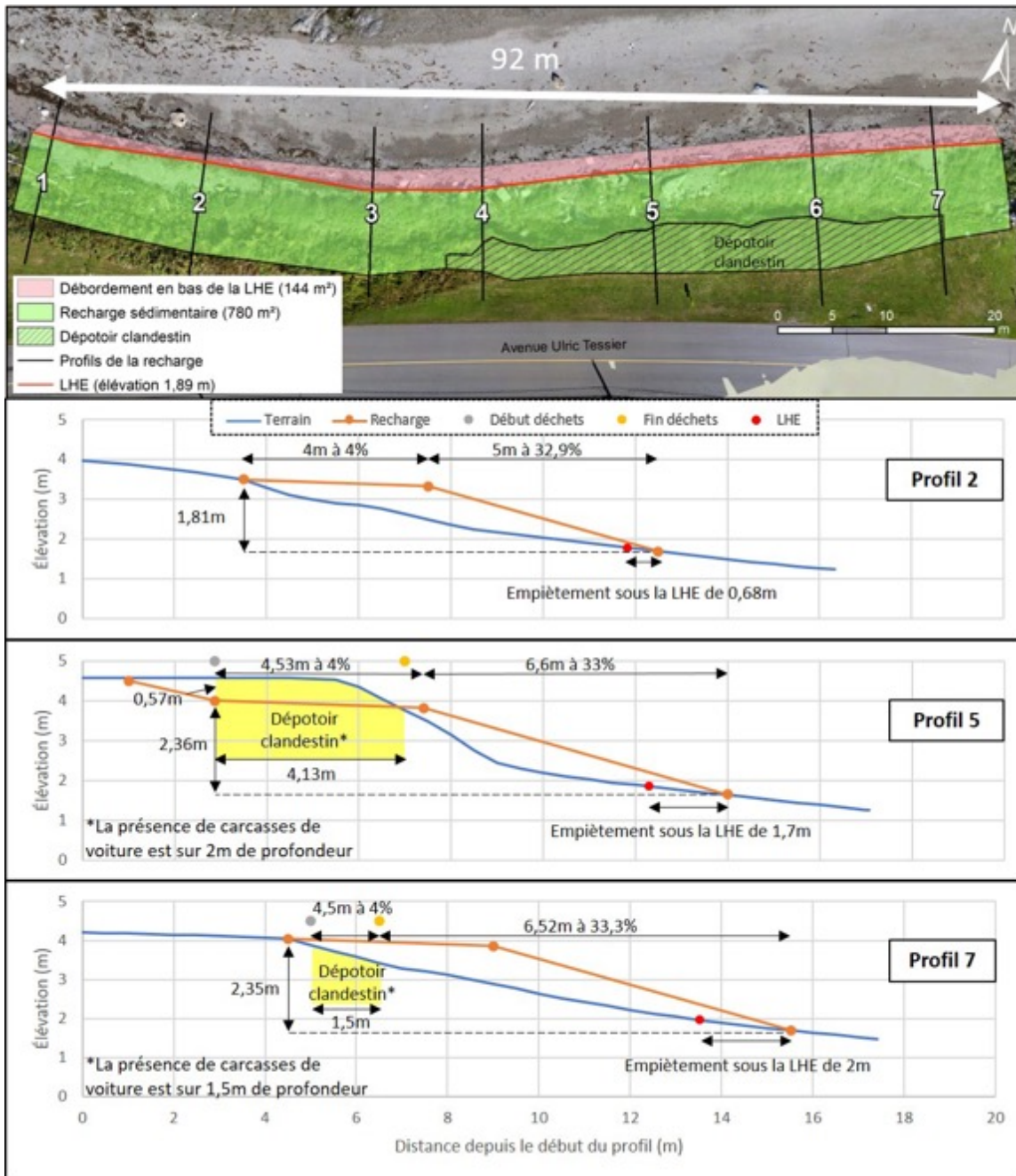
Matériaux	Dimensions	Prix (\$)/tonne	Quantités estimées (tonnes)	Lieux de disposition
Béton	< 1 pied	20	25	Groupe Bouffard – La Mitis
	> 1 pied	45	50	
Asphalte	-	15	30	
Autres (bois, plastiques, etc.)	-	50	7	
Ferraille	-	-	180	
Total	-	-	292	Acier Bouffard

4.2 RECHARGE SÉDIMENTAIRE

4.2.1 Détails techniques

Une restauration de la plage de 780 m² sera réalisée, une pente sera aménagée du sommet du talus sur quelques mètres avec une pente de 4 % jusqu'à une rupture de pente de 33 % (Figure 48). La recharge sédimentaire devrait, selon les profils, empiéter au maximum de 2 m sous la ligne des hautes eaux. Les extrémités de la recharge se termineront en pente afin d'aller épouser graduellement le terrain naturel adjacent. Le sommet de la recharge sédimentaire sera à 3,5 m d'altitude aux profils 1 et 2 et à 4 m pour les autres profils. De cette manière, il n'y aura qu'un écart maximal de 50 cm entre le sommet de la recharge sédimentaire prévue et l'élévation du terrain actuel. Un petit bourrelet d'une vingtaine de centimètres sera aménagé parallèlement à la recharge afin de limiter le ruissellement de l'eau de pluie sur son sommet où se situera la plantation de végétaux de bord de mer. Les travaux prévus auront lieu entre les altitudes de 4,57 à 1,64 m, soit de l'altitude maximale du sommet du talus jusqu'à la zone la plus basse de l'empiètement sous la ligne des hautes eaux.

Il est important de préciser que les altitudes affichées dans ce rapport sont dans le système de référence altimétrique CGVD2013 tandis que ceux affichés dans les plans et devis techniques de l'ingénieur sont en CGVD28. Cependant, toutes les mesures et les dimensions sont conservées.



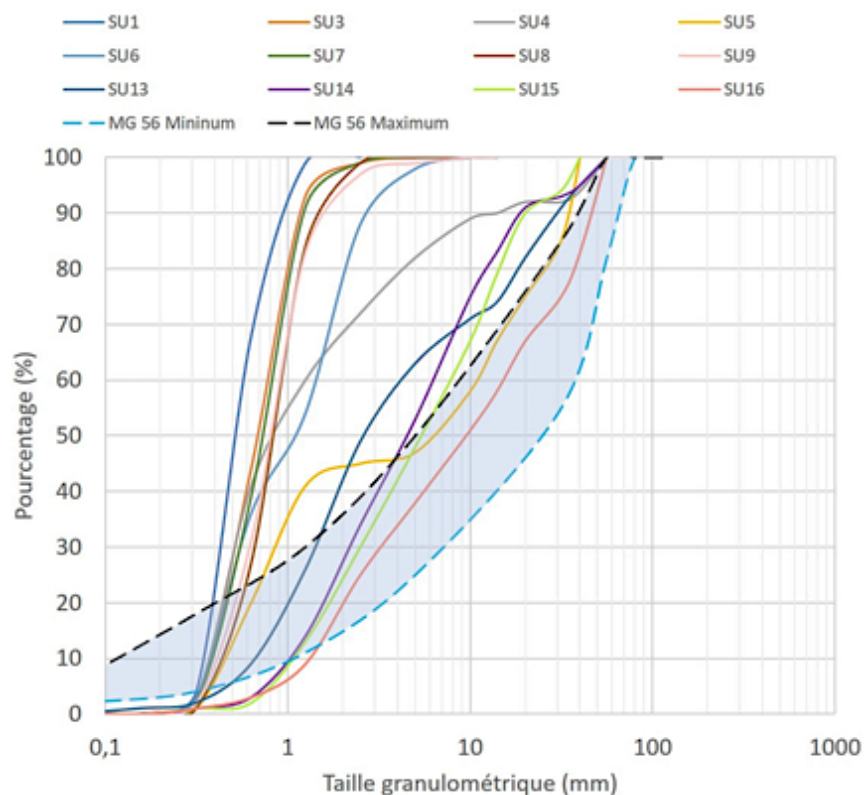


Figure 49. Fuseau granulométrique du MG-56 et des échantillons sédimentaires de la plage.

Les catégories de sédiments choisies sont du MG-56 pour le corps sédimentaire de la recharge et du CG-14 sur les 30 cm du dessus (**Tableau 10**). Le MG-56, dont le diamètre médian (D50) est de 16 mm, a été retenu puisqu'il respecte les conditions granulométriques naturelles de la plage des échantillons du haut estran (SU13 à SU16) tout en étant légèrement plus grossier dans le but de résister aux assauts des vagues. Le CG-14 ressemble davantage à la taille des échantillons de la haute-plage (SU1 à SU9), favorable au développement des élymes des sables. De plus, un élément important dans le choix de la taille des sédiments fut d'assurer la viabilité granulométrique pour l'utilisation de la plage par les espèces de poisson. D'ailleurs, le capelan préfère les plages de sables grossiers et de graviers pour frayer, dont la granulométrie varie entre 2 à 25 mm (Templeman, 1948; Carscadden et al. 2013). Le CG-14, dont les sédiments sont plus fins, sera utilisé sur le dessus de la recharge afin de favoriser la plantation des végétaux dont le système racinaire favorise le maintien en place des sédiments.

Tableau 10. Granulométrie MG-56 et CG-14

Granulométrie MG-56			Granulométrie CG-14		
Tamis	Pourcentage passant		Tamis	Pourcentage passant	
112mm	100	100	20mm	100	100
80mm	100	100	5mm	35	100
56mm	82	100	80µm	0	10
31,5mm	55	85			
5mm	25	50			
1,25mm	11	30			
315µm	4	18			
80µm	2	7			

4.2.2 Équipement

Pour la réalisation de travaux de la recharge sédimentaire, une pelle mécanique sera utilisée de manière à remanier les sédiments afin d'obtenir la pente voulue, sous la supervision d'un membre de la ZIPSE. Des camions-bennes seront également utilisés afin d'apporter les sédiments jusqu'au site de restauration. Les sédiments vont être déposés directement sur le site et il n'y aura pas de site d'entreposage pour les travaux.

4.2.3 Estimation des coûts approximatifs

Les travaux de la recharge sédimentaire seront réalisés en 2 à 3 jours. Les coûts reliés à l'exécution de la recharge (sans compter la revégétalisation, voir la section suivante) ont été représentés dans le Tableau 11. L'estimation des coûts fut réalisée par l'ingénieur Guillaume Bouchard.

Tableau 11. Estimation des coûts des travaux de la recharge sédimentaire.

	Pelle mécanique (150 \$/h)	Manœuvre (70 \$/h)	Camion (90 \$/h)	Total
Jour 1	10 h	10 h	10 h	3 100 \$
Jour 2	10 h	NA	NA	1 500 \$
Total	20 h	10 h	10 h	4 600 \$

4.3 VÉGÉTALISATION DE LA HAUTE-PLAGE ET DE L'ARRIÈRE-PLAGE

La végétalisation de la haute-plage et de l'arrière-plage sera exécutée manuellement par les employés du Comité ZIPSE à la fin des travaux de recharge sédimentaire. Aucune machinerie ne sera nécessaire pour la plantation.

Afin de favoriser la stabilisation des sédiments de la recharge contre les facteurs d'érosion éolienne et hydrique, une espèce de graminée au système racinaire étendu comme l'élyme des sables d'Amérique serait toute indiquée pour jouer ce rôle. Le sommet de la recharge avec la pente de 4 % sera donc végétalisé à l'aide de l'élyme des sables d'Amérique sur une superficie de 369 m². Les plants de cette espèce seront plantés en quinconce avec une densité de plantation de 15 plants/m².

D'importantes colonies naturelles d'élyme des sables d'Amérique sont présentes sur la haute-plage végétalisée dans la zone de restauration projetée. Suivant leur maturité, ces colonies pourraient être revalorisées directement sur le site, sur la recharge sédimentaire ou à proximité. Il en est de même pour deux autres espèces identifiées, le seneçon fausse-arnica et la mertensie maritime (Figure 50) que l'on retrouve également regroupée en petites colonies. Ces colonies pourraient aussi être revalorisées suivant leur maturité à proximité de la recharge sédimentaire et contribuer à augmenter la biodiversité de l'habitat recréé. Il est cependant difficile d'estimer au préalable des quantités et des superficies de végétalisation en utilisant les colonies naturelles de ces végétaux puisque ces paramètres dépendront de leur maturité pendant la période des travaux en juin 2021.



Figure 50. Mertensie maritime sur le bas de la haute-plage

Enfin, la zone de l'arrière-plage aura une plantation de rosiers inermes sur 1,5 m de largeur, soit une superficie de 138 m² (Figure 51). Les plants de rosiers seront plantés en quinconce avec une densité de plantation de 1 plant/m².

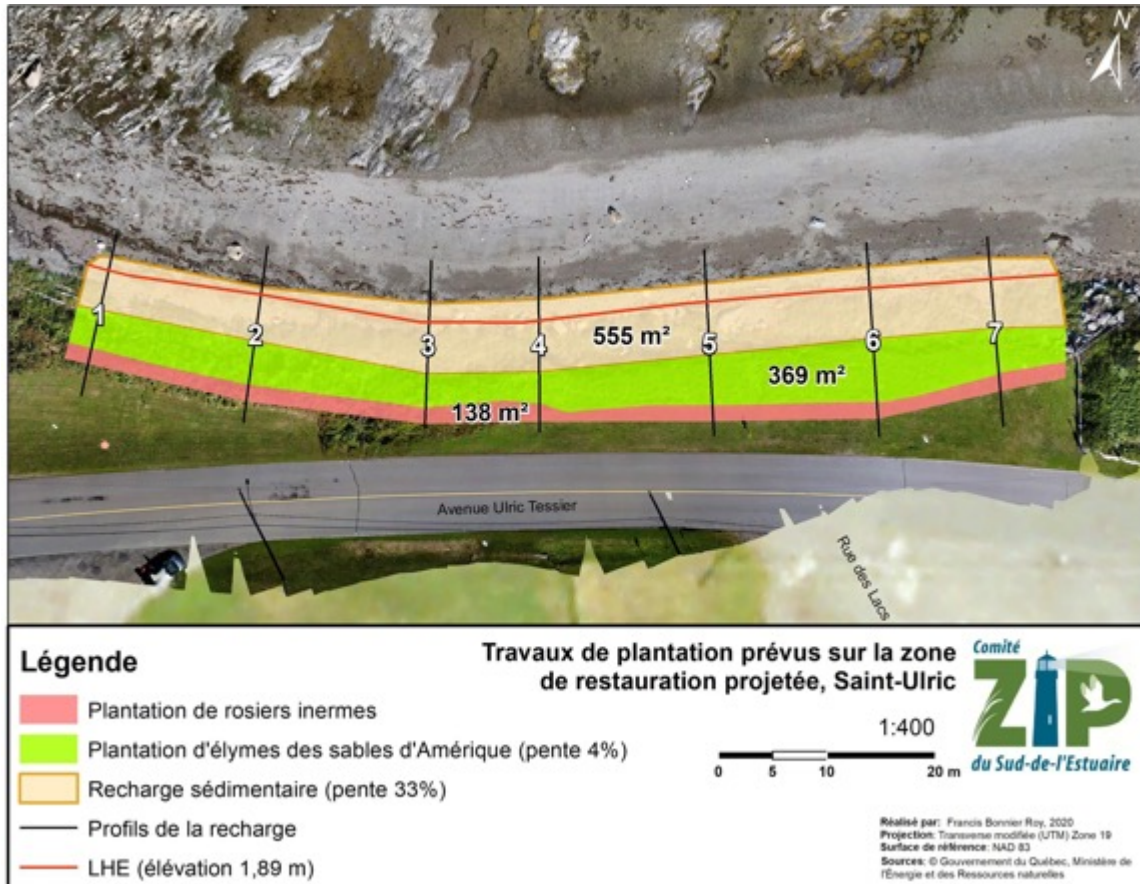


Figure 51. Travaux de plantation prévus dans la zone de restauration projetée, Saint-Ulric.

Le Tableau 12 indique une estimation des coûts reliés à la plantation des différentes espèces de végétaux sur le site de restauration. Ces montants ne comprennent pas les frais de main-d'œuvre et les coûts associés (hébergement, etc.).

Tableau 12. Description de la tarification des travaux de végétalisation prévus.

Espèces	Superficie à végétaliser (m ²)	Habitats	Nombre de plants	Coûts \$
Élyme des sables	369	Haute-plage	5 535	9 594
Rosiers inermes	138	Arrière-plage	138	2 760
Total	507		5 673	12 354 \$

4.4 EMPIÈTEMENT

Les travaux de restauration se font sur un environnement côtier naturel et par défaut, créeront un empiètement sur le littoral et sur la rive (bande riveraine). Toutefois, la nature des actions est vouée à réhabiliter le secteur en nettoyant le site des déchets clandestins et recréer une plage végétalisée en équilibre. Ainsi, l’empiètement qui est présenté au Tableau 13 est nécessaire à l’amélioration de la qualité écologique du site. La recharge sédimentaire et la plantation d’espèces indigènes de bord de mer sont destinées à restaurer l’habitat faunique afin de favoriser notamment le capelan. L’empiètement temporaire est lié au déplacement de la machinerie lors des travaux tandis que l’empiètement permanent représente l’emprise totale des efforts de restauration à la fin du projet.

Tableau 13. Surface d’empiètement des travaux sur le littoral.

Travaux	Empiètement permanent (m ²)		Empiètement temporaire (m ²)	
	Littoral	Rive	Littoral	Rive
Restauration de Plage				
Nettoyage et préparation terrain*	x	161	x	161
Recharge sédimentaire*	144	619	x	507

* À noter que l’empiètement de ces deux interventions est fait sur la même superficie. Ainsi, le nettoyage et la préparation du terrain auront lieu au même endroit que la recharge sédimentaire. Il ne faut donc pas additionner la surface d’empiètement.

5. CALENDRIER DES TRAVAUX ET DU SUIVI

L'ensemble des travaux de préparation du site, de recharge sédimentaire et de plantation de végétaux ont été planifiés dans un calendrier provisoire en indiquant le temps estimé requis pour les étapes à réaliser (Tableau 14). Les délais ont été évalués en fonction de l'expérience que le Comité ZIPSE possède d'après les travaux précédents de type semblable.

Tableau 14. Calendrier de réalisation des travaux de préparation du site, de recharge sédimentaire et de plantations.

À RÉALISER	JUIN-JUILLET	AOÛT-SEPTEMBRE	OCTOBRE-NOVEMBRE
Préparation du site/Recharge sédimentaire	2 semaines		
Plantation haute-plage et arrière-plage	1 semaine		
Suivi plantation	1 jour/mois	1 jour/mois	
Suivi recharge	1 jour	1 jour	1 jour

CONCLUSION

La caractérisation du secteur à l'étude a permis de démontrer la grande diversité biologique du littoral de Saint-Ulric. Un grand nombre d'espèces furent identifiées lors de l'inventaire floristique. La faune aviaire est également abondante et plusieurs espèces ayant un statut particulier fréquentent la zone à l'étude. Notons également que malgré le peu d'abondances de poissons capturés lors de l'inventaire ichthyologique, il y a une diversité intéressante d'espèces dans le secteur.

La zone à l'étude à l'ouest de la municipalité de Saint-Ulric est majoritairement constituée de plage sablo-graveleuse. Ce secteur enregistre des faibles taux d'érosion avec un taux moyen de 0,1 m/an entre 1963 et 2015. Plus particulièrement, les berges naturelles enregistrent un taux légèrement positif de 0,14 m/an. Ainsi, les zones en proie à l'érosion lors d'événements de tempêtes ont bénéficié d'apports sédimentaires favorisant un retour à un état végétalisé stable, ce qui démontre une certaine résilience de la côte face à l'érosion côtière.

Un secteur d'intérêt pour la restauration fut donc révélé à l'entrée ouest du village grâce aux analyses des données de caractérisation et par la présence d'un dépotoir clandestin constitué de matières résiduelles dans une zone dégradée du talus et de la haute-plage. Ce secteur s'étend sur près de 90 mètres linéaires.

Afin de restaurer ce site perturbé, une recharge sédimentaire et une revégétalisation de la plage à l'aide d'élyme des sables d'Amérique et de rosiers seront réalisés au printemps 2021. La combinaison de ces interventions permettra à ce secteur d'être plus résistant face aux divers aléas côtiers. Au préalable, pour préparer adéquatement le site avant l'implantation de la recharge, un nettoyage du talus et de la plage sera réalisé avec l'extraction des matières résiduelles qui seront revalorisées dans des lieux appropriés.

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

- De réhabiliter un secteur très perturbé et pollué,
- D'améliorer la qualité de l'eau par une revégétalisation,
- De renaturaliser un secteur anthropisé,
- D'augmenter la capacité de résilience des habitats par une recharge sédimentaire.

À terme, les actions de restauration proposées à Saint-Ulric permettront d'améliorer 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 l'éperlan arc-en-ciel et le capelan.

Aussi, des relevés sur le terrain seront également réalisés à la suite des travaux afin d'effectuer des suivis de la recharge sédimentaire ainsi que des travaux de revégétalisation. Les suivis géomorphologiques seront faits à l'aide d'une plateforme d'imagerie à basse altitude afin de suivre le déplacement des sédiments de la recharge. Une caméra sera également en place afin de récolter des images toutes les 15 minutes pour apprécier l'évolution de l'ensemble des travaux. Des parcelles seront installées sur la recharge afin de suivre la croissance et le taux de survie des plants qui auront été plantés lors de la restauration. En dernier lieu, un inventaire ichtyologique, suivant le même protocole d'échantillonnage, sera réalisé au même endroit et à la même période afin de suivre les populations de poisson présentes dans le secteur restauré.

RÉFÉRENCES

- d'Anglejan, B. 1981. Évolution post-glaciaire et sédiments récents de la plate-forme infra-littorale, baie de Sainte-Anne, estuaire du Saint-Laurent, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, vol 35 (2), p. 253–260.
- 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.
- Aubry, Y. & R. Cotter. 2007. Plan de conservation des oiseaux de rivage du Québec. Environnement Canada, Service canadien de la faune, région du Québec, Sainte-Foy, xvi + 203 p.
- Bachand, E. 2012. Restauration de la plage des Jésuites, Rivière-Ouelle. Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire. Rimouski, Québec, 26 p.
- Bachand, E. 2013. Restauration de la plage de la halte marine du Gros-Ruisseaux, Sainte-Flavie. Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire. Rimouski, Québec, 25 p.
- Bazoges, A., D. Lachance & 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 p. + annexes.
- Bernatchez, P., Jolicoeur, S., Quintin, C., Savard, J-P., Corriveau, M., O'Carroll, S., Bérubé, D., Garneau, M., Chmura, G.L., Nguyen-Quang, T., Lieou, C.K., Torio, D., Van Ardenne, L., Sammari, H., Saint-Pierre, M. 2016. Impacts des changements climatiques et des contraintes physiques sur le réajustement des écosystèmes côtiers (*coastal squeeze*) du golf et de l'estuaire du Saint-Laurent (GESL) et évaluation des mesures d'atténuation de ces impacts. Rapport de recherche remis; à Ouranos et Ressources naturelles Canada, mars 2016, 189 p. + annexes.
- Bernier, J.-S., Bolduc, J., Boulet, G., Bussièrès, E., Dumont, B., Edelmann, P., Gosselin, A., Légaré, M., Mergl, M., Michaud, C., Rousseau, M., Verville, A. & Lauzier, R. 2013. Guide de bonnes pratiques aménagement et techniques de restauration des bandes riveraines. Fédération interdisciplinaire de l'horticulture ornementale du Québec, 115p.
- Bonnier Roy, R., Noël, R., Pothier, J., Junneau, M-N., Joubert, J-É., Quintin, C. & Bachand, É. 2018. Caractérisation biophysique de Notre-Dame-des-Neiges (secteur des Grèves). Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, Rimouski, Québec. 66 p. + annexes.
- Bourget, G., A. Marquis, M. Bélanger, K. Belzile et M. Tremblay. 2015. Réseau d'inventaire des poissons de l'estuaire (RIPE) — Bilan des années 2009-2013. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la gestion de la faune du Bas-St-Laurent. 3 p.
- Boyer-Villemare, U., J.-P. Savard et P. Roy. 2016. Évaluation des niveaux d'eau extrêmes causant des dommages de submersion en zone côtière au Québec. Ouranos, Montréal. 30 p.
- Brouillet, L., F. Coursol, S. J. Meades, M. Fravreau, M. Anions, P. Bélisle & 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. Volume 1 : L'écosystème du Saint-Laurent. Environnement Canada — région du Québec; Conservation de l'environnement et Éditions MultiMondes, Montréal. Coll. 'Bilan Saint-Laurent'.

Chabot, R., A. Rossignol. 2003. Algues et faune du littoral du Saint-Laurent maritime : Guide d'identification. Institut des sciences de la mer de Rimouski, Rimouski; Pêches et Océans Canada (Institut Maurice-Lamontagne), Mont-Joli. 113 p. ISBN 2-9807738-0-8 (Institut des sciences de la mer de Rimouski) ISBN 0-660-96746-4 (Institut Maurice-Lamontagne) Dépôt légal - 2^e trimestre 2003 Bibliothèque nationale du Québec, Bibliothèque nationale du Canada.

Climat-Québec. Consultation, consulté en septembre 2015. Rose des vents de la station de Mont-Joli (# 7055120). Repéré à http://www.climat-quebec.qc.ca/home.php?id=roses_vents&mpn=stats

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.

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

Crawford, A., Mueller, D., Joyal, G. 2018. Surveying Drifting Icebergs and Ice Islands: Deterioration Detection and Mass Estimation with Aerial Photogrammetry and Laser Scanning. *Remote sensing*, 10, 575.

Cyr, A. et J. Larivée. 1995. Atlas saisonnier des oiseaux du Québec. Presses de l'université de Sherbrooke et Société de loisir ornithologique de l'Estrie, Sherbrooke. 711 p. +1 200 cartes

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

Desroches, J.-F. & I. Picard. 2013. Poissons d'eau douce du Québec et des Maritimes. Guide d'identification. Éditions Michel Quintin. ISBN 9782894356258 (28 943 562 511)

Dionne, J.C. 1973. La notion de pied de glace (Icefoot), en particulier dans l'Estuaire du Saint-Laurent. *Cahiers de géographie du Québec*, vol. 17 (41) : 221-250.

Dionne, J-C. 1977. « La mer de Goldthwait au Québec ». *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 31, p. 61-80.

Dionne, J.-C. & Coll, D. 1995. Le niveau marin relatif dans la région de Matane (Québec), de la déglaciation à nos jours. *Géographie physique et Quaternaire*, 49 (3), p. 363-380.

Dionne, J-C. 1997. Observations sur le delta juxta-glaciaire de Saint-Fabien, côte sud du Saint-Laurent estuarien. Actes de colloque du 10^e Congrès annuel de l'Association professionnelle des géologues et des géophysiciens du Québec. 60 p.

Dionne, J-C. 2002a. Une nouvelle courbe du niveau marin relatif pour la région de Rivière-du-Loup (Québec). *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 56 (1) p.33-44.

Dionne, J-C. 2002 b. État des connaissances sur la ligne de rivage Micmac de J. W. Goldthwait (estuaire du Saint-Laurent). *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 56 (1) p.97-121.

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*, vol. 58 (1), p. 73-108.

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

Douville, J. 2017. La pêche à l'anguille sur la Côte-du-Sud. *Rabaska*, 15, p. 43-64.

Drapeau, G. 1992. « Dynamique sédimentaire des littoraux de l'estuaire du Saint-Laurent. » *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 46 (2), p. 233-242.

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

eBird. 2019. Liste des espèces d'oiseaux observées pour le secteur de la Pointe de Rivière-Ouelle de 1900 à 2019. Histogramme d'observation d'oiseaux en ligne.
<https://ebird.org/barchart?r=L3974350&yr=all&m=>

eFlora. 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

Environnement CA. Évaluation environnementale de site Phase I et II, Lot 5 538 598 à Saint-Ulric Québec, 2018, 74 p. et 63 p.

Équipe de rétablissement de l'éperlan arc-en-ciel, population du sud de l'estuaire du Saint-Laurent. 2019. Plan de rétablissement de l'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*) au Québec, population du sud de l'estuaire du Saint-Laurent — 2019-2029. produit pour le ministère des Forêt, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats. 40 p.

Etongué Mayer, R., Y. Roche & 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. AdresseURL :
<http://www.floraquebeca.qc.ca/florefamille/cles-didentification/>

Foucault, A. & J. F. Raoult. 1988. Dictionnaire de géologie, 3e édition. Masson, Paris, 352 p. ISBN : 2-225-81480-5.

- Friesinger, S., et Bernatchez, P. (2010). Perceptions of Gulf of St. Lawrence coastal communities confronting environmental change: Hazards and adaptation, Québec, Canada. *Ocean et Coastal Management*, 53 (11), 669-678.
- Galbraith, P.S., J. Chassé, C. Caverhill, P. Nicot, D. Gilbert, B. Pettigrew, D. Lefavre, D. Brickman, L. Devine et C. Lafleur. 2017. Physical Oceanographic Conditions in the Gulf of St. Lawrence in 2016. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/044. v + 91 p.
- Gauthier, B. 2000. L'estuaire du Saint-Laurent : synthèse phytogéographie. 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., B. Gauthier, J-Y. Goupil et J. Labrecque. 2007. Délimitation de la ligne des hautes eaux. Méthode botanique simplifiée. Les publications du Québec. 56 p.
- Groupe conjoint de travail sur la gestion de l'Eider à duvet 2004. Plan québécois de gestion de l'Eider à duvet *Somateria mollissima dresseri*. Publication spéciale du Groupe conjoint de travail sur la gestion de l'Eider à duvet, Québec, 44 p.
- González, Lester Trujillo. 2017. Reconstruction de l'enrochement au chemin de la Pointe. Norda Stelo, Québec. 115 p.
- Hayman, P., J. Marchant & T. Prater. 1986. Shorebirds ; an identification guide to waders of the world. Houghton Mifflin Company. ISBN-10 : 0395602378
- Hétu, B. 1994. Géologie et géomorphologie du Bas-Saint-Laurent. Dans : Parcours historique de la région touristique du Bas-Saint-Laurent. Groupe de recherche interdisciplinaire en développement de l'Est-du-Québec, Université du Québec à Rimouski. p. 359-395.
- ICOAN. 2012. Initiative de conservation des oiseaux de l'Amérique du Nord. État des populations d'oiseaux du Canada, 2012. Environnement Canada, Ottawa, Canada. 36 p.
- 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, 61p.
- 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, vol. 3, p. 353-368.
- Juneau, M-N., Bachand, É. & Lelièvre-Mathieu, A. 2012. Restauration et aménagement du littoral ; Guide de bonnes pratiques du Bas-Saint-Laurent, Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, Rimouski, Québec, 40 p.
- Lambert, A., Bernatchez, P., Didier, D., Arsenault, E., Dumont, D., Senneville, S., et Bismuth, E. (2015). Programme de mesure et de modélisation de la morphodynamique de l'érosion et de la submersion côtière dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent (MODESCO), Phase I. (Version préliminaire). Université du Québec à Rimouski. Rimouski, 121 p.

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 9 782 894 359 693

Larivée, J. 1993. Chronobiologie des oiseaux du Bas-St-Laurent, migration et reproduction. Club des Ornithologues du Bas-St-Laurent. 160 p. (Liste annotée seulement)

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

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

Mercure, M. et Bruneau, A. 2008. Hybridization between the escaped *Rosa rugosa* (rosaceae) and native *R. Blanda* in Eastern America. *American journal of Botany*, 95 (5) : 597-607

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

Neumeier, U., B. Ruest, A. Lambert, E. Bismuth, D. Dumont, D. Jacob, J.P. Savard et S. Joly. 2013. Modélisation du régime des vagues du golfe et de l'estuaire du Saint-Laurent pour l'adaptation des infrastructures côtières aux changements climatiques. Rapport final présenté au ministère des Transports du Québec. Institut des sciences de la mer de Rimouski, Université du Québec à Rimouski, 253 p.

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

O'Brien, M., R. Crossley & K. Karlson. 2006. The shorebird Guide. Houghton Mifflin Harcourt, 477p. ISBN : 0618432949, 9 780 618 432 943

Owen, M.W. 1984. Effectiveness of saltings in coastal defense. Actes du colloque MAFF Conference of River and Coastal Engineers, Crandfield.

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

Quintin, C., Noël, R., Bonnier Roy, F., Bachand, É. & Pothier, J. 2019. Restauration des habitats côtiers de l'Anse-du-Portage : Description des actions de restauration et des suivis réalisés en 2018. Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, Rimouski, Québec. 53 p. + annexes

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

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

Scott, W.B. & E.J. Crossman. 1973. Freshwater fishes of Canada. Bull. Fish. Res. Board Can. p.184 xi + 1-966.

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

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

Sibley, D.-A. 2016. The Sibley Field Guide to Birds of Eastern North America: Second Edition.

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

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

Thomas, G. H., R. B. Lanctot & T. Székely. 2006. Population declines in North American shorebirds: ecology, life-history and sexual selection. Waterbirds around the world. Eds GC Boere, CA Galbraith & DA Stroud. The SStationery Office, Edinburgh, UK, p. 207-207.

Valiquette, E., M. Legault, J. Mainguy, V. Bujold et A.-M. Pelletier. 2018. Répartition du bar rayé au Québec – mise à jour des connaissances, Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Québec, V + 17 p.

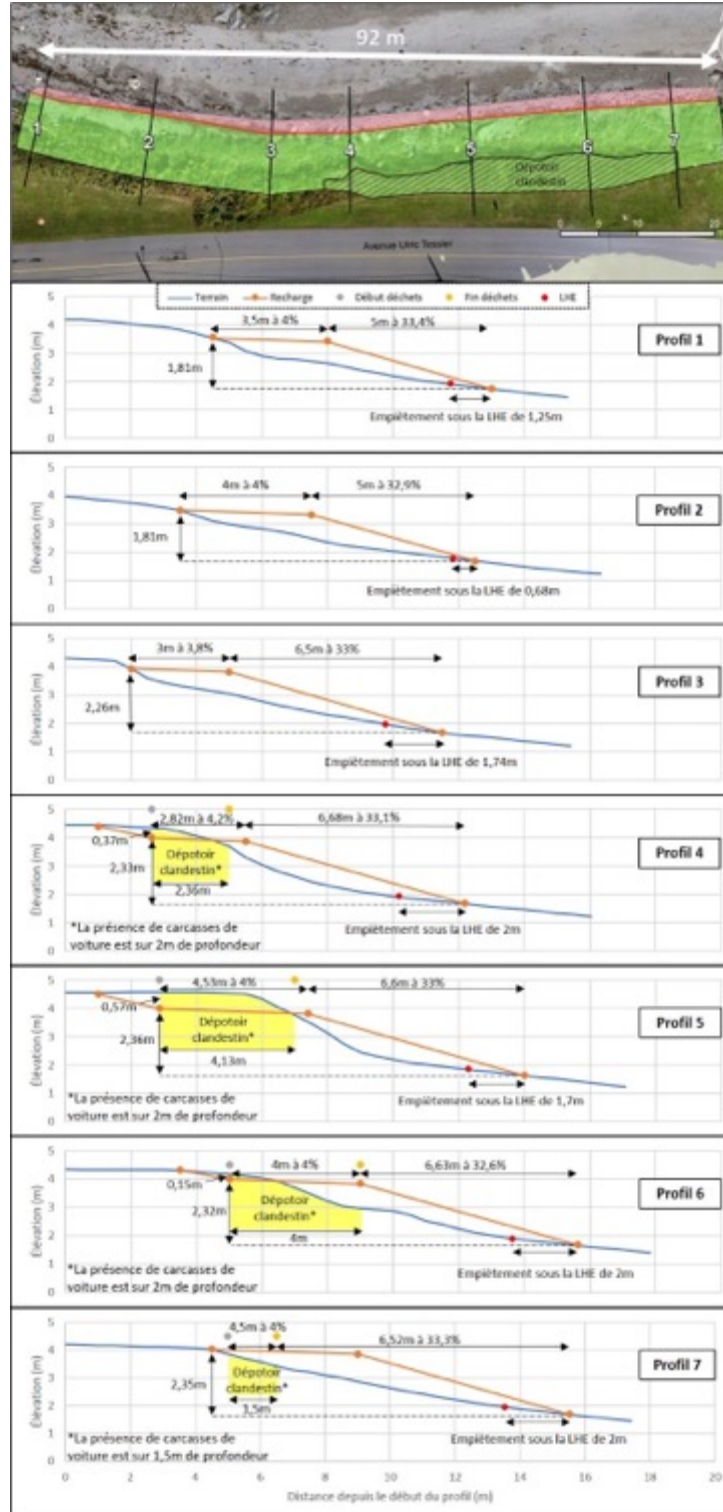
Van-Wierst, S., P. Bernatchez et R. Certain. 2016. Effet de protection du pied de glace sur une côte basse sablonneuse en contexte de changements climatiques en milieu tempéré-froid. Colloque sur les risques naturels au Québec, ACFAS, Montréal, Québec.

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

Westoby, M.J., Brasington, J., Glasser, N.F., Hambrey, M.J., Reynolds, J.M. 2012. 'Structure-from-Motion' photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology*, 179, 300-314.

ANNEXES

Annexe 1. Ensemble des sept profils de la recharge sédimentaire et nettoyage du dépotoir clandestin prévu dans la zone de restauration projetée, Saint-Ulric.





Partenaires :



Pêches et Océans
Canada



PREMIÈRE NATION
MALÉCITE DE VIGER