Restauration des habitats côtiers du secteur des Grèves à Notre-Dame-des-Neiges :

Restauration et suivis 2019

Jalon 1

Mars 2020

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

ISBN

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire

Équipe à la rédaction :

Roxanne Noël, M. Sc., Biologiste

Francis Bonnier Roy, M. Sc., Géomorphologue

Jonathan Pothier, M. Sc., Biologiste

Philippe Bois, Technicien en écologie appliquée et géomatique

Équipe sur le terrain :

Amélia Fortier	Jonathan Pothier
Chantal Quintin	Kassandra Croteau
Étienne Bachand	Philippe Bois
Félix Lafond	Roxanne Noël
Félix Levesque	Samuel Bolduc
Francis Bonnier Roy	Sarah Delisle
Jean-Étienne Joubert	

Le projet intitulé *« Restauration d'habitats côtiers sur la rive de l'estuaire du Saint-Laurent »* a été rendu possible grâce à une contribution du Fonds pour la restauration côtière de Pêches et Océans Canada.

Partenaires et collaborateurs

Pêches et Océans Canada

Ministère de la Faune, des Forêts et des Parcs

Municipalité de Notre-Dame-des-Neiges

Première Nation Malécite de Viger

Révision

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

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, nous tenons à remercier la municipalité de Notre-Dame-des-Neiges pour leur confiance envers l'équipe du Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire et tout particulièrement son maire Monsieur Jean-Marie Dugas, son directeur général Monsieur Philippe Massé, son inspectrice des bâtiments et en environnement Madame Sarah Gauvin et son contremaître aux travaux publics Monsieur Mike Doyle. Leur soutien et leurs conseils lors des travaux sur le terrain ont contribué au bon fonctionnement et au succès des travaux.

Nous remercions également tous les citoyens du secteur des Grèves pour leur partage de connaissances sur le milieu et leur patience durant les travaux de recharge sédimentaire qui ont perturbé leur tranquillité pendant quelques jours.

Nous remercions chaleureusement tous nos techniciens pour leur courage, leur persévérance et leur professionnalisme, grâce à vous nous avons fait un travail de titan et nous sommes très fiers de la réussite de ce beau projet de restauration.

Nous tenons enfin 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.

CITATION RECOMMANDÉE :

Noël, R., Bonnier Roy, F., Bois, P., Pothier, J., 2020. Restauration des habitats côtiers du secteur des Grèves à Notre-Dame-des-Neiges : Restauration et suivis 2019. Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire. Rimouski, Québec. 54 p. + annexes.

TABLE DES MATIÈRES

Résumé 1
Mise en contexte 2
Description du site 3
Localisation du site 3
Description des habitats côtiers 4
Herbier de zostère marine 4
Marais 5
Plage 6
Actions de restauration côtière 6
Autorisation et acceptabilité sociale 8
Permis municipal 8
Permis provincial 9
Permis fédéral 9
Rencontre avec les acteurs 9
Actions de restauration dans l'herbier de zostère marine 10
Actions de restauration dans le marais 13
Actions de restauration sur la plage 16
Plans et devis 16
Extraction débris d'asphalte 18
Recharge sédimentaire de la plage 18
Plantation de végétaux 20
Mise en valeur des actions de restauration 23
Panneau sur le site 23
Capsule vidéo des actions de restauration 23
Suivi 24
Suivi biologique 24
Reprise végétale à l'aide de parcelles 24
Inventaire ichtyologique 37
Suivi géomorphologique 43
Topographie et volume de la recharge sédimentaire 43

Caméras fixes 52
Conclusion 54
Références 55
Annexes 56

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Localisation de la zone de restauration côtière 3
Figure 2. Habitats naturels d'intérêt pour le projet de restauration de Notre-Dame-des-Neiges 4
Figure 3. Herbier de zostère marine avant la réalisation des actions de restauration 5
Figure 4. Marais maritime avant la réalisation des actions de restauration 5
Figure 5. La plage avant la réalisation des actions de restauration 6
Figure 6. Ensemble des travaux de restauration réalisés à Notre-Dame-des-Neiges, 2019 8
Figure 7. Zone de plantation de la zostère marine et le banc d'emprunt 11
Figure 8. Principales étapes de transplantation de zostère marine réalisée à Notre-Dame-des-Neiges en mai 2019. A) extraction d'unité de plantation B) bacs avec les unités de plantation C) transport des bacs vers le site de plantation D) dépôt d'une unité de plantation dans un trou E) équipe de la ZIPSE au travail dans la zone de plantation. 12
Figure 9. Zone de plantation de la spartine alterniflore et le banc d'emprunt. 14
Figure 10. Principales étapes de la transplantation de spartine alterniflore réalisée à Notre-Dame-des-Neiges en mai et en juin 2019. A) extraction d'unité de plantation dans le banc donneur B) transport des bacs au site jusqu'au chemin de la grève C) transport des bacs au site de plantation D) creusage de trous en quinconce E) unité de plantation déposée dans un trou F) Employé de la ZIPSE à la plantation. 15
Figure 11. Vue d'ensemble des plans de la recharge sédimentaire à Notre-Dame-des-Neiges 17
Figure 12. Extraction de morceaux d'asphalte sur la plage. 18
Figure 13. Travaux de la recharge sédimentaire 19
Figure 14. Plage de Notre-Dame-des-Neige avant et après la recharge sédimentaire 20
Figure 15. Ensemble des travaux réalisés sur la plage de Notre-Dame-des-Neiges 21
Figure 16. Principales étapes de la plantation d'élyme des sables d'Amérique réalisée à Notre-Dame-des-Neiges en juin 2019. A) Creusage de trous en quinconce B) transport des plants C) plantation des élymes D) équipe de la ZIPSE à la plantation E) Arrosage et balisage du site. 22
Figure 17. Principales étapes de la plantation de rosier réalisée à Notre-Dame-des-Neiges en juin 2019. A) Creusage de trous en quinconce B) plantation d'un plant de rosier C) arrosage et balisage de la plantation. 22
Figure 18. Panneau d'interprétation installé vis-à-vis des travaux de restauration de l'habitat 23
Figure 19. Emplacement des parcelles de suivi de zostère marine 25
Figure 20. Parcelle de suivi de zostère marine 26

Figure 21. Hauteur moyenne des plants de zostères marine entre juillet et octobre 2019 27
Figure 22. Pourcentage de recouvrement des parcelles de suivi par les plants de zostères marine entre mai et octobre 2019 28
Figure 23. Positionnement des parcelles de suivi de spartine alterniflore 29
Figure 24. Parcelle de suivi de spartine alterniflore 30
Figure 25. Hauteur moyenne des plants de spartines alterniflores entre juin et septembre 2019 31
Figure 26. Pourcentage de recouvrement des parcelles de suivi par les plants de spartines alterniflores entre juin et octobre 2019. 32
Figure 27. Positionnement des parcelles de suivi de la végétation sur la recharge sédimentaire 33
Figure 28. Parcelle de suivi de rosier rugueux 34
Figure 29. Hauteur moyenne des plants d'ammophile à ligule courte (AM), d'élyme des sables d'Amérique (EL) et de rosier rugueux (R) 35
Figure 30. Pourcentage de recouvrement des parcelles de suivi des plants d'ammophile à ligule courte (AM), d'élyme des sables d'Amérique (EL) et de rosier rugueux (R) 36
Figure 31. Emplacement des deux zones d'inventaire de poissons, 2019 37
Figure 32. Dénombrement de poissons lors d'un trait de senne 38
Figure 33. Quelques espèces de poisson capturées lors de l'inventaire ichtyologique, 2019 39
Figure 34. Comparaison du nombre de poissons capturés dans les deux types d'engins de pêche lors de l'inventaire réalisé en 2018 et 2019. 41
Figure 35. Taille des poissons capturés lors de l'inventaire réalisé en août 2019… 42
Figure 36. Étendue de la zone survolée par SIMBA lors des 3 levés aériens. 43
Figure 37. Différentiel altimétrique de la zone de recharge sédimentaire et 4 profils topographiques entre les levés SIMBA du 18 mai 2019 (avant les travaux) et le 2 juillet 2019 (après les travaux). 49
Figure 38. Différentiel altimétrique de la zone de recharge sédimentaire et 4 profils topographiques de plage entre les levés SIMBA du 2 juillet 2019 et du 18 octobre 2019. 50
Figure 39. Déplacement de la flexure de la plage restaurée entre le 2 juillet 2019 et le 18 octobre 2019. 51
Figure 40. Caméra de suivi et panneau solaire 52
Figure 41. Changements observés à l'aide de la caméra Reconyx pour le secteur de la recharge sédimentaire entre le mois de juin et le mois de décembre 2019. Le trait jaune sur les images représente une partie de la surface visible par la caméra de la pente 3 :1 de la portion sud de la recharge sédimentaire. Le trait vert représente le sommet de la nouvelle microfalaise sur chacune des images à la suite de l'érosion des vagues. 53

Figure 42. Niveaux d'eau observés, prédits et pression atmosphérique enregistrés, station de Rimouski. Les ondes de tempêtes importantes sont identifiées par des étoiles jaunes (Source : Pêches et Océans Canada)..... 53

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Nombre de plants de zostères marine transplantés en fonction du nombre estimé de tiges par unité de transplantation et d'unités par bac..... 13
Tableau 2. Nombre de plants de spartines alterniflores transplantés en fonction du nombre estimé de tiges par unité de transplantation et d'unités par bac. 16
Tableau 3. Quantité (Tm) des différents types de sédiments utilisés par jour pour la réalisation de la recharge sédimentaire. 19
Tableau 4. Suivis biologiques et géomorphologiques réalisés en 2019 à la suite des travaux de restauration de Notre-Dame-des-Neiges. 24
Tableau 5. Température de l'eau lors des inventaires de poissons. 38
Tableau 6. Évaluation de la précision et de la calibration entre les MNE par des points de contrôle fixes pour les 3 levés de 2019..... 45
Tableau 7. Résultats volumétriques de la plage et des sources d'erreur pour le levé aérien SIMBA de mai, juillet et octobre 2019. 46

RÉSUMÉ

Le secteur des Grèves à Notre-Dame-des-Neiges est une zone possédant une grande diversité d'habitats côtiers essentiels pour la faune ichtyenne. On y retrouve un herbier de zostère marine, un marais maritime à spartine alterniflore ainsi qu'une plage. Ses habitats sont donc utilisés par plusieurs espèces de poisson au cours de leurs cycles biologiques, comme l'éperlan arc-en-ciel, le bar rayé et le poulamon Atlantique. Ils l'utilisent principalement au stade larvaire et juvénile et pour se cacher des prédateurs puis s'y nourrir. Des signes de dégradation furent notés lors de la caractérisation réalisée en 2018. L'herbier et le marais démontraient des signes importants d'érosion et de nombreux morcellements au travers des colonies végétales. Il y avait également au niveau de la plage présence de débris d'asphalte issus d'un ancien remblai, exposé par l'érosion côtière.

À la suite des résultats obtenus lors de la caractérisation côtière, plusieurs actions de restauration furent mises en place au printemps 2019 afin de maintenir la biodiversité à long terme de ce milieu très riche :

- Une transplantation de près de 74 000 plants de zostères marine dans l'herbier représentant une surface de 6 835 m^2 ;
- Une transplantation de près de 104 960 plants de spartines alterniflore dans le marais représentant une surface de 9 146 m^2 ;
- Une recharge sédimentaire de la plage représentant un volume de 1 010 m^3 ;
- Une plantation de rosiers rugueux, d'élyme des sables d'Amérique et d'ammophile à ligule courte sur la recharge sédimentaire.

Les premiers résultats des suivis biologiques et géomorphologiques des travaux démontrent une bonne croissance des végétaux et un bon taux de survie dans les différents sites de plantation, ainsi qu'un reprofilage de la recharge sédimentaire de la plage tel qu'anticiper. L'inventaire ichtyologique réalisé au début de l'automne a permis de montrer que les travaux de restauration semblent contribuer à maintenir la richesse et la diversité de poissons déjà observées à Notre-Dame-des-Neiges lors d'un précédent inventaire en 2018.

Ainsi, les actions de restauration côtière et les premiers résultats des suivis réalisés dans le cadre du projet « Restauration d'habitats côtiers sur la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent », financé par Pêches et Océans Canada, ont permis d'atteindre l'objectif principal qui était de restaurer les habitats essentiels de la faune ichtyologique présente sur ce territoire. Des relevés terrain seront réalisés de manière saisonnière au cours des prochaines années, ainsi les données recueillies permettront de suivre l'évolution des actions de restauration réalisées à Notre-Dame-des-Neiges.

MISE EN CONTEXTE

À la suite de la caractérisation biophysique du secteur des Grèves à Notre-Dame-des-Neiges, un projet de restauration fut élaboré et réalisé par le Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire (ZIPSE) au printemps 2019. L'objectif principal était de restaurer et reconnecter des habitats côtiers essentiels aux diverses espèces de poisson.

Ces travaux font partie d'un projet financé par le Fonds pour la restauration côtière de Pêche et Océans Canada. Il s'intitule « *Restauration d'habitats côtiers sur la rive de l'estuaire du Saint-Laurent* ». Ce projet de cinq ans vise la restauration d'habitats essentiels du poisson de la rive sud de l'estuaire. Le projet de Notre-Dame-des-Neiges est le deuxième site à avoir été restauré. Il répond à plusieurs objectifs :

- Revégétaliser des portions dégradées et dénudées de l'herbier de zostère marine à l'embouchure de la rivière des Trois Pistoles ;
- Revégétaliser des portions dégradées et dénudées du schorre inférieur du marais du secteur des Grèves ;
- Redonner un aspect naturel à la plage du secteur des Grèves à l'aide d'une recharge sédimentaire ainsi qu'une plantation de végétaux indigènes (élyme des sables d'Amérique, ammophile à ligule courte, rosier rugueux) ;
- Réaliser des suivis biologiques (plantes et poissons) et physiques (analyses volumétriques, analyses spatiotemporelles) des travaux de restauration.

Le rapport, divisé en deux volets, dresse d'abord un portrait des actions de restauration côtière réalisées sur la plage, le marais et l'herbier de zostère puis traite ensuite des activités de suivi réalisées à Notre-Dame-des-Neiges entre le mois de mai et octobre 2019.

DESCRIPTION DU SITE

Localisation du site

La zone de restauration est située à l'est de l'embouchure de la rivière des Trois Pistoles, dans la municipalité de Notre-Dame-des-Neiges (Figure 1). Le site de restauration se situe à l'est du quai de la Rivière des Trois Pistoles dans un secteur zoné urbain ou de villégiature.

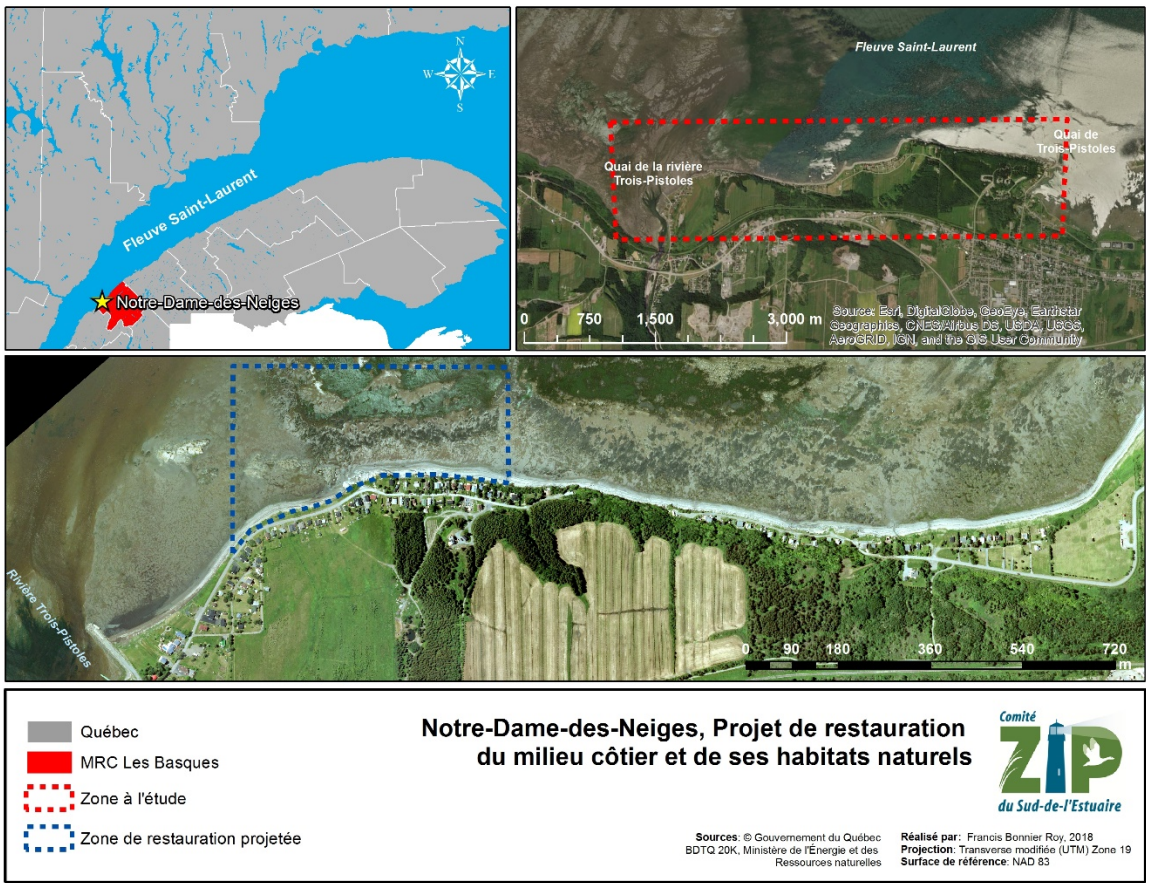


Figure 1. Localisation de la zone de restauration côtière

Le site qui fut restauré comprend divers habitats côtiers qui se succèdent de la côte vers le large (plage, marais maritime, herbier de zostère marine). Des signes de dégradation de ses habitats furent notés lors de la caractérisation côtière réalisée en 2018. Notons la présence de processus d'érosion au niveau de la plage qui laissait entrevoir plusieurs morceaux d'asphalte issus d'un ancien remblai. Des secteurs du marais maritime ainsi que de l'herbier de zostère étaient également dégradés, ce qui déconnectait ses habitats les uns des autres.

Description des habitats côtiers

Le secteur des Grèves contient une grande diversité d'habitats. Sur un peu moins de 600 m de longueur, on retrouve un herbier de zostère marine, un marais maritime ainsi qu'une plage (Figure 2).

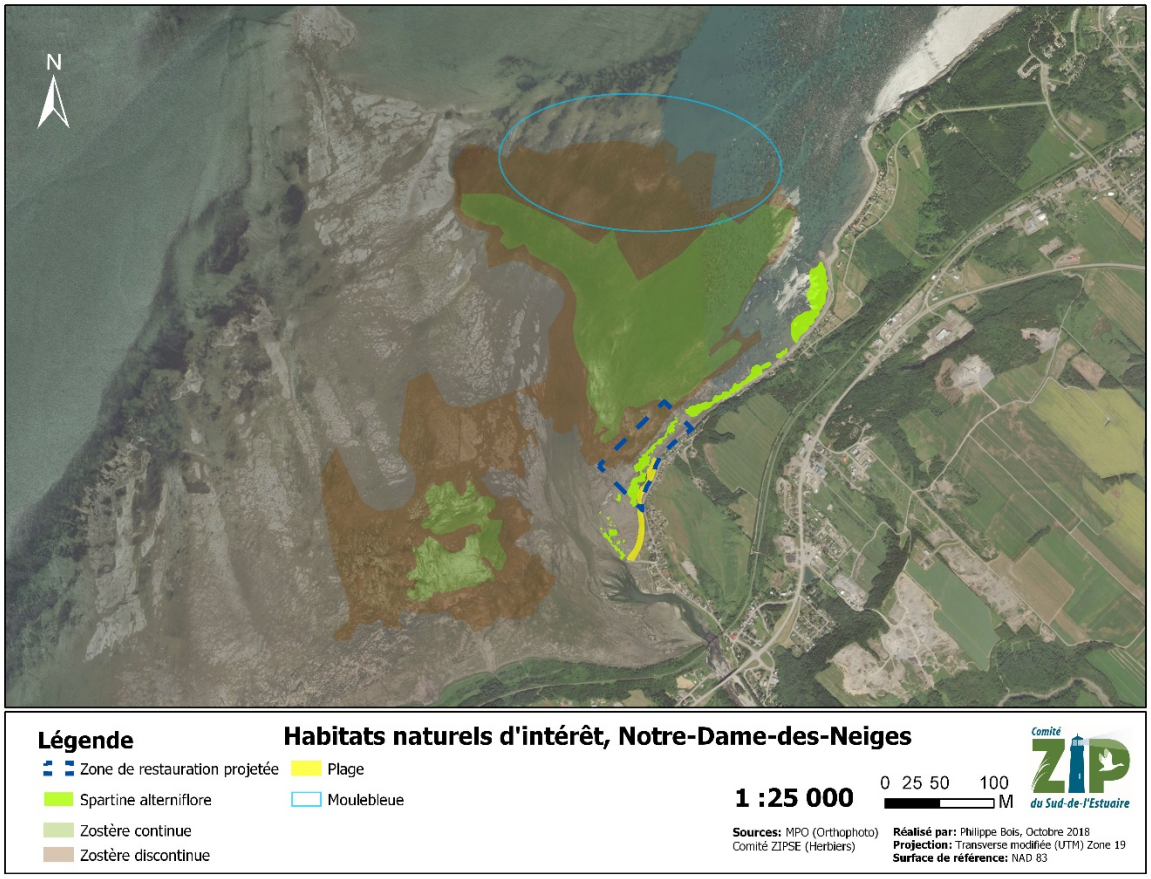


Figure 2. Habitats naturels d'intérêt pour le projet de restauration de Notre-Dame-des-Neiges

Herbier de zostère marine

Le grand herbier de zostère de Notre-Dame-des-Neiges couvre une superficie de 349 ha (Figure 3). Sur cette superficie, certains secteurs de l'herbier sont denses et continus, donc en très bonne santé. Dans d'autres secteurs, cependant, celui-ci est discontinu (superficie de 217 ha) (Bonnier Roy *et coll.* 2018).

Figure 3. Herbier de zostère marine avant la réalisation des actions de restauration

Marais

Le marais à spartine alterniflore de Notre-Dame-des-Neiges couvre une superficie de 9,67 ha et est accompagné d'algues brunes (Bonnier Roy *et coll.* 2018) Celui-ci est discontinu et forme une longue bande mince entre la plage et l'herbier de zostère marine. D'ailleurs il est connecté dans plusieurs secteurs avec celui-ci (Figure 4). Le marais maritime ne contient pas de schorre supérieur. Il est constitué seulement d'un schorre inférieur.

Figure 4. Marais maritime avant la réalisation des actions de restauration

Plage

La plage d'élyme des sables d'Amérique et d'ammophile à ligule courte du secteur des Grèves est d'une superficie de 9,67 ha (Figure 5). Celle-ci est située entre un cran rocheux à l'est et un quai à l'ouest. Elle est bordée par le chemin de la Grève et des résidences principales et secondaires. On pouvait d'ailleurs y observer dans la microfalaise des morceaux d'asphalte issu d'un ancien remblai.

Figure 5. La plage avant la réalisation des actions de restauration

ACTIONS DE RESTAURATION CÔTIÈRE

À la suite des résultats obtenus lors de la caractérisation biophysique du milieu et des recommandations émises par la ZIPSE, plusieurs actions de restauration ont été mises en place au printemps 2019 afin de maintenir la biodiversité et la richesse du milieu à long terme soit (Figure 6) :

- Une transplantation de 3 700 unités de plantation de zostère marine dans l'herbier représentant une superficie de restauration de 6 835 m^2 ;
- Une transplantation de 5 248 plants de spartines alterniflores dans le schorre inférieur du marais représentant une superficie de restauration de 9 146 m^2 ;
- Une recharge sédimentaire de la plage représentant un volume de 1 010 m^3 sur une surface de 1 249 m^2, suivie d'une plantation de 9 000 élymes des sables d'Amérique, 150 ammophiles à ligule courte et de 300 rosiers rugueux.

La somme des superficies des trois zones d'intervention, soit celle de la recharge sédimentaire végétalisée, celle de la transplantation de zostère marine et celle de la transplantation de spartine alterniflore, correspond à près de 1,7 ha.

À cela, nous ajoutons la superficie des deux zones de connectivité écologique présentes entre les trois habitats côtiers restaurés. Plusieurs projets de la ZIPSE ainsi que la littérature ont mis en évidence les bénéfices qu'apporte la restauration de chacun de ces habitats complémentaires en termes de connectivité écologique entre eux, pour la faune aquatique, ainsi que pour l'ensemble de l'écosystème (Laugier, 2015). De plus, les deux phanérogames marines utilisées, la zostère marine et la spartine alterniflore, sont deux espèces très colonisatrices naturellement (Lalumière, 1990, Pothier et col., 2018, Sparfel, 2005) et lorsqu'elles sont utilisées dans le cadre d'une restauration, notamment grâce à l'étendue considérable et au développement très conséquent de leurs systèmes racinaires. D'après nos observations, nous avons estimé que la spartine alterniflore a un taux de colonisation compris approximativement entre 5 et 10 mètres alors que la zostère marine a un taux de colonisation compris approximativement entre 1 et 5 mètres. Dans le cas du site de restauration étudié, nous considérons que le marais à spartine alterniflore aura tendance à facilement coloniser vers la plage, mais également vers le large en se partageant cette zone de connectivité avec l'herbier de zostère marine qui colonise lui aussi vers la côte, mais moins rapidement. Les suivis de ces prochaines années nous donnerons une idée à quel point ces deux zones de connectivité écologique pourront être colonisées par chacune des deux plantes marines.

Enfin, nous ajoutons au calcul de la superficie de restauration la zone dite d'influence de nos interventions, que l'on nomme ici zone totale restaurée. Cette zone correspond aux secteurs colonisés autour des trois zones d'intervention et des deux zones de connectivité écologique. Pour estimer son étendue, et à quel point nos interventions auraient une influence dans les secteurs autour, nous avons fait une moyenne entre les deux taux de colonisation des deux phanérogames marines. Elle apparait donc sur la carte à 5 mètres autour de l'ensemble des cinq zones. Par conséquent, la zone totale restaurée équivaut à plus de 4,1 ha.

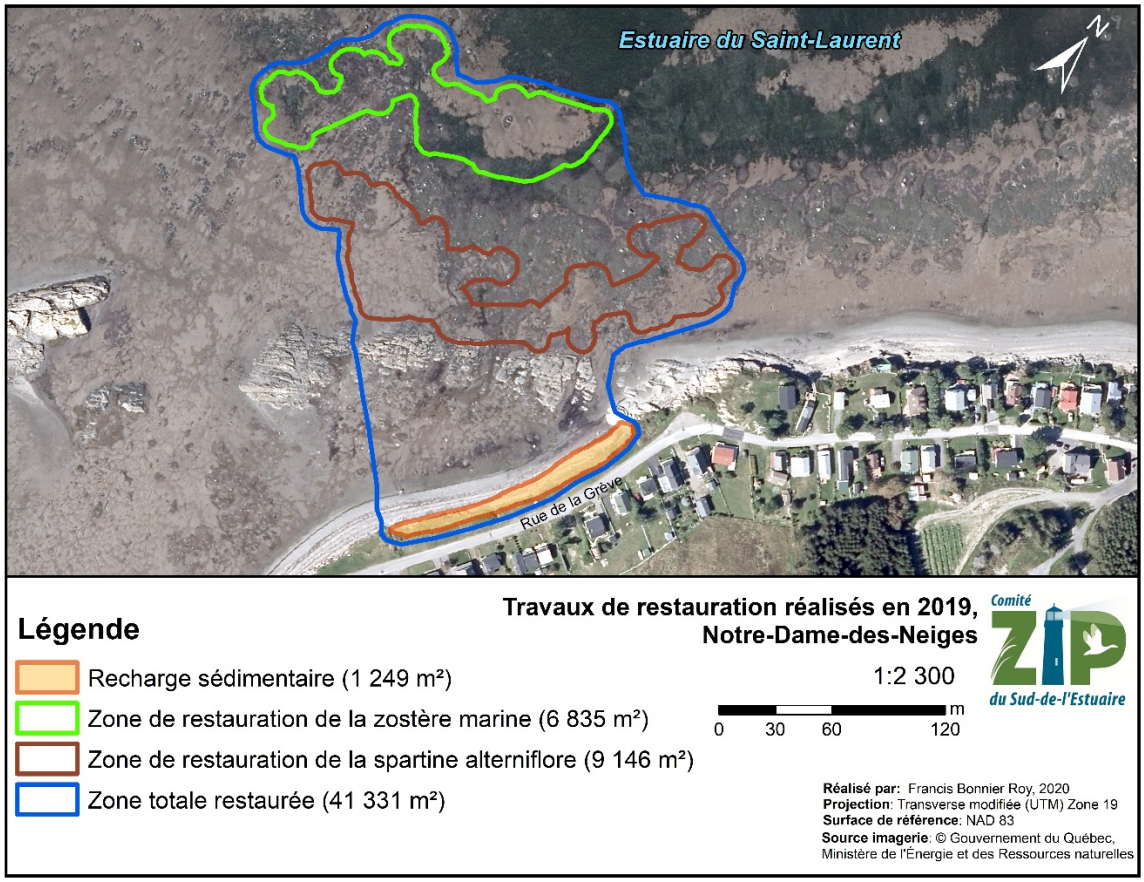


Figure 6. Ensemble des travaux de restauration réalisés à Notre-Dame-des-Neiges, 2019

Autorisation et acceptabilité sociale

La réalisation de travaux de restauration en milieu côtier nécessite des autorisations auprès des instances gouvernementales tant au niveau fédéral, provincial et municipal. Les paragraphes suivants expliquent les demandes d'autorisation qui ont été effectuées pour la réalisation des travaux à Notre-Dame-des-Neiges en 2019 et les démarches réalisées auprès de la communauté afin de s'assurer d'obtenir une acceptabilité sociale du projet de restauration.

Permis municipal

La municipalité de Notre-Dame-des-Neiges a appuyé les actions de restauration côtière par une résolution qui fut adoptée et signée le 12 novembre 2018. Une demande de certificat d'autorisation municipal a été réalisée avant les travaux. Ce certificat a été délivré le 13 mai 2019.

Permis provincial

Une demande de certificat d'autorisation fut acheminée le 14 décembre 2018 à la direction régionale du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) du territoire concerné par le projet de restauration. L'autorisation fut accordée le 30 mai 2019 en vertu de l'article 22, 2e aliéna de la *Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques* (LQ, 2017, chapitre 14).

Une demande d'autorisation fut également demandée le 14 décembre 2018 auprès du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. Une autorisation fut délivrée le 23 mai 2019 en vertu de la *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune* (L. R. Q., chapitre C-61.1).

Permis fédéral

Selon la *Loi sur les pêches*, des travaux réalisés dans ou à proximité d'un plan d'eau où vivent des poissons visés par une pêche commerciale, récréative ou autochtone peuvent nécessiter une autorisation si ces travaux sont susceptibles de causer des dommages sérieux aux poissons. Le projet de restauration de Notre-Dame-des-Neiges respecte toutes les conditions pour ne pas avoir d'incidences sur l'habitat du poisson et n'est donc pas assujetti à un examen de la part de Pêches et Océans Canada.

Rencontre avec les acteurs

Des rencontres ont été réalisées dès le début du projet avec les acteurs clés de la municipalité de Notre-Dames-des-Neiges, notamment le maire, le directeur général et l'inspectrice municipale des bâtiments et de l'environnement. Une rencontre a aussi été proposée à l'ensemble du Conseil municipal pour leur présenter le projet en mars 2018.

Enfin une rencontre publique a eu lieu le 21 mai 2019 pour expliquer les objectifs du projet aux résidents côtiers du secteur des Grèves, mais également à l'ensemble de la population puisque le secteur éveille beaucoup d'intérêt par sa tranquillité et la beauté du paysage. Cette rencontre avait pour objectif surtout d'obtenir l'acceptabilité sociale quant à la réalisation de ce projet.

Actions de restauration dans l'herbier de zostère marine

Les actions de restauration dans l'herbier de zostère marine de Notre-Dame-des-Neiges furent réalisées du 1er au 15 mai 2019. Près de 74 000 plants de zostères marine (20 plants en moyenne dans chaque unité de transplantation) ont été transplantés sur une superficie réelle de plantation évaluée à 2 316 m^2 (Figure 7). L'estimation initiale de la zone de plantation lors de la caractérisation en 2018 était de 4 240 m^2. L'équipe de travail s'est en effet adaptée aux récentes conditions de la végétation, soit la présence de nouvelles colonies de zostères marine ou d'algues, non présentes lors de l'inventaire en 2018. Ceci explique que des secteurs ont été transplantés en dehors de la zone initialement prévue. Par ailleurs, d'autres secteurs ont été jugés trop surélevés pour y transplanter de la zostère marine. Il est ainsi plus intéressant lorsqu'on transplante de la zostère marine de privilégier des secteurs peu surélevés où l'eau a tendance à stagner à marée basse sous forme de chenaux ou de cuvettes peu profondes.

Comme dit précédemment, une zone d'influence des efforts de restauration correspond aux secteurs colonisés autour de zones d'intervention et de zones de connectivité écologique. En ajoutant une zone de 5 m autour de la zone transplantée de zostère marine, cela représente une zone maximale restaurée de près de 6835 m^2.

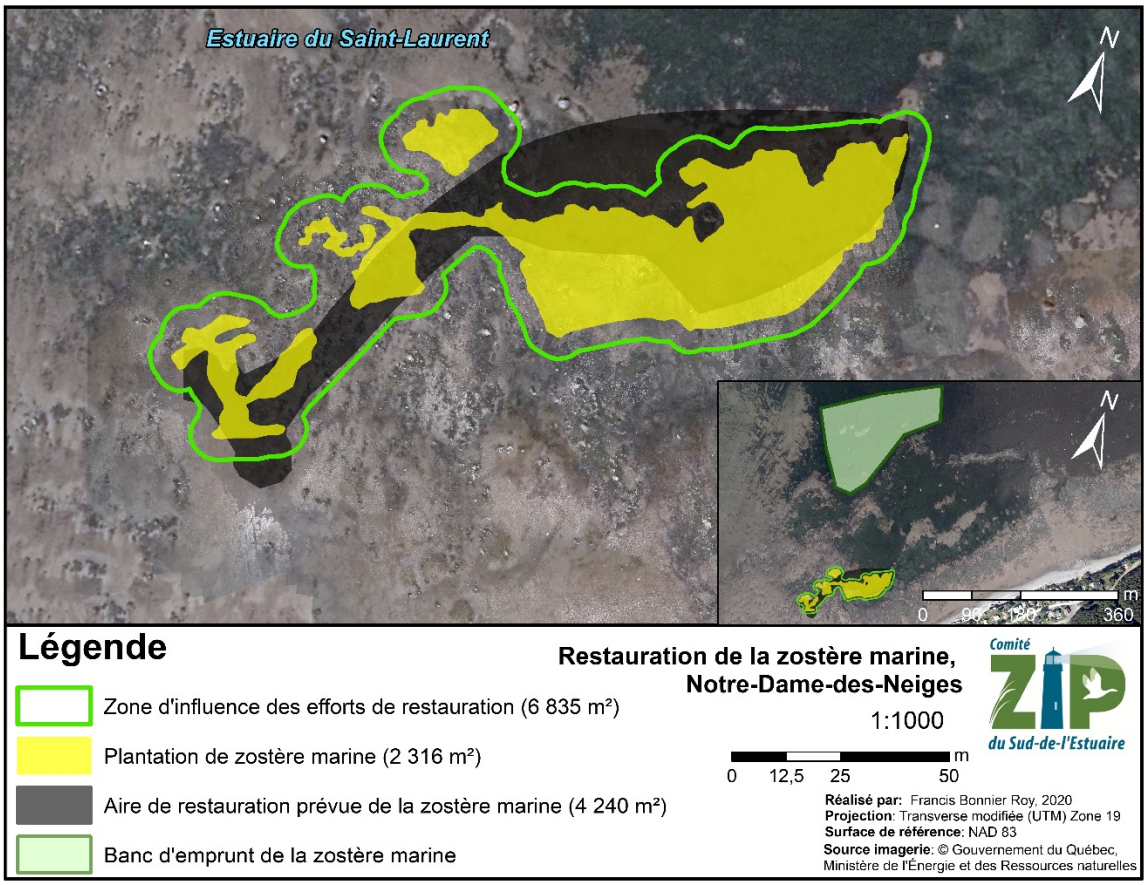


Figure 7. Zone de plantation de la zostère marine et le banc d'emprunt

Initialement, les unités de transplantation devaient être récoltées dans l'herbier de zostère marine à Cacouna. Cependant, lors d'une sortie préparatoire des travaux, l'équipe a plutôt pris la décision de prendre les unités directement dans les secteurs très denses de l'herbier de zostère marine à Notre-Dame-des-Neiges. D'une part, l'herbier à Cacouna était peu accessible et augmentait considérablement les temps de transport. Donc, en plus de réduire le temps de transplantation et d'avoir un meilleur rendement, on s'assure d'avoir les mêmes paramètres physico-chimiques et génétiques entre le banc d'emprunt et la zone restaurée. Les unités de transplantation de zostère marine provenaient donc d'un secteur de l'herbier ou la végétation était dense au large et légèrement à l'est du site de restauration. Les unités étaient coupées de manière à obtenir des unités d'environ 20 cm^2 (soit 20 plants de zostères/unité) puis déposées dans des bacs (4 unités/bacs). Les bacs étaient par la suite transportés

à partir du site d'extraction directement vers le site de plantation, en brouette ou en traineau, en empruntant dans la mesure du possible les mêmes sentiers (Figure 8).

Figure 8. Principales étapes de transplantation de zostère marine réalisée à Notre-Dame-des-Neiges en mai 2019. A) extraction d'unité de plantation B) bacs avec les unités de plantation C) transport des bacs vers le site de plantation D) dépôt d'une unité de plantation dans un trou E) équipe de la ZIPSE au travail dans la zone de plantation.

L'utilisation de sentiers a permis de grandement diminuer les zones piétinées dans les zones végétalisées de l'herbier de zostère marine. Aussitôt arrivés sur le site de plantation, les bacs étaient distribués aux planteurs qui étaient groupés en équipe de deux. Des trous, de la forme des unités de transplantation, étaient creusés en quinconce afin d'y déposer les unités. Une distance d'environ 1 mètre entre les unités était respectée représentant une densité de plantation d'environ 1 unité/m^2. Chaque unité de transplantation était bien enterrée, en s'assurant de combler les espaces vides afin d'éviter les trous d'air. Cette technique donne un maximum de chance aux unités pour qu'elles ne soient pas délogées par les fortes vagues. Lorsque les bacs étaient vides, ceux-ci étaient transportés à nouveau et ainsi de suite jusqu'à l'obtention des quantités journalières désirées (Tableau 1).

Tableau 1. Nombre de plants de zostères marine transplantés en fonction du nombre estimé de tiges par unité de transplantation et d'unités par bac.

Dates	Nb de bacs	Nb d'unités/bac	Nb de tiges/unité	Nb de plants
1 mai 2019	95	4	20	7 600
2 mai 2019	130	4	20	10 400
3 mai 2019	140	4	20	11 200
4 mai 2019	130	4	20	10 400
5 mai 2019	120	4	20	9 600
6 mai 2019	120	4	20	9 600
7 mai 2019	120	4	20	9 600
15 mai 2019	70	4	20	5 600
Total :	925			74 000

Actions de restauration dans le marais

Les actions de restauration du marais de Notre-Dame-des-Neiges furent réalisées du 16 au 19 mai ainsi que du 3 au 14 juin 2019. Un total de 104 960 plants de spartines alterniflore furent transplantés afin d'obtenir une superficie de 3 824 m^2. La zone de restauration prévue était de 5 903 m^2. À l'inverse de la zostère marine, les secteurs à privilégier pour la transplantation de spartine alterniflore sont ceux qui sont plus surélevés et entièrement à sec à marée basse. Certains secteurs de cette zone ont donc dû être évités, en plus de la présence de colonies naturelles de spartine alterniflore et d'algues brunes. Enfin, en ajoutant la zone d'influence des efforts de restauration on obtient une superficie de près de 9 146 m^2.

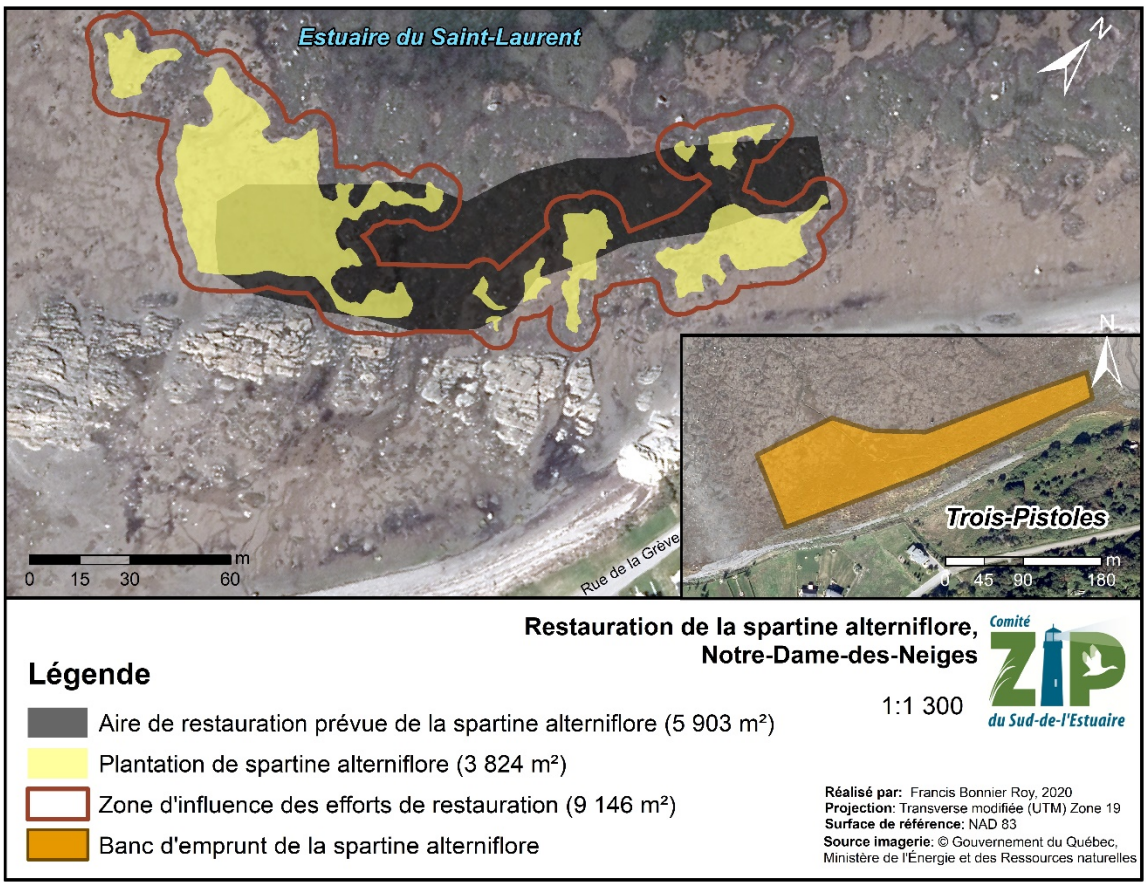


Figure 9. Zone de plantation de la spartine alterniflore et le banc d'emprunt.

Les unités de transplantation devaient à l'origine provenir du marais à proximité du quai de L'Isle-Verte. Le marais à proximité du quai de Trois-Pistoles fut retenu puisque l'accès à ce site était plus facile et le substrat facilitait les déplacements. L'intérêt était également le même que pour la zostère marine, en étant plus proches géographiquement on sauvait du temps pour transplanter les unités. De plus, on s'assurait d'avoir des paramètres physico-chimiques et génétiques similaires entre le banc donneur et la zone restaurée. Les unités étaient découpées en carré de 20 cm^2 (20 plants de spartines/unité) puis déposées 4 par bac pour le transport. Les bacs, une fois remplis, étaient transportés, en brouette ou en traineau, jusqu'à la rive. Ceux-ci étaient ensuite transportés, en véhicule, jusqu'au site de restauration (Figure 10).

Figure 10. Principales étapes de la transplantation de spartine alterniflore réalisée à Notre-Dame-des-Neiges en mai et en juin 2019. A) extraction d'unité de plantation dans le banc donneur B) transport des bacs au site jusqu'au chemin de la grève C) transport des bacs au site de plantation D) creusage de trous en quinconce E) unité de plantation déposée dans un trou F) Employé de la ZIPSE à la plantation.

Les mêmes sentiers étaient utilisés pour se déplacer sur le site d'extraction et sur le site de plantation dans l'objectif de diminuer au maximum les zones de végétation piétinées. Une fois les bacs rendus au site de restauration, ceux-ci étaient transportés en brouette ou en traineau jusqu'aux planteurs qui étaient divisés en équipes de deux. Des trous étaient par la suite creusés, de la forme des unités de transplantation. Une fois les unités déposées dans les trous, ceux-ci étaient bien enterrés afin de combler les espaces vides. Les trous étaient creusés en quinconce avec une distance d'environ 1 m entre chaque trou afin d'obtenir une densité de 1 unité/m^2. Chaque jour, tous les bacs étaient remplis rapidement au site d'extraction pour ne faire qu'un seul voyage vers le site de restauration où les unités étaient toutes transplantées dans la même marée (Tableau 2).

Tableau 2. Nombre de plants de spartines alterniflores transplantés en fonction du nombre estimé de tiges par unité de transplantation et d'unités par bac.

Dates	Nb de bacs	Nb d'unité/bacs	Nb de tiges/unité	Nb de plants
16 mai 2019	117	4	20	9 360
17 mai 2019	123	4	20	9 840
18 mai 2019	123	4	20	9 840
19 mai 2019	123	4	20	9 840
3 juin 2019	123	4	20	9 840
4 juin 2019	123	4	20	9 840
5 juin 2019	123	4	20	9 840
6 juin 2019	123	4	20	9 840
7 juin 2019	123	4	20	9 840
12 juin 2019	123	4	20	9 840
14 juin 2019	88	4	20	7 040
Total :	1 312			104 960

Actions de restauration sur la plage

Plans et devis

La ZIPSE a mandaté l'ingénieur Guillaume Bouchard afin de réaliser les plans et devis de la recharge sédimentaire puisqu'une des exigences de la demande de certificat d'autorisation faite auprès du MELCC était de fournir des plans signés et scellés produits par un ingénieur (Figure 11). La taille des sédiments proposés respecte la taille des sédiments présents sur le site avec un diamètre médian (D-50) de 16 mm. Les plans et devis complets sont présentés à l'annexe 1.

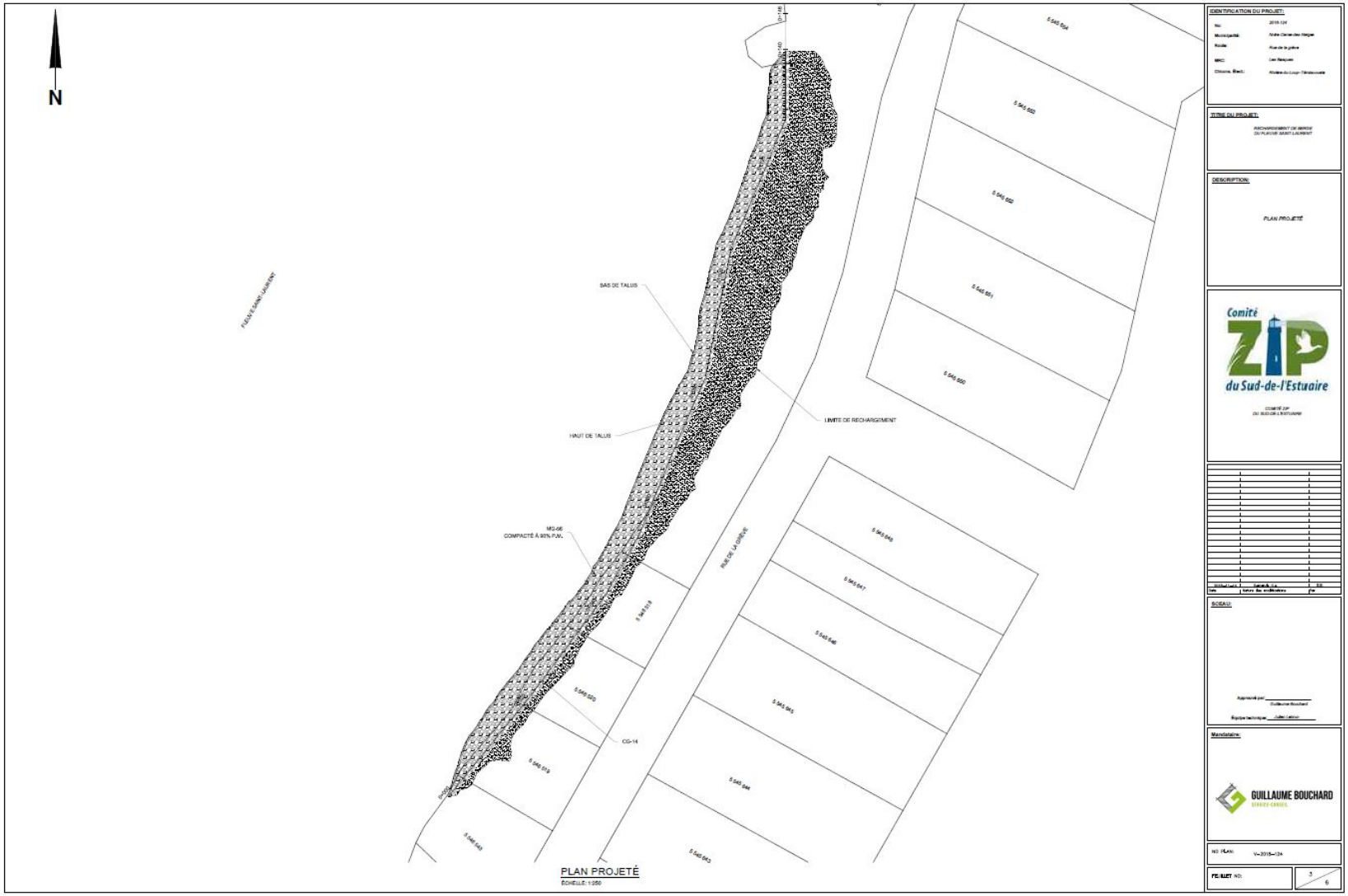


Figure 11. Vue d'ensemble des plans de la recharge sédimentaire à Notre-Dame-des-Neiges

Extraction débris d'asphalte

L'érosion côtière a dégradé le talus le long de la rue de la grève, si bien qu'un ancien remblai composé de terre et de débris d'asphalte a été mis à nu ces dernières années. Avant de commencer les efforts de restauration sur la plage, il était nécessaire de faire un nettoyage et de ramasser les morceaux d'asphalte apparents dans le talus. Près de 6 tonnes de débris d'asphalte ont ainsi été ramassées à l'aide de la machinerie de la municipalité de Notre-Dame-des-Neiges. Les débris ont ensuite été portés à l'écocentre en camion.

Figure 12. Extraction de morceaux d'asphalte sur la plage.

Recharge sédimentaire de la plage

Les travaux de recharge sédimentaire sur la plage de Notre-Dame-des-Neiges furent réalisés entre le 5 et le 7 juin 2019 par la compagnie de construction RJ Bérubé. Une quantité de 1 637,45 Tm (≈ 811 m^3) de MG-56 fut déposée sur 143 mètres linéaires recouverts d'une quantité de 336,35 Tm (≈ 199 m^3) de CG-14 (Tableau 3).

Tableau 3. Quantité (Tm) des différents types de sédiments utilisés par jour pour la réalisation de la recharge sédimentaire.

Date	MG-56	CG-14
5 juin 2019	1 011,72	
6 juin 2019	597,24	26,23
7 juin 2019	28,49	310,12
Total	1 637,45	336,35

Des camions-bennes furent utilisés pour transporter les sédiments du banc d'emprunt, situé à moins de 5 km, jusqu'au site de restauration. Les sédiments étaient directement déposés sur la plage (Figure 13). Une pelle mécanique était par la suite utilisée pour étaler et compacter les sédiments selon les plans et devis. Les sédiments plus fins (CG-14) furent déposés sur le dessus de la recharge pour faciliter l'implantation des plants de végétaux indigènes.

Figure 13. Travaux de la recharge sédimentaire

L'ensemble des travaux fut supervisé par le maître de chantier afin de respecter les plans et devis. Les travaux ont permis de restaurer la plage et de renaturaliser ce secteur qui était passablement perturbé par les débris d'asphalte et l'érosion côtière (Figure 14).

Figure 14. Plage de Notre-Dame-des-Neige avant et après la recharge sédimentaire

Plantation de végétaux

Au total c'est 9 450 plants qui furent plantés pour végétaliser la recharge sédimentaire de Notre-Dame-des-Neiges. 9 000 plants d'élyme des sables d'Amérique de la compagnie Projet Littoral et des Jardins de Métis, 300 rosiers rugueux de la pépinière Aiglon-Indigo, et 150 ammophiles à ligule courte de Projet littoral (**Figure 15**). La plantation d'élyme des sables d'Amérique et d'ammophile à ligule courte fut complétée en une journée de travail soit le 12 juin 2019. La plantation des rosiers fut réalisée en deux jours soit le 13 et le 14 juin 2019.

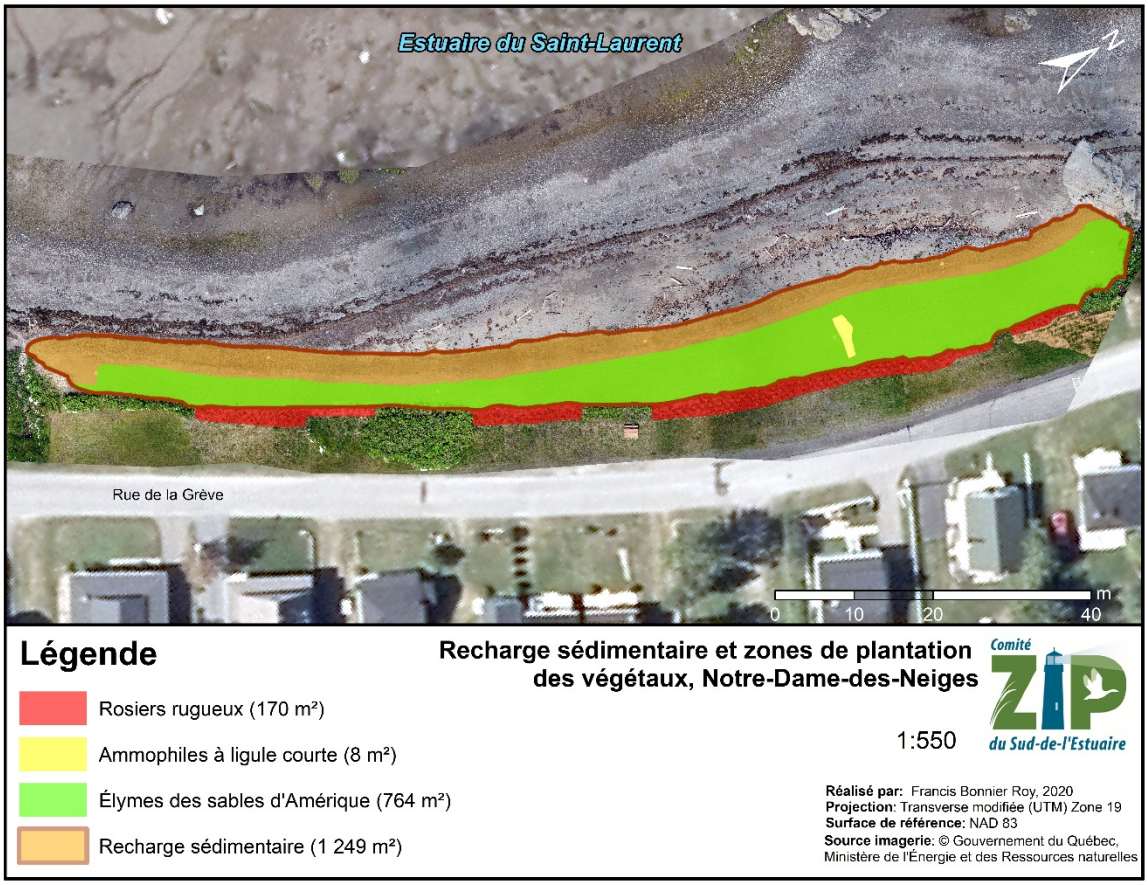


Figure 15. Ensemble des travaux réalisés sur la plage de Notre-Dame-des-Neiges

Les plantations d'élyme des sables d'Amérique et d'ammophile à ligule courte nécessitent quelques étapes (Figure 16). Premièrement, il est important de bien arroser le sable avant d'entamer la plantation. Ceci permet de consolider les sédiments et de faciliter la plantation puisque les trous ne sont pas comblés automatique après le retrait de la pelle. Une citerne et une motopompe furent utilisées pour cette étape. L'approvisionnement en eau était fait à partir des installations de la Municipalité de Notre-Dame-des-Neiges. Une fois le sédiment mouillé, les plants sont plantés en quinconce avec un espace d'environ 25 cm entre chaque plant et chaque ligne de plants afin de respecter une densité de 15 plants/m^2. Lorsque la plantation est terminée, un deuxième arrosage est réalisé, des parcelles de suivi sont installées et un balisage du site est installé. La plantation d'élyme des sables d'Amérique a recouvert une superficie de 764 m^2 et celle d'ammophile à ligule courte 8 m^2.

Figure 16. Principales étapes de la plantation d'élyme des sables d'Amérique réalisée à Notre-Dame-des-Neiges en juin 2019. A) Creusage de trous en quinconce B) transport des plants C) plantation des élymes D) équipe de la ZIPSE à la plantation E) Arrosage et balisage du site.

La plantation de rosier rugueux demanda également un arrosage du site au préalable. Par la suite, des trous suffisamment profonds pour complètement recouvrir le système racinaire des arbustes furent creusés en quinconce avec environ 1 mètre chacun d'eux (Figure 17). Un deuxième arrosage fut réalisé à la fin de la plantation. Finalement, des parcelles de suivi furent installées ainsi qu'un balisage afin de diriger la population vers les accès à la plage. La superficie recouverte par la plantation de rosiers est de 170 m^2.

Figure 17. Principales étapes de la plantation de rosier réalisée à Notre-Dame-des-Neiges en juin 2019. A) Creusage de trous en quinconce B) plantation d'un plant de rosier C) arrosage et balisage de la plantation.

Mise en valeur des actions de restauration

Panneau sur le site

Un panneau d'interprétation fut installé vis-à-vis de la recharge sédimentaire, à proximité de l'accès à la plage, par les employés de la municipalité de Notre-Dame-des-Neiges lorsque les travaux de restauration furent terminés (Figure 18). Celui-ci va permettre à la population de Notre-Dame-des-Neiges ainsi qu'aux visiteurs de la région de mieux comprendre les différents types d'habitats qui sont présents dans le secteur de la Grève et également pour faire connaitre les travaux qui furent réalisés à cet endroit.

Figure 18. Panneau d'interprétation installé vis-à-vis des travaux de restauration de l'habitat.

Capsule vidéo des actions de restauration

Une capsule vidéo montrant les actions de restauration faites à Notre-Dame-des-Neiges fut réalisée par l'équipe de la ZIPSE. La capsule a été partagée sur les réseaux sociaux et sur notre site internet afin de faire connaitre les différentes étapes nécessaires à la réalisation d'une action de restauration côtière :

https://www.youtube.com/watch?v=7o1lq_dTS7c.

SUIVI

Cette section du rapport démontre les premiers résultats des suivis réalisés à la suite des travaux de restauration côtière pour la période de mai à octobre 2019. La section comprend les résultats biologiques et géomorphologiques de l'herbier de zostère marine, du marais à spartine alterniflore et de la plage. Pour plus d'informations sur les méthodologies utilisées lors des suivis, se référer au rapport de Pothier *et coll.* 2018.

Tableau 4. Suivis biologiques et géomorphologiques réalisés en 2019 à la suite des travaux de restauration de Notre-Dame-des-Neiges.

Dates de visite en 2019	Suivi de la reprise végétale			Suivi ichtyologique	Suivi géomorphologique		
	Herbier	Marais	Plage		Herbier	Marais	Plage
15-16 mai	X						
19 juin		X	X				
2 juillet					X	X	X
9 juillet	X	X	X				
20 août	X	X	X				
27-29 août				X			
23 sept.	X	X	X				
18 octobre	X	X	X		X	X	X

Suivi biologique

Cette section vise à présenter les résultats des suivis biologiques. Le suivi de la reprise végétale a été réalisé à l'aide de parcelles. Un inventaire ichtyologique fut également réalisé pour évaluer la richesse et la diversité des poissons du secteur à la suite des travaux de restauration côtière. Au cours de l'année suivante (2020) un suivi saisonnier sera réalisé (printemps, été, automne) et ce jusqu'en 2021 (dernière année du projet).

Reprise végétale à l'aide de parcelles

Herbier de zostère marine

Un total de 21 parcelles furent installées à la suite des travaux de transplantation (**Figure 19**). Celles-ci furent dispersées aléatoirement dans la zone de plantation afin de bien couvrir les différents secteurs. Chaque parcelle fut géoréférencée au GPS différentiel. Une tige de métal, avec du ruban orange, fut également installée afin d'aider à retrouver les parcelles à chaque suivi.

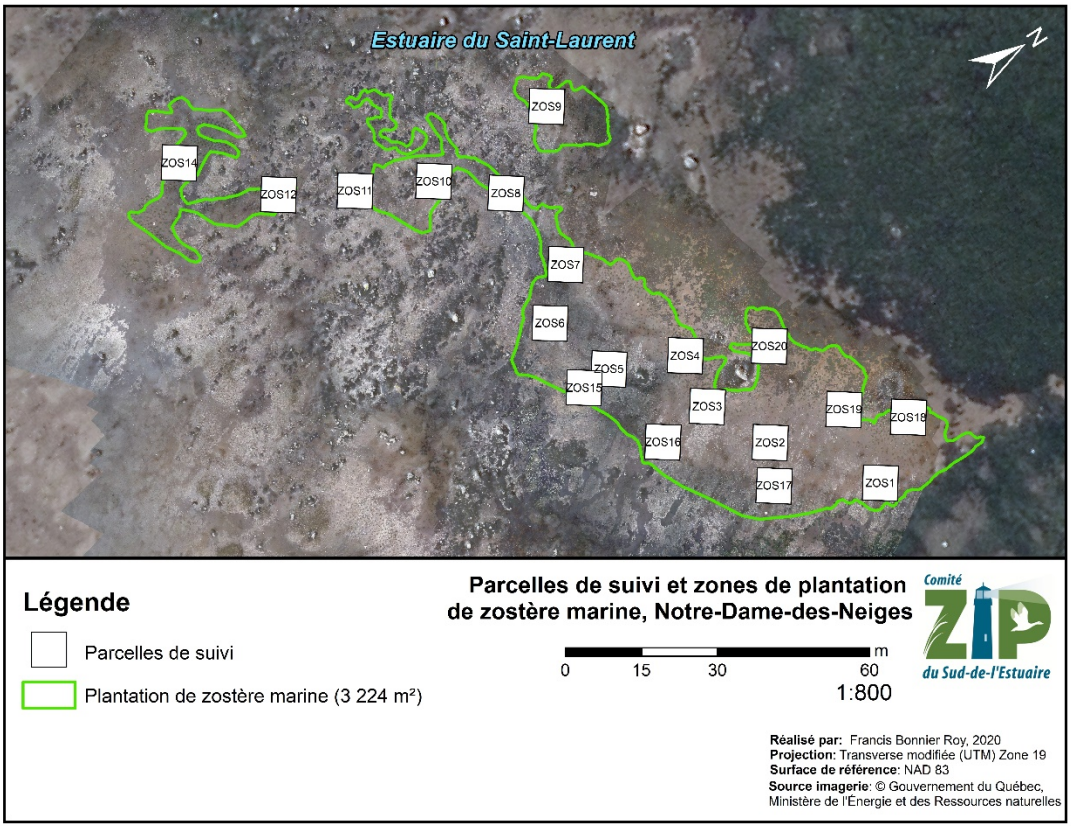


Figure 19. Emplacement des parcelles de suivi de zostère marine

Un cadre en plastique mobile de 1 m^2 permet de délimiter la parcelle à chaque suivi. Le cadre est positionné de manière que la tige de métal soit dans le coin supérieur droit du cadre toujours orienté vers le nord-est.

Lors du suivi, les unités de transplantation se retrouvant dans la parcelle sont dénombrées et le pourcentage de recouvrement est estimé. Le pourcentage de recouvrement de la végétation est estimé à l'aide de gabarits en plastique divisés en trois classes (A, B, C). Chaque classe à une taille distincte. Au bureau, le logiciel Excel permet de calculer la superficie de recouvrement selon de nombre de A, de B et de C qui se retrouve dans la parcelle. La hauteur de cinq tiges, choisie aléatoirement, est également mesurée afin de permettre de suivre une croissance moyenne des plants. Pour terminer, une photo de l'ensemble de la parcelle est prise afin d'avoir une évolution visuelle de celle-ci (Figure 20).

Figure 20. Parcelle de suivi de zostère marine

Quatre suivis dans la zone de restauration de zostère marine furent réalisés en 2019, en mai, juillet, août et octobre. La hauteur moyenne des plants de zostères marine fut mesurée entre juillet et octobre (Figure 21). En général, les plants de zostères marine ont eu une croissance importante au niveau des feuilles entre juillet et août et un début d'étiolement pour la préparation à la saison hivernale dès le mois d'octobre (début de la perte des feuilles). Par contre, dans certaines parcelles, les plants de zostères marine n'ont pas survécu d'où un taux de recouvrement faible. Lors des suivis, il fut observé que ces parcelles se retrouvaient sans eau à marée basse, ce qui explique la mortalité dans ces zones. Tout comme pour la hauteur des plants, le pourcentage de recouvrement des parcelles fut grandissant au cours de l'été sauf pour les parcelles sans eau où une diminution progressive du pourcentage de recouvrement fut notée (Figure 22).

Cependant, une hypothèse est aussi à prendre en compte. Même si certaines parcelles semblaient plus fragiles que d'autres, cela ne voulait pas dire que la zostère marine y avait complètement disparu. En effet, il arrive dans certains cas que la zostère marine mette prioritairement l'emphase sur son système racinaire et dépense toute son énergie pour développer un maillage souterrain aux dépens de la survie de ses feuilles. Lors des prochains suivis, il sera intéressant de valider si des plants de zostères marine finissent par réapparaitre dans ces secteurs pour vérifier cette hypothèse.

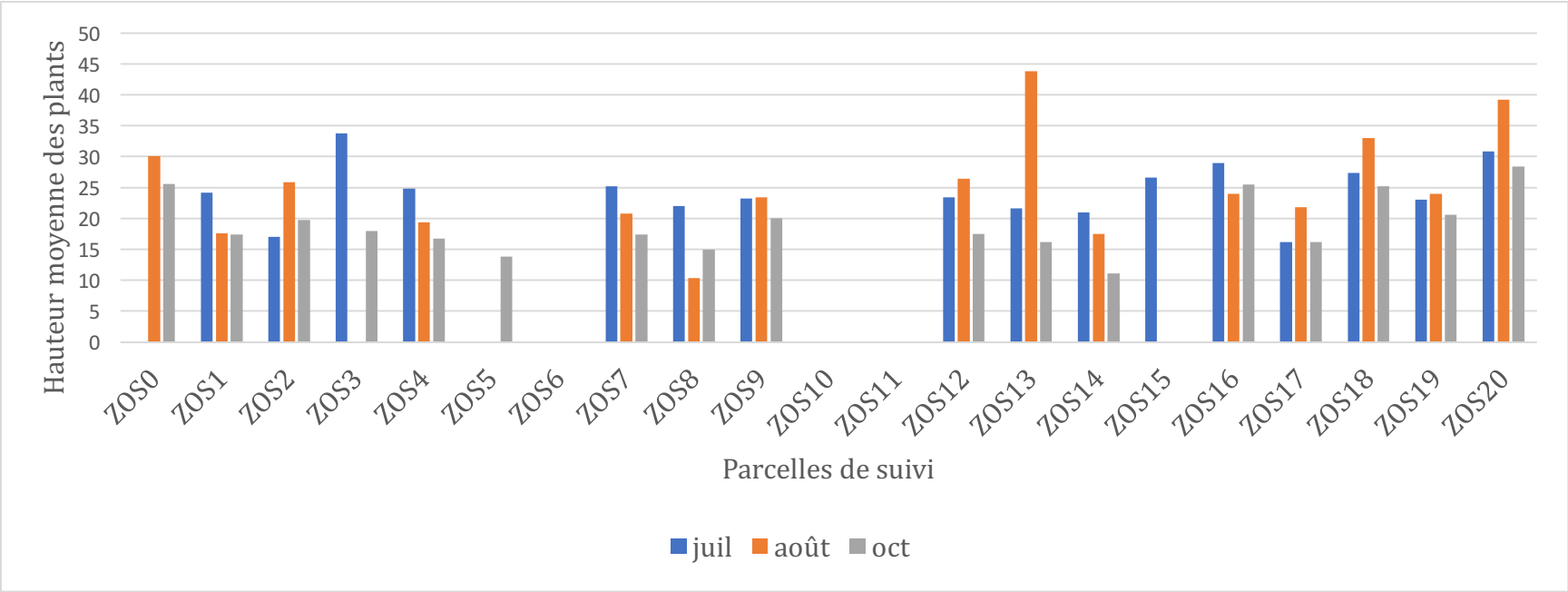


Figure 21. Hauteur moyenne des plants de zostères marine entre juillet et octobre 2019

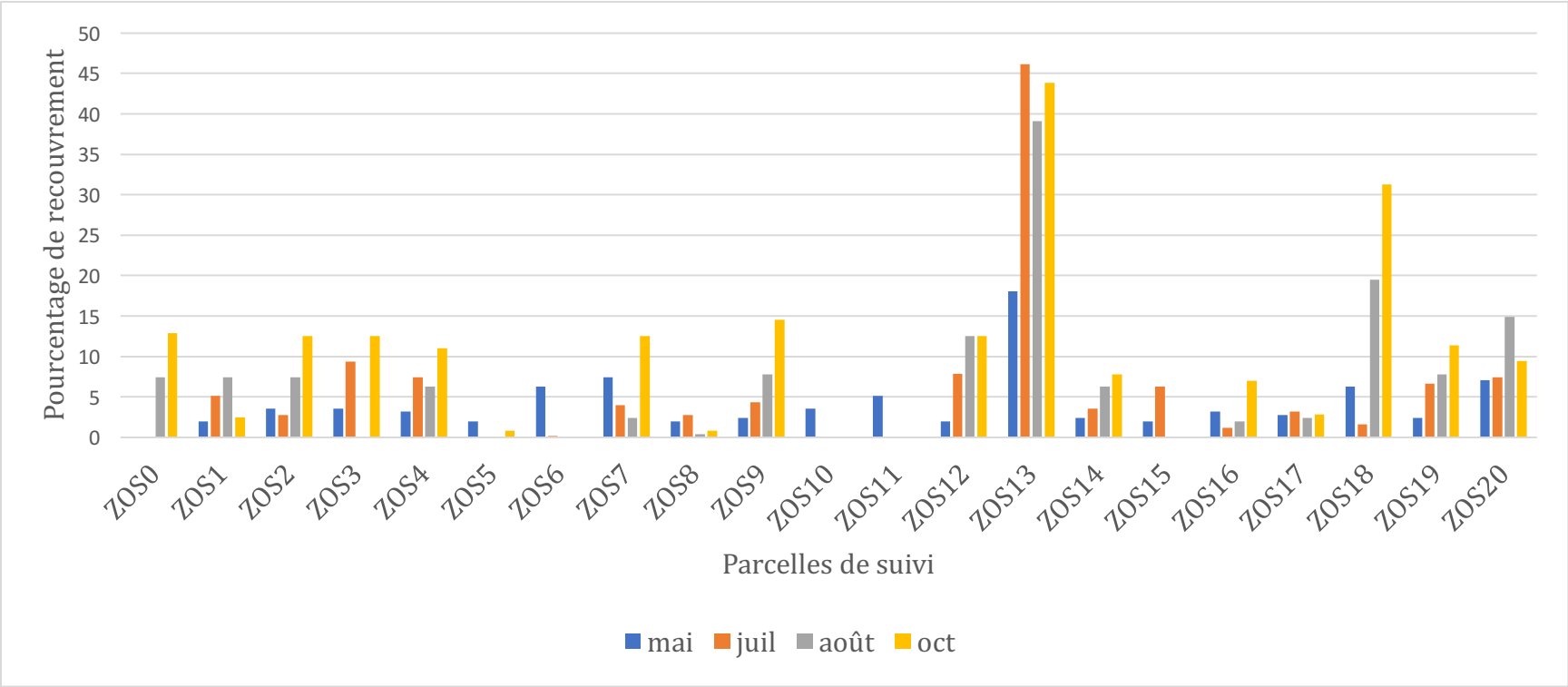


Figure 22. Pourcentage de recouvrement des parcelles de suivi par les plants de zostères marine entre mai et octobre 2019

Marais

Au total, 21 parcelles de suivi furent installées à la suite des travaux de transplantation (**Figure 23**). Les parcelles furent dispersées aléatoirement dans la zone de plantation afin de bien couvrir la zone. Chaque parcelle fut géoréférencée au GPS différentiel puis marquée d'une tige en métal afin de pouvoir retrouver les parcelles à chaque suivi.

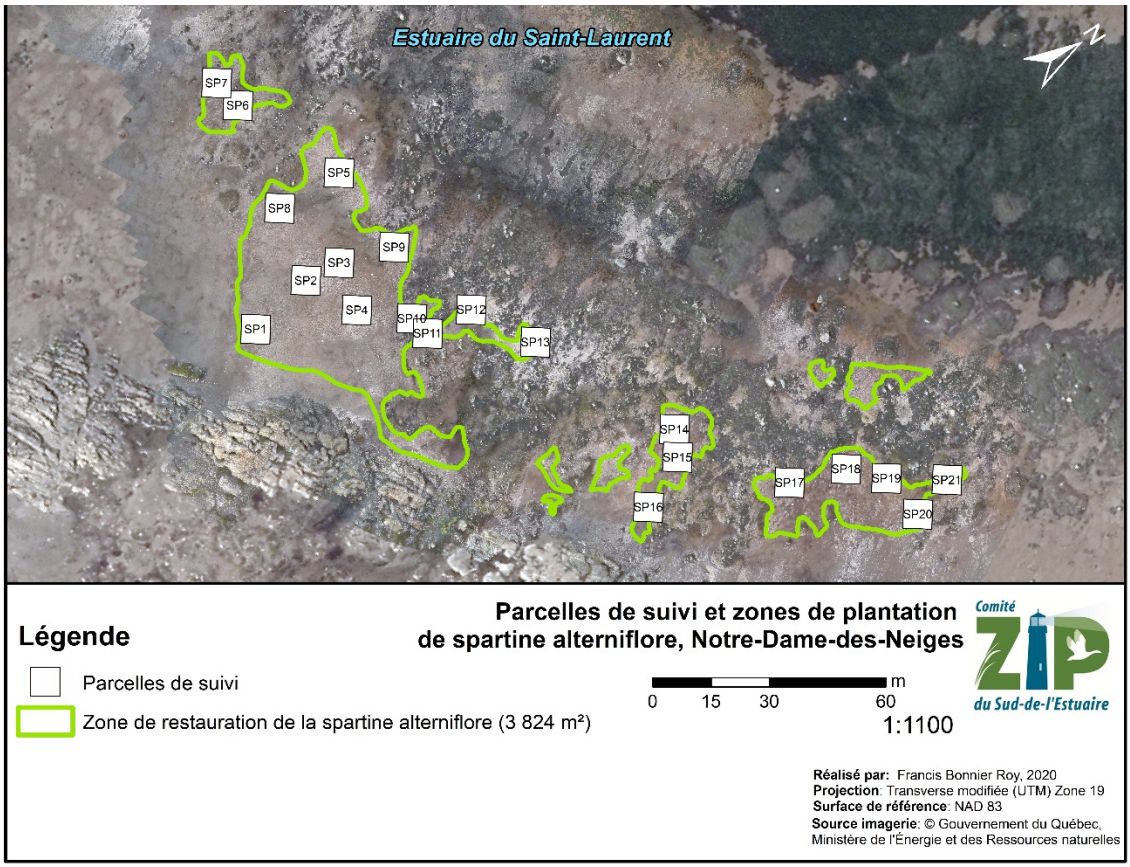


Figure 23. Positionnement des parcelles de suivi de spartine alterniflore

Tout comme pour le suivi de la plantation de zostère marine, un cadre de 1 m^2 est utilisé afin de délimiter la parcelle et positionné de la même manière par rapport aux piquets de métal. Le nombre d'unités de transplantation est compté, la hauteur de 5 tiges aléatoire est mesurée, le pourcentage de recouvrement est mesuré et une photo de l'ensemble de la parcelle est prise (Figure 24).

Figure 24. Parcelle de suivi de spartine alterniflore

Cinq suivis furent réalisés dans la plantation de spartine alterniflore. Les tiges de métal de deux parcelles furent perdues durant l'été (SP3 et SP17), ces parcelles furent abandonnées. Une croissance remarquable des plants fut observée, particulièrement entre juillet et août (Figure 25). Plusieurs plants ont même eu une période de floraison. De manière générale, le pourcentage de recouvrement des parcelles augmenta légèrement. Plusieurs nouvelles pousses furent observées dans les parcelles. Cependant, quelques unités de plantation furent arrachées ou ensevelies lors des épisodes de grandes marées, ce qui explique de grandes variations notées dans certaines parcelles (Figure 26).

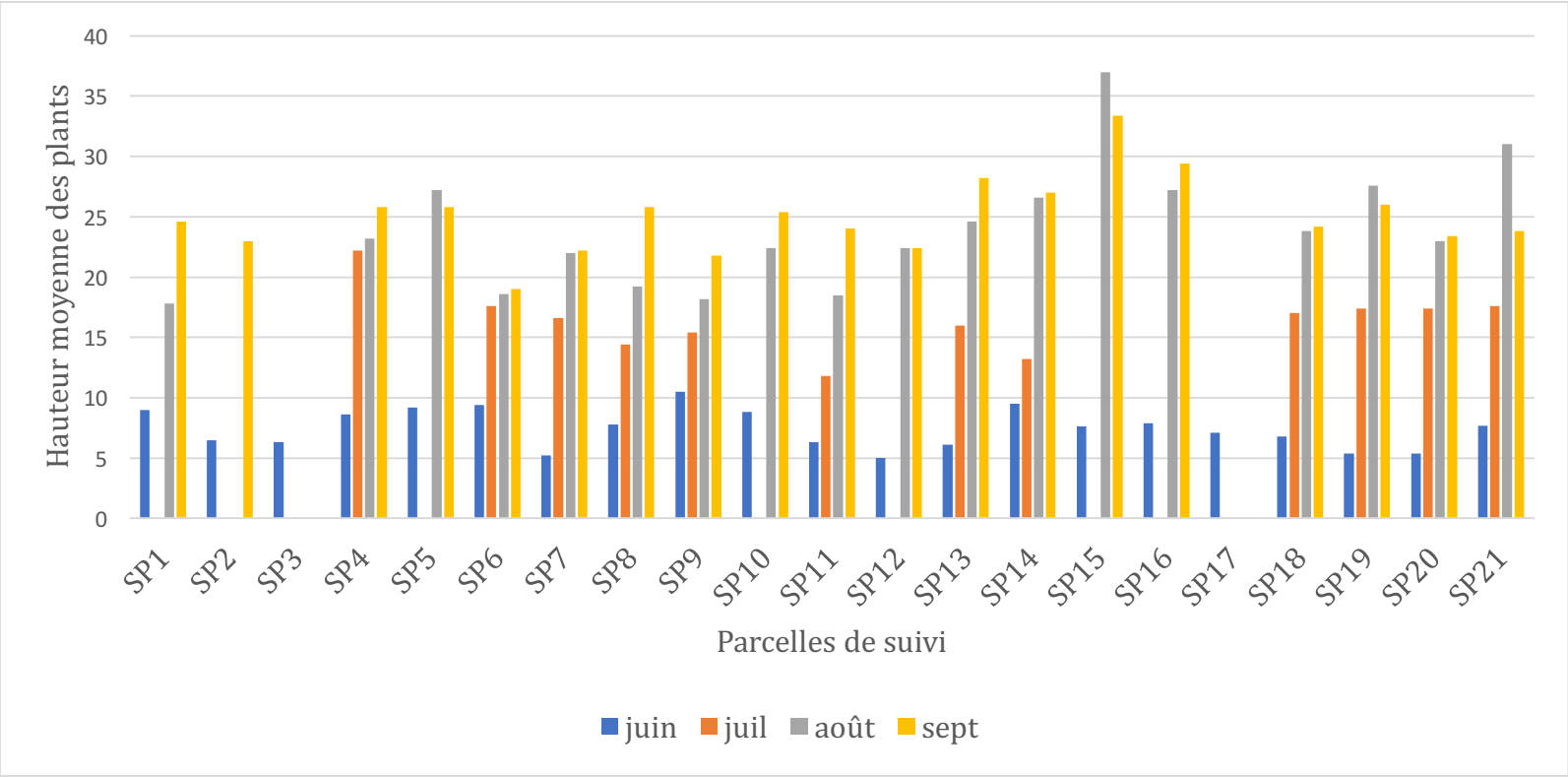


Figure 25. Hauteur moyenne des plants de spartines alterniflores entre juin et septembre 2019

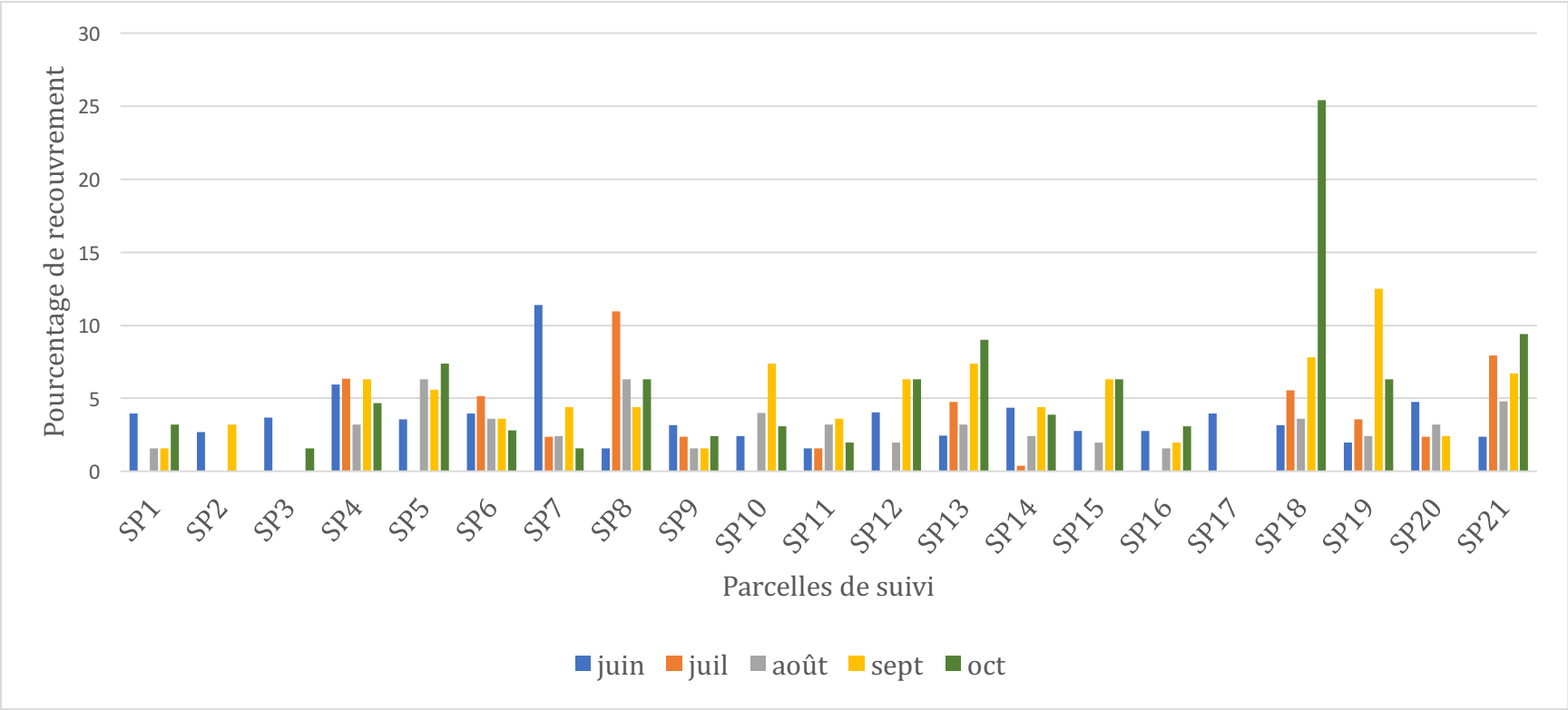


Figure 26. Pourcentage de recouvrement des parcelles de suivi par les plants de spartines alterniflores entre juin et octobre 2019.

Plage

Les trois zones de plantation de la recharge sédimentaire furent suivies soit : élyme des sables d'Amérique (EL), ammophile à ligule courte (AM) et rosier rugueux (R) (Figure 27). 10 parcelles furent installées dans la zone de plantation d'élyme des sables d'Amérique, 1 dans celle d'ammophile à ligule courte et 5 dans celle des rosiers. Celles-ci furent dispersées aléatoirement afin de bien couvrir tout le secteur. Chaque parcelle fut géoréférencée au GPS différentiel. Une tige de métal, avec du ruban orange, fut également installée afin d'aider à retrouver les parcelles à chaque suivi.

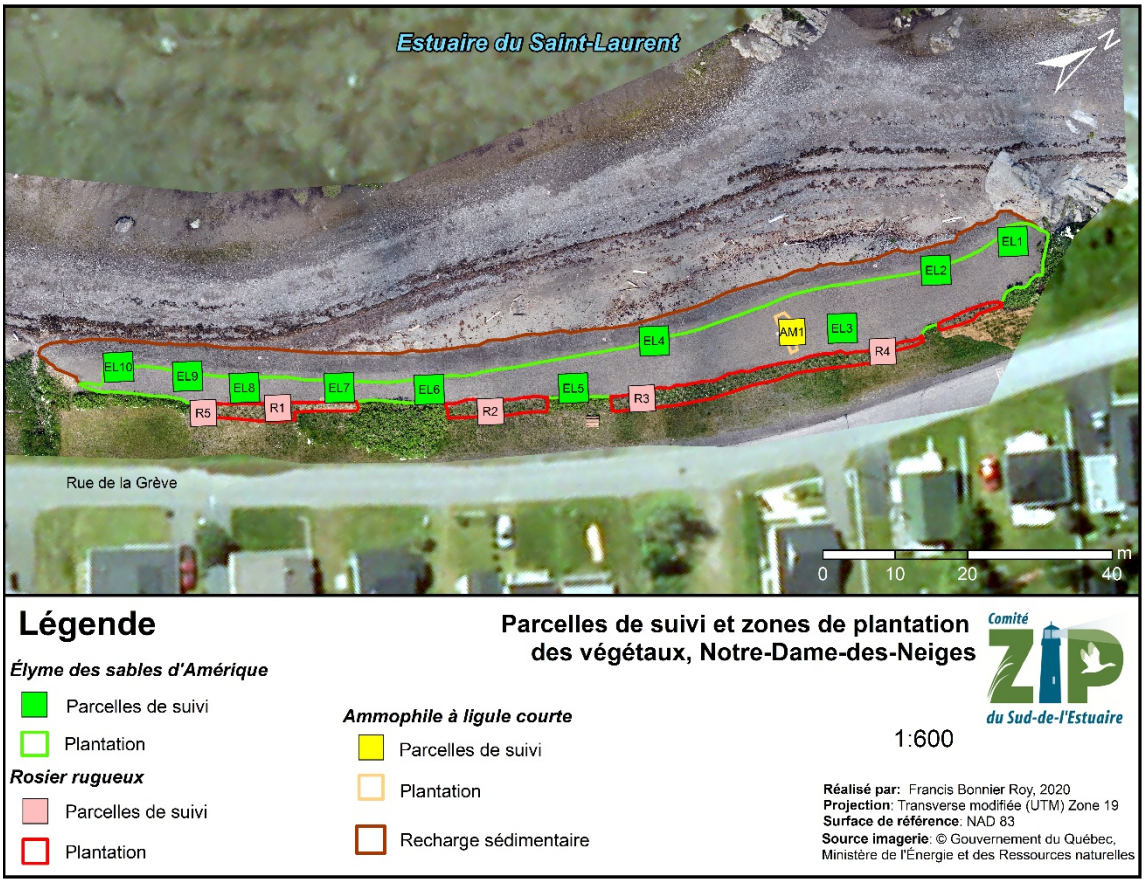


Figure 27. Positionnement des parcelles de suivi de la végétation sur la recharge sédimentaire

Tout comme pour la zostère marine et la spartine alterniflore, un cadre en plastique mobile de 1 m^2 fut utilisé à chaque suivi. Le cadre est positionné de manière que la tige de métal soit dans le coin supérieur droit dans le coin supérieur droit du cadre toujours orienté vers le nord-est. Lors du suivi, les plants se retrouvant dans la parcelle sont dénombrés et le pourcentage de recouvrement est estimé de la même façon que pour la zostère marine et la spartine alterniflore. La hauteur de cinq tiges, choisie aléatoirement, est également mesurée afin de permettre de suivre la croissance des plants. Pour terminer, une photo de l'ensemble de la parcelle est prise afin d'avoir une évolution visuelle de celle-ci (Figure 28).

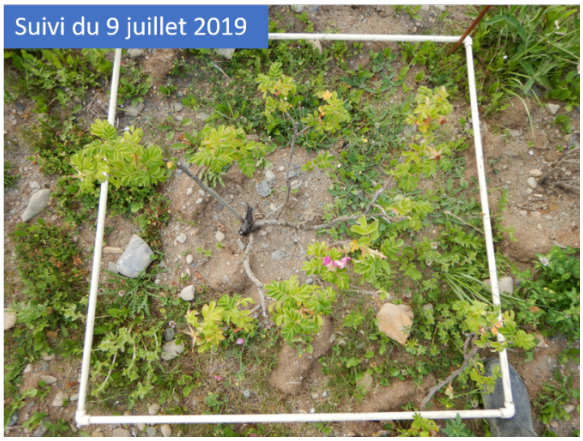


Figure 28. Parcelle de suivi de rosier rugueux

Cinq suivis furent réalisés sur les plantations de la plage. Une légère baisse de la hauteur des plants fut notée pendant l'été (Figure 29). Les plants étaient cependant toujours verts et vigoureux. De plus, il était possible d'observer de nouvelles pousses pour chacune des espèces plantées. Le pourcentage de recouvrement des plants d'élyme des sables d'Amérique et d'ammophile ligule courte resta stable au cours de la période de suivi. Cependant une grande variation de la superficie fut notée au niveau des rosiers (Figure 30). Cette variation est possiblement due à une erreur de l'observateur, puisque les plants étaient larges, mais pas nécessairement feuillus.

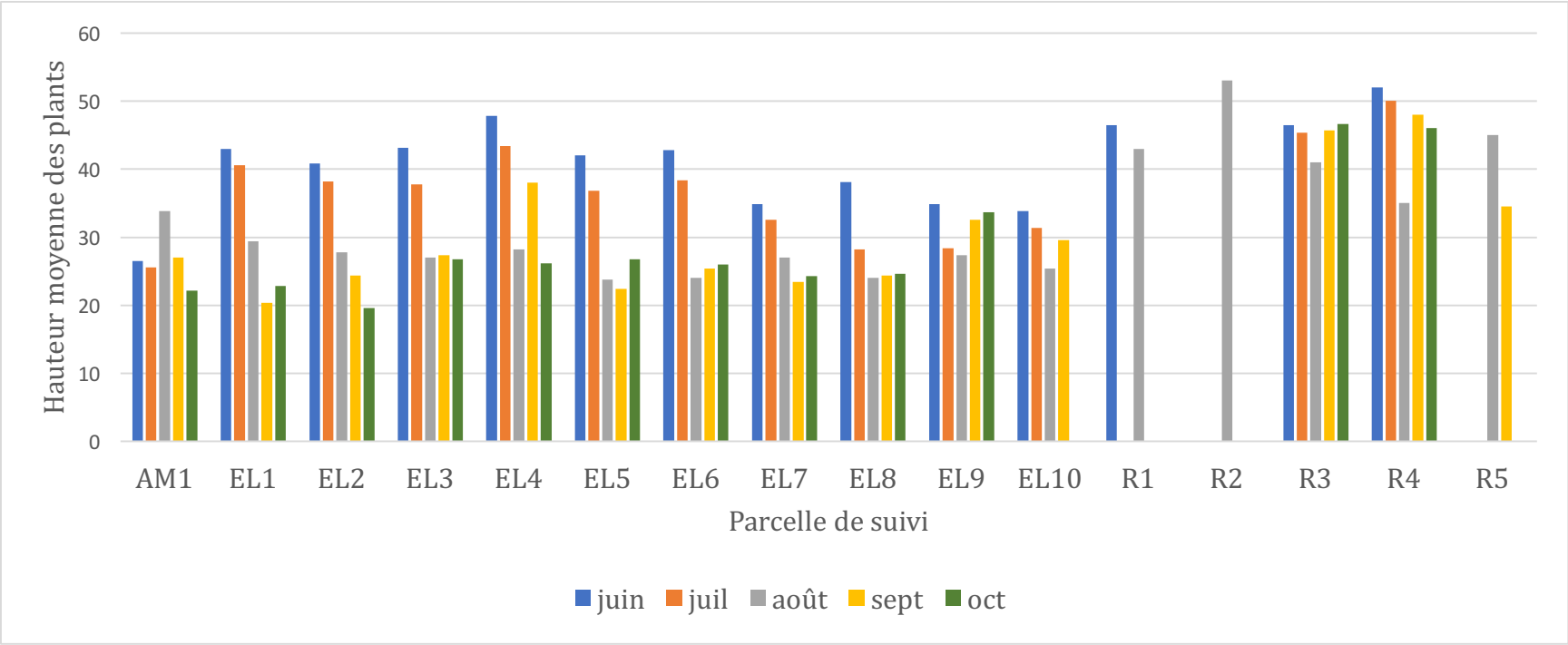


Figure 29. Hauteur moyenne des plants d'ammophile à ligule courte (AM), d'élyme des sables d'Amérique (EL) et de rosier rugueux (R)

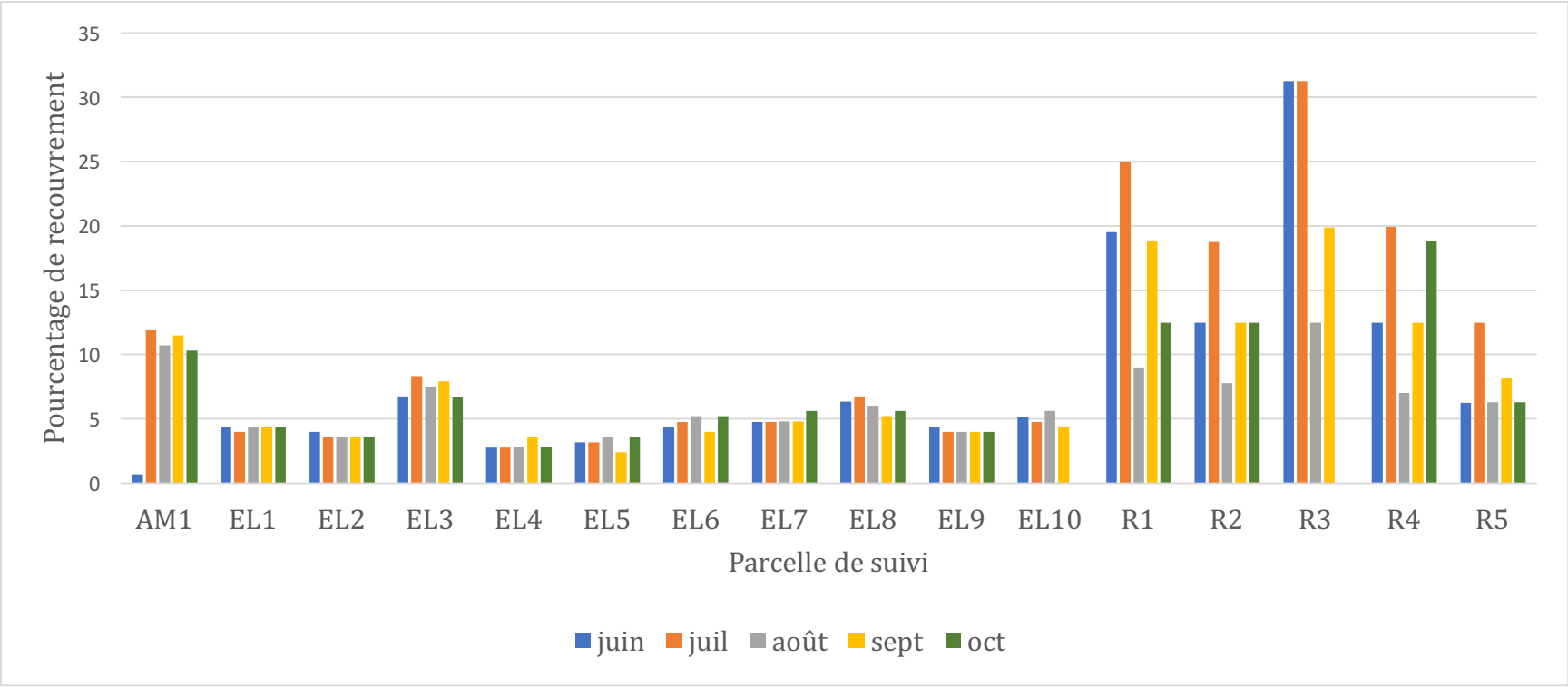


Figure 30. Pourcentage de recouvrement des parcelles de suivi des plants d'ammophile à ligule courte (AM), d'élyme des sables d'Amérique (EL) et de rosier rugueux (R)

Inventaire ichtyologique

Un inventaire a été réalisé entre le 27 et le 29 août 2019. Lors de l'inventaire, un verveux fut installé au large dans l'herbier de zostère marine pendant trois cycles de marée. Des traits de senne ont également été réalisés vis-à-vis de la recharge sédimentaire et des zones de transplantation (**Figure 31**). Pour plus de détails sur la méthodologie de l'inventaire ichtyologique, se référer au protocole de Noël et coll., 2018.

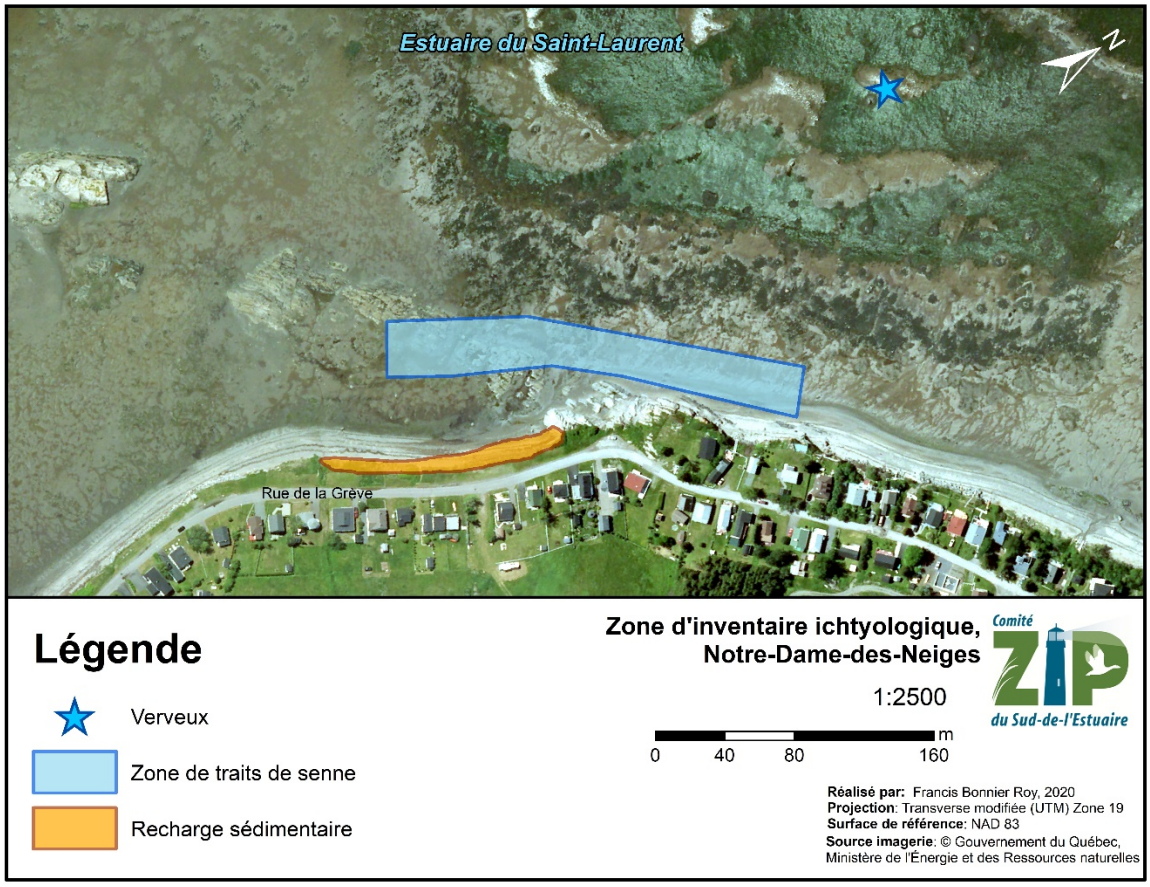


Figure 31. Emplacement des deux zones d'inventaire de poissons, 2019

À chaque marée basse, les poissons capturés grâce au verveux furent dénombrés, identifiés et 30 individus par espèces, choisis aléatoirement, furent mesurés. Par la suite, tous les poissons furent relâchés lors de la marée montante. Trois sessions de traits de senne furent également réalisées le long de la rive à marée montante (Figure 32). La technique d'identification utilisée fut la même que pour les inventaires réalisés avec le verveux et tous les poissons furent également remis à l'eau après leur identification.

Figure 32. Dénombrement de poissons lors d'un trait de senne

Lors des inventaires, une fois par jour, la température de l'eau est prise à partir de la rive à l'aide de la sonde *Hanna HI9829 Multiparameter* (**Tableau 5**). Une grande variation de la température fut remarquée entre le premier et le dernier jour d'inventaire. L'eau était beaucoup plus froide le dernier jour, une différence de 5,81 °C fut observée.

Tableau 5. Température de l'eau lors des inventaires de poissons.

Date	Heure	Température (°C)
27 août	12 h	18,47
28 août	6 h 25	17,0
29 août	7 h 30	12,66

Lors de l'inventaire, un très grand nombre de poissons fut capturé soit un total de 5 260 poissons (**Figure 33**). Il a donc été possible de capturer plus de cinq fois le nombre de poissons capturés lors de l'inventaire réalisé en 2018 (993 poissons).

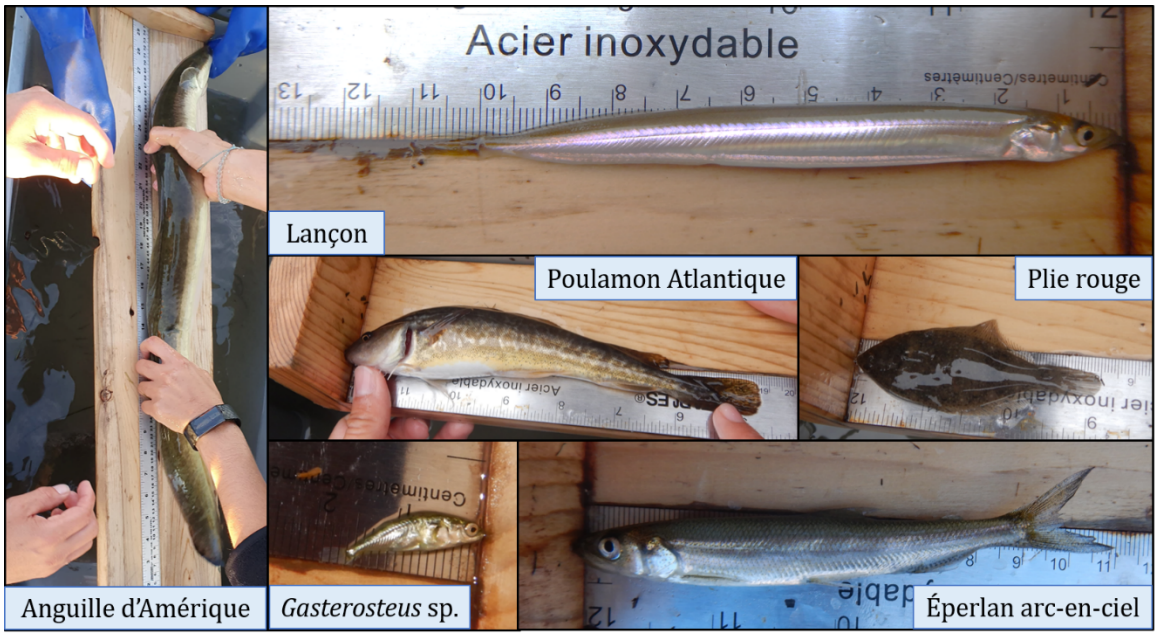


Figure 33. Quelques espèces de poisson capturées lors de l'inventaire ichtyologique, 2019

Un total de huit espèces de poisson furent identifiées, alors qu'on avait plutôt sept espèces lors de l'inventaire de 2018 (Figure 34). Les poissons capturés avaient une moins grande variation de taille entre les individus d'une même espèce qu'en 2018 (Figure 35) (Bonnier Roy *et coll.* 2018). La majorité des individus inventoriés étaient à leur stade juvénile et quelques-uns étaient à leur stade adulte.

Il n'y a pas eu de différence marquée entre les quantités de poissons capturées à la senne et au verveux. Cependant, une plus grande variété fut capturée au verveux. Dans le verveux, les principales espèces capturées étaient l'épinoche (*gasterosterus* sp.) et l'éperlan arc-en-ciel, alors qu'à la senne il y avait essentiellement l'épinoche (*gasterosteus* sp.) et le bar rayé. Il est important de noter que le verveux est un engin fixe, alors que la senne est mobile, ils ne capturent pas nécessairement les mêmes espèces, et ne ciblent pas non plus les mêmes tailles. C'est pourquoi la combinaison des deux engins permet de dresser un portrait plus global de la biodiversité du site.

L'espèce de poisson capturée en plus grand nombre lors de cet inventaire est de loin l'épinoche (*gasterosteus* sp.) avec un total de 3 621 individus comparativement à 723 en 2018. Leur taille était relativement variable avec plusieurs juvéniles ainsi que quelques adultes atteignant une moyenne de 2,5 cm. Quelques épinoches à cinq épines furent également capturées lors de l'inventaire, une première pour nos inventaires sur le site de Notre-Dame-des-Neiges.

Un très grand nombre d'éperlans arc-en-ciel fut également capturé dans nos filets (1 376 individus). Il y avait peu de variations dans la taille de ceux-ci (moyenne de 4,3 cm) qui étaient principalement au stade juvénile dans leur cycle de vie. Cette donnée est intéressante puisqu'en 2018 seulement 3 éperlans avaient été capturés.

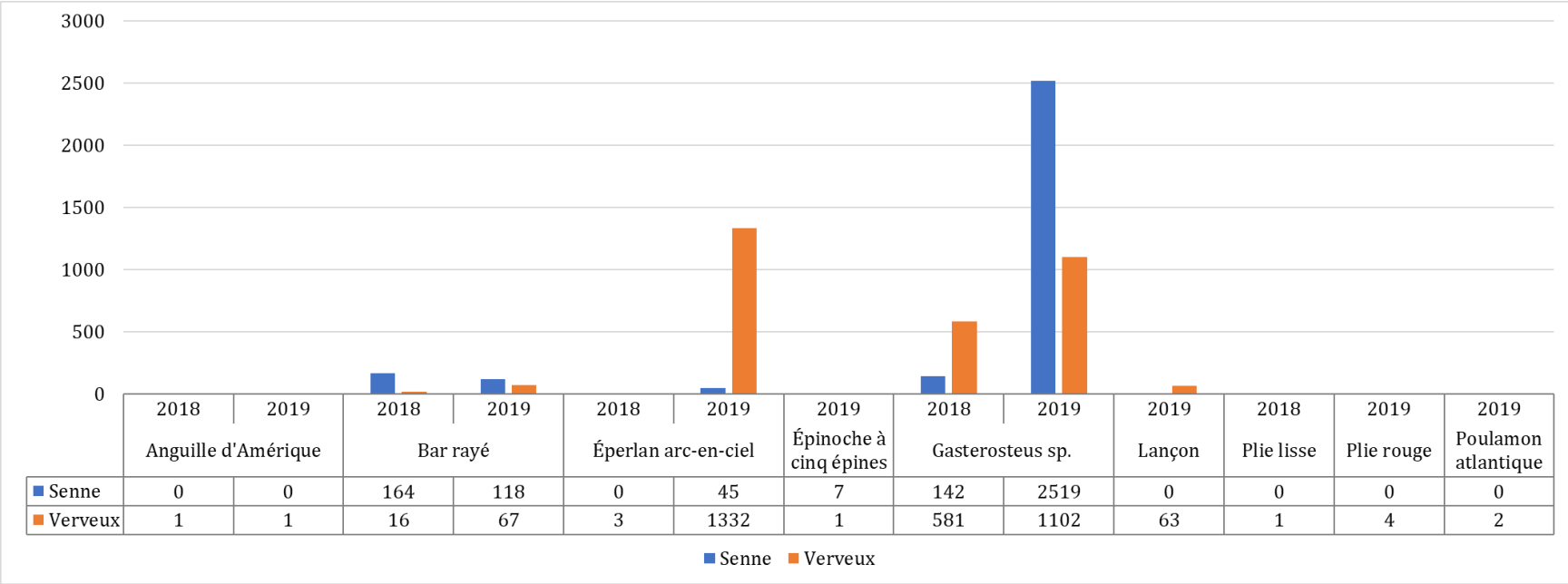
De plus, les éperlans proviennent de la population du sud de l'estuaire et sont une espèce vulnérable selon le MFFP. Des suivis des différentes frayères comme celle de Rivière-du-Loup et de Rivière-Ouelle sont réalisés annuellement afin de suivre l'état de la population (équipe de rétablissement de l'éperlan arc-en-ciel du Québec, 2019).

Il faut également noter la même quantité de bar rayé qu'en 2018 (185 individus en 2019 comparativement à 180 en 2018). Ceux-ci étaient également des individus au stade juvénile (moyenne de 6,1 cm) et de taille semblable aux bars capturés en 2018. Le bar rayé fut réintroduit dans le fleuve Saint-Laurent depuis 2002 et fait présentement l'objet d'un suivi par le MFFP (Pelletier et coll., 2011). Notons que le bar rayé est toujours considéré comme disparue selon le LEP[1] et est considéré comme en voie de disparition selon le COSEPAC[2], ce qui rend toute donnée sur cette population importante.

Pour une deuxième année, une anguille d'Amérique fut capturée à l'aide du verveux. Celle-ci était beaucoup plus grande que celle de 2018 (68 cm comparativement à 16 cm en 2018). Cette mention est intéressante puisque l'Anguille d'Amérique est une espèce menacée selon la COSEPAC et susceptible d'être désignée comme menacée ou vulnérable selon le MFFP[3].

Pour une première fois, quelques lançons furent capturés lors de l'inventaire (63 individus). Ceux-ci étaient de taille semblable (moyenne de 10,9 cm) et étaient au stade adulte de leur cycle de vie. Il y avait également du poulamon Atlantique et de la plie rouge en très petit nombre dans le verveux.

[1] LEP : Loi sur les espèces en péril.
[2] COSEPAC : Comité sur la situation des espèces en péril au Canada.
[3] MFFP : Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs



	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2019	2018	2019	2019	2018	2019	2019
	Anguille d'Amérique		Bar rayé		Éperlan arc-en-ciel		Épinoche à cinq épines	Gasterosteus sp.		Lançon	Plie lisse	Plie rouge	Poulamon atlantique
Senne	0	0	164	118	0	45	7	142	2519	0	0	0	0
Verveux	1	1	16	67	3	1332	1	581	1102	63	1	4	2

Figure 34. Comparaison du nombre de poissons capturés dans les deux types d'engins de pêche lors de l'inventaire réalisé en 2018 et 2019.

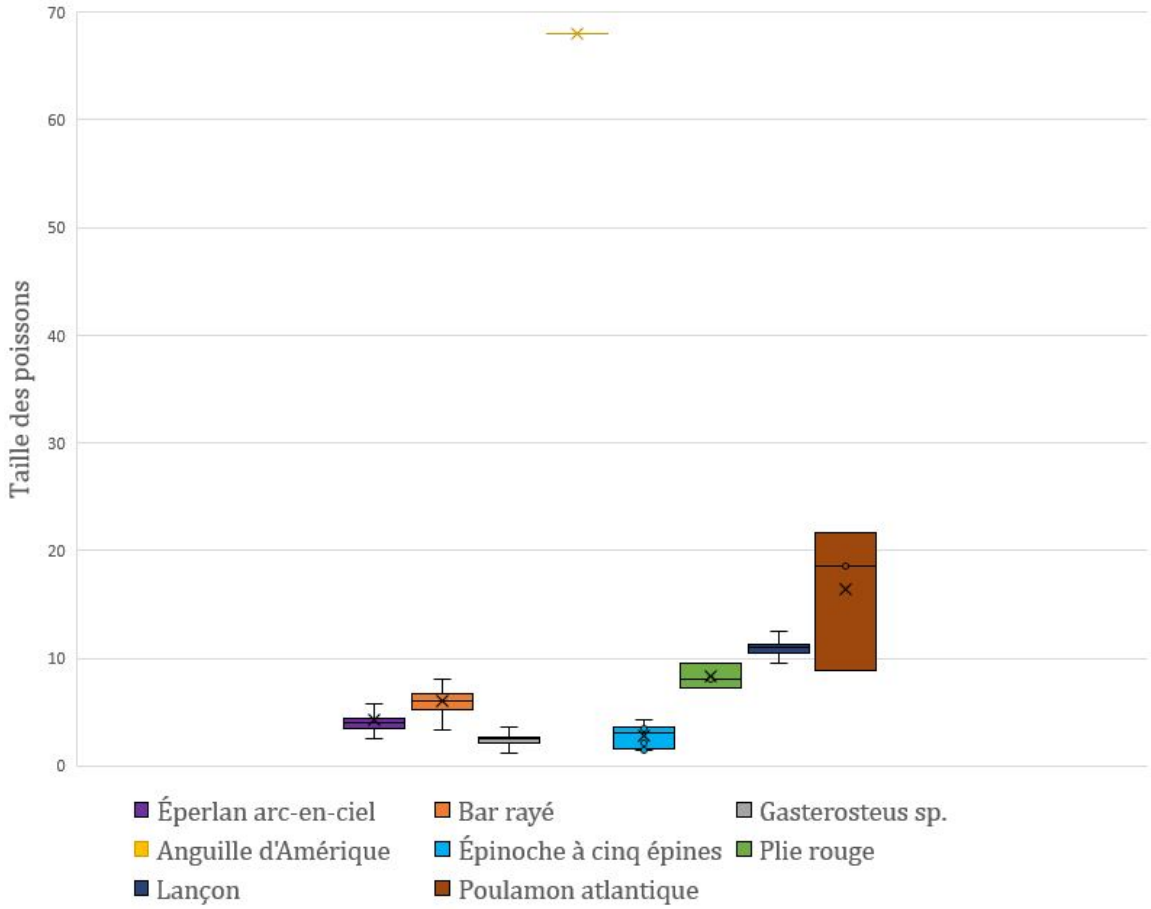


Figure 35. Taille des poissons capturés lors de l'inventaire réalisé en août 2019.

Suivi géomorphologique

La section suivante présente les résultats des suivis géomorphologiques réalisés à partir de trois levés d'imagerie aérienne réalisés à l'aide d'un Système d'Imagerie Mobile de Basse Altitude (SIMBA) et des images récoltées par les caméras de suivi. Au cours des deux prochaines années, les relevés seront effectués à une fréquence saisonnière. Ainsi, ces relevés permettront d'évaluer la variation topographique interannuelle à l'aide de transects perpendiculaires à la côte (profils topographiques) ou sur une surface donnée (modèle numérique d'élévation). L'altitude du modèle est déterminée selon le modèle géodésique d'une altitude relative en mètre.

Topographie et volume de la recharge sédimentaire

Afin d'obtenir un suivi géomorphologique adéquat de la zone d'intervention sur la plage, trois levés d'imagerie aérienne ont été effectués à partir de la plateforme SIMBA (voir la section Levé d'imagerie aérienne du rapport Bonnier Roy et coll., 2018). Un premier levé a été réalisé le 18 mai 2019 avant les travaux, un 2e le 2 juillet 2019 juste après la recharge sédimentaire et un 3e levé le 18 octobre 2019 le lendemain d'une onde de tempête automnale. La zone couverte par les levés est de 7 891 m^2 et comprend l'ensemble du secteur couvert par la recharge sédimentaire (**Figure 36**).

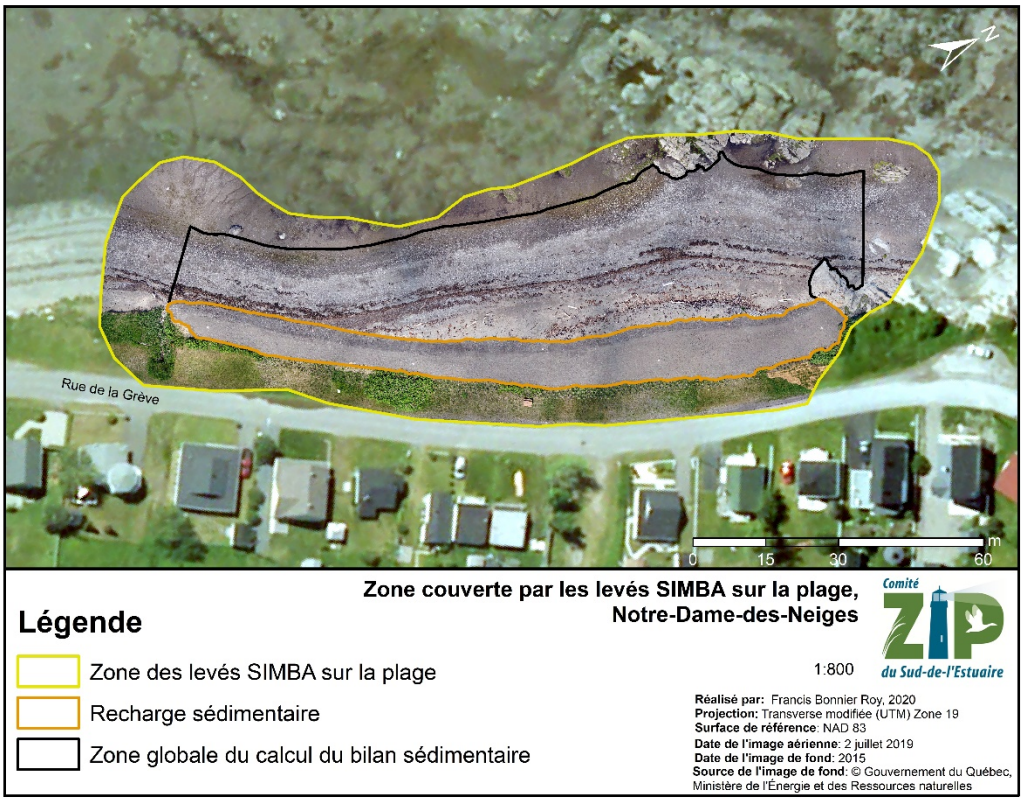


Figure 36. Étendue de la zone survolée par SIMBA lors des 3 levés aériens.

Chaque levé a été réalisé à l'aide d'un cerf-volant et de la plateforme SIMBA qui permet de prendre des photographies toutes les 5 secondes. Au sol, des cibles sont positionnées afin qu'elles soient visibles dans les photographies aériennes prises par SIMBA. Le centre de chaque cible est géoréférencé à l'aide d'un DGPS (planimétrie WGS84 et datum CGVD2013).

Pour des raisons techniques, les altitudes (datum) obtenues lors des levés ne correspondent pas exactement au modèle CGVD2013. Les valeurs altitudinales sont toutefois bonnes dans une altitude relative (m).

Dans le logiciel « Metashape » d'Agisoft, les photographies aériennes sont combinées ensemble afin de générer un modèle de points en 3 D. Ce modèle est calibré avec les coordonnées DGPS grâce aux cibles au sol sur les images. Comme résultat final, une orthomosaïque et un modèle numérique d'élévation (MNE) sont produits. Ils servent à identifier et calculer la géométrie des éléments sur la zone d'intervention.

Le calcul du volume sédimentaire de la plage sur les 3 levés a été fait à l'aide du logiciel « *ArcGIS 10.7* » et de l'extension « *spatial analyst* ». En premier lieu, les limites de la zone ont été tracées afin de générer le calcul des volumes. La limite supérieure (microfalaise, limite avec la pelouse naturelle) ainsi que les 3 flexures (limite entre la plage/haut estran et le bas estran) ont été tracées sur le logiciel. Pour les 3 flexures, elles ont été combinées ensemble afin de prendre l'étendue maximale atteinte entre les 3 tracés. Aux extrémités, les limites sont rejointes ensemble où se termine la recharge sédimentaire au sud et de l'autre côté du socle rocheux du côté nord. Cette zone globale pour le calcul du volume sédimentaire de la zone d'intervention sur la plage fait 4 557 m^3. Une fois le polygone complété, l'outil « Surface volume » a permis de calculer le volume à l'intérieur de cette zone pour chacun des MNE (mai, juillet et octobre). Une analyse similaire a été réalisée sur la zone couverte uniquement par la recharge sédimentaire afin d'évaluer le volume ajouté de sédiment lors des travaux ainsi que son évolution après un peu plus de 4 mois.

Quelques sources d'erreurs ont été rencontrées et peuvent avoir une influence sur la précision des modèles. Il y a la précision du DGPS, les limites du logiciel « Metashape » dans son assemblage des photographies aériennes par la nature du milieu à l'étude (reflet de lumière dans l'eau, surface lisse, etc.). Il y a aussi les erreurs de géoréférencement des cibles sur les photos, la qualité des images aériennes due à plusieurs paramètres techniques et environnementaux, en plus de la présence des débris et des laisses de mer sur la plage qui amènent à surestimer le volume calculé.

Pour la dernière source d'erreur mentionnée, la superficie couverte par les débris organiques sur la plage et la croissance des élymes sur la recharge ont été estimées en traçant le contour de ceux-ci sur chacun des levés et leur hauteur moyenne a été évaluée. Ainsi, le volume associé à ces deux éléments a été soustrait du volume calculé afin d'obtenir une valeur plus précise du volume réel du sédiment sur la plage.

Afin d'évaluer la précision des 3 MNE générés, 28 points de contrôle ont été répartis dans sur la zone des levés SIMBA sur des éléments fixes de l'environnement dont l'altitude ne varie pas dans le temps. Leurs altitudes ont alors été calculées sur les 3 MNE de 2019 afin de déterminer si l'altitude de chaque point demeurait la même, peu importe le levé. Pour se faire, l'altitude de chacun des points a été comparée entre chaque levé. Par exemple, pour un point X, l'altitude du levé du mois de juillet est soustraite de l'altitude du levé du mois de mai. Plus la différence est près de 0 m, plus ces deux MNE sont parfaitement calibrés. Les moyennes de ces différences par type de point de contrôle sont présentées au **Tableau 7**. Il est possible de voir que la différence d'altitude des points de contrôle de la pelouse (situés entre la recharge et la route) et du roc (socle rocheux) est très près du 0 m en moyenne indiquant que les 3 modèles sont calibrés précisément les uns avec les autres. Au niveau de la route, les modèles sont légèrement moins bien calibrés entre eux, ce qui est attendu puisque cette zone est située à la limite du modèle où la qualité est inférieure comparativement au centre du modèle. Somme toute, la zone d'intérêt (plage et recharge sédimentaire) se situe au centre du levé où la calibration est excellente, permettant d'évaluer avec précision l'évolution de nos travaux.

Tableau 6. Évaluation de la précision et de la calibration entre les MNE par des points de contrôle fixes pour les 3 levés de 2019.

Points de contrôle	Moyenne des altitudes entre mai et juillet	Moyenne des altitudes entre juillet et octobre
Pelouse	0,00 m	0,01 m
Roc	-0,02 m	0,00 m
Route	0,05 m	-0,06 m
Moyenne générale	**0,00 m**	**-0,01 m**

Dans la zone globale de la plage, le volume calculé en date du 18 mai 2019 est de 8 761 m^3 (**Tableau 7**). À cela, 11 m^3 de débris organiques doivent être soustraits ce qui donne un volume réel estimé de 8 750 m^3. Un gain de sédimentaire de 908 m^3 a été calculé pour le 2 juillet 2019 grâce à l'ajout de la recharge sédimentaire qui totalise 871 m^3 et des sédiments apportés par la dérive littorale et les courants. Entre le levé de juillet et celui du 18 octobre 2019, une augmentation du volume de 102 m^3 de sédiments a été calculée. Cet apport sur la zone globale est dû aux courants et à la dérive littorale pendant ces 3 mois et demi, mais une grande partie a probablement été apportée sur le site d'étude lors de l'onde de tempête du 17 octobre 2019. En somme, le bilan annuel entre mai et octobre est largement positif avec un gain de 1 009 m^3 de sédiments additionnels. Il est à noter que 172 m^3 de sédiments ont été érodés dans la portion au sud de la recharge sédimentaire près de l'exutoire du cours d'eau. Cependant, ces sédiments n'ont pas quitté le secteur, car ils ont été mobilisés par les vagues lors de la tempête sur la plage devant la recharge sédimentaire.

Tableau 7. Résultats volumétriques de la plage et des sources d'erreur pour le levé aérien SIMBA de mai, juillet et octobre 2019.

Date du levé	Hauteur de base du modèle 3D	Superficie	Volume calculé	Volume estimé de laisse de mer	Volume réel estimé
2019-05-18	2,1 m	4 557 m^2	8 761 m^3	11 m^3	8 750 m^3
Date du levé	**Hauteur de base du modèle 3D**	**Superficie**	**Volume calculé**	**Volume estimé de laisse de mer**	**Volume réel estimé**
2019-07-02	2,1 m	4 557 m^2	9 667 m^3	9 m^3	9 658 m^3
Date du levé	**Hauteur de base du modèle 3D**	**Superficie**	**Volume calculé**	**Volume estimé de laisse de mer et la croissance des élymes**	**Volume réel estimé**
2019-10-18	2,1 m	4 557 m^2	9 842 m^3	83 m^3	9 759 m^3

La **Figure 37** présente une carte du différentiel altimétrique entre les MNE du 18 mai 2019 et du 2 juillet 2019. Cet outil visuel permet de repérer les zones d'accrétion et d'érosion entre deux levés altimétriques. Il est à noter que les valeurs du différentiel altimétrique variant entre -0,1 m et +0,1 m ne sont pas affichées d'une couleur sur la carte, car il est jugé que les valeurs de cet intervalle ne sont pas assez significatives. 4 profils topographiques sont exposés permettant d'apprécier l'évolution du profil de plage entre ces deux levés.

Le premier élément marquant de cette comparaison est le gain en altitude atteignant +1,3 m par endroit sur la partie supérieure de la plage. La variation d'élévation obtenue par la recharge dépend de l'altitude de la surface de la plage le long de ce secteur d'intervention ainsi que du design de la recharge sédimentaire par l'ingénieur. Sur la plage, il est possible de voir quelques zones d'accrétion (entre +0,1 m et +0,3 m) et d'érosion (entre -0,32 m et -0,1 m). Ces variations d'altitude se traduisent par des accumulations à certains endroits sur la plage de sédiments déplacés d'un autre secteur par les vagues et les courants. Finalement, entre ces deux levés, la morphologie de la plage sous la recharge a relativement peu été modifiée.

En ce qui concerne l'évolution de la zone de plage étudiée entre le 2 juillet et le 18 octobre 2019, la morphologie de la plage fut passablement perturbée. En effet, il est possible de voir sur la **Figure 38** qu'une portion au sud de la recharge sédimentaire (à gauche sur la carte) a été érodée lors de l'onde de tempête du 17 octobre 2019. Néanmoins, les sédiments de la recharge sédimentaire ont été remaniés par les vagues et redistribués sur la plage devant celle-ci. Sur la carte, une accumulation de débris organiques à la suite de la tempête est perceptible, mais même en soustrayant l'altitude de cette laisse de mer, une accumulation sédimentaire démontrée par une augmentation altimétrique subsiste ce qui confirme que les zones vertes sur la carte sont les sédiments de la recharge qui ont été remaniés. Quelques zones érodées sur la plage ont aussi pu permettre l'accumulation de sédiments en bordure de la recharge sédimentaire.

Il est certain que les secteurs de la plage dont la largeur est plus courte et avec une altitude plus basse sont les plus susceptibles d'être affectés par les vagues. Sur le profil 1, là où la recharge sédimentaire a été le plus affecté, la largeur de plage est d'environ 23 mètres contrairement à la portion nord de la recharge (profils 3 et 4) où leur largeur est d'un peu plus de 40 mètres. Avec une plage plus large, le stock sédimentaire accumulé se comporte comme une zone tampon qui intercepte les assauts des vagues avant d'atteindre la recharge sédimentaire.

Un des effets indirects bénéfiques de l'érosion d'une partie de la recharge sédimentaire est la redistribution des sédiments plus bas sur la plage, se traduisant par un élargissement de celle-ci. Comme il est possible de le voir sur la Figure 39, la flexure (limite inférieure de la plage) s'est déplacée de 2 à 3 mètres, élargissant du même coup la plage devant la zone érodée. Cette information permet encore une fois

de constater que les sédiments sont restés sur la plage après la tempête. De plus, en élargissant la plage, cela permet d'augmenter la zone de déferlement des vagues et ainsi augmenter la résilience de la côte face aux tempêtes.

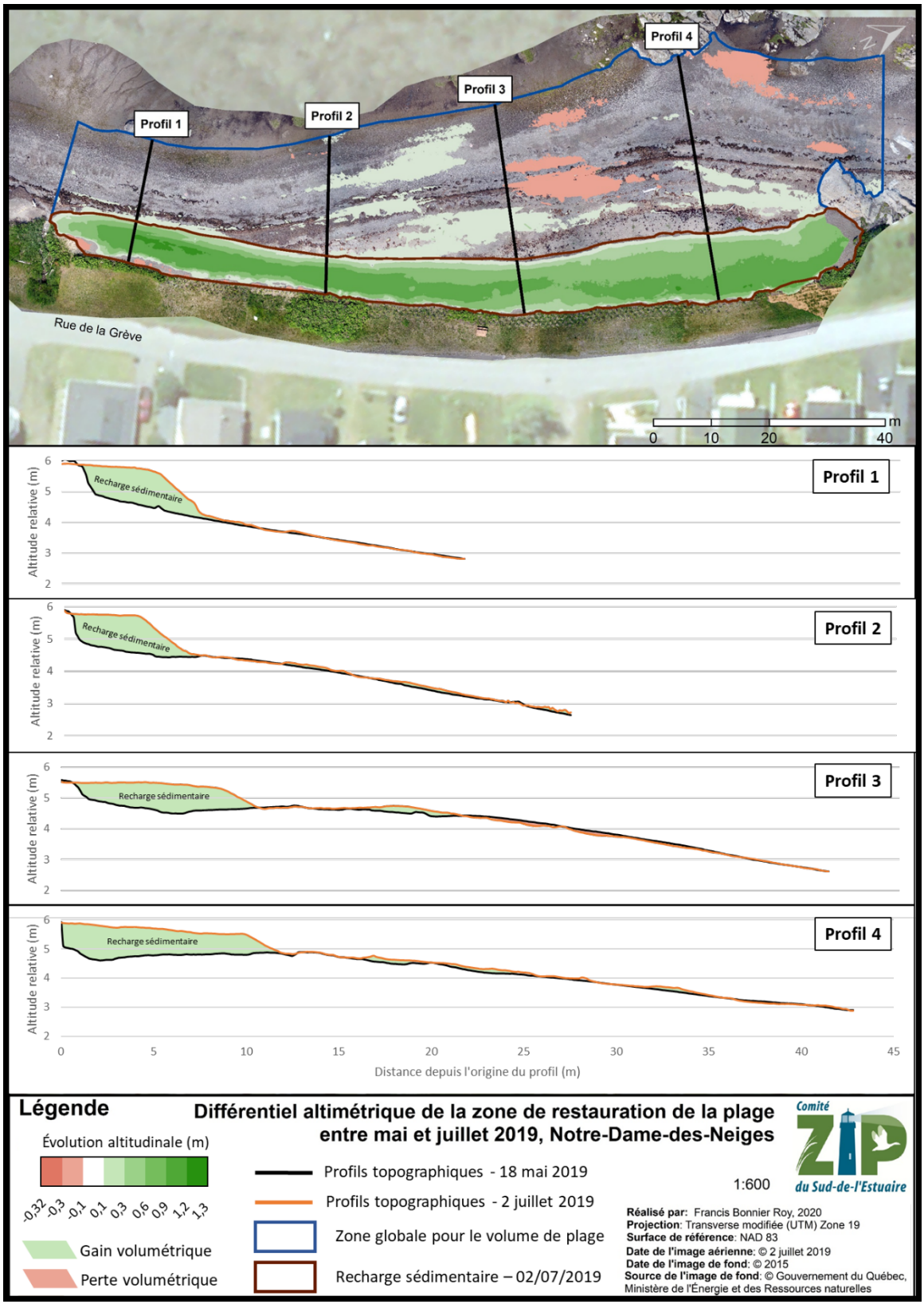


Figure 37. Différentiel altimétrique de la zone de recharge sédimentaire et 4 profils topographiques entre les levés SIMBA du 18 mai 2019 (avant les travaux) et le 2 juillet 2019 (après les travaux).

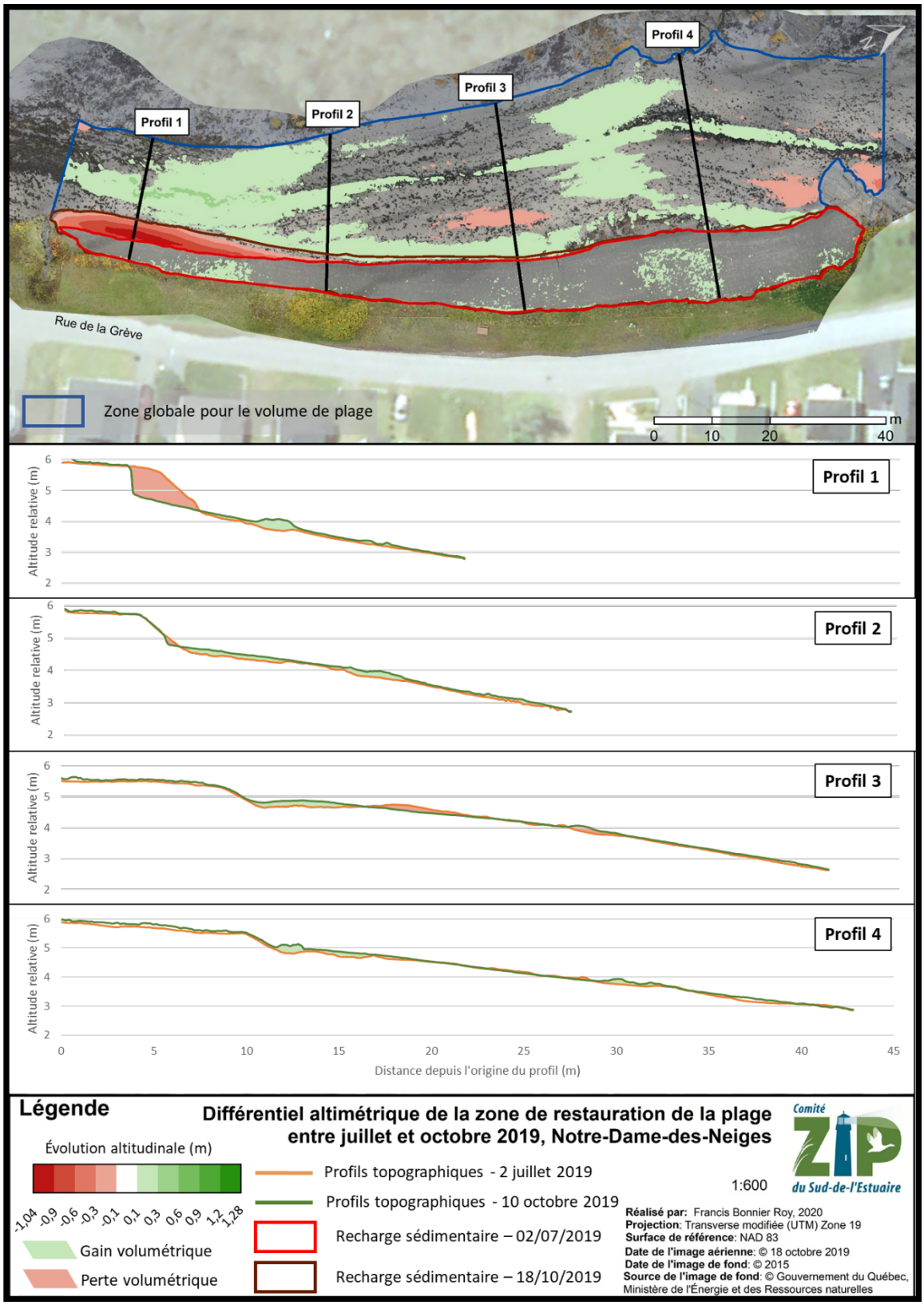


Figure 38. Différentiel altimétrique de la zone de recharge sédimentaire et 4 profils topographiques de plage entre les levés SIMBA du 2 juillet 2019 et du 18 octobre 2019.

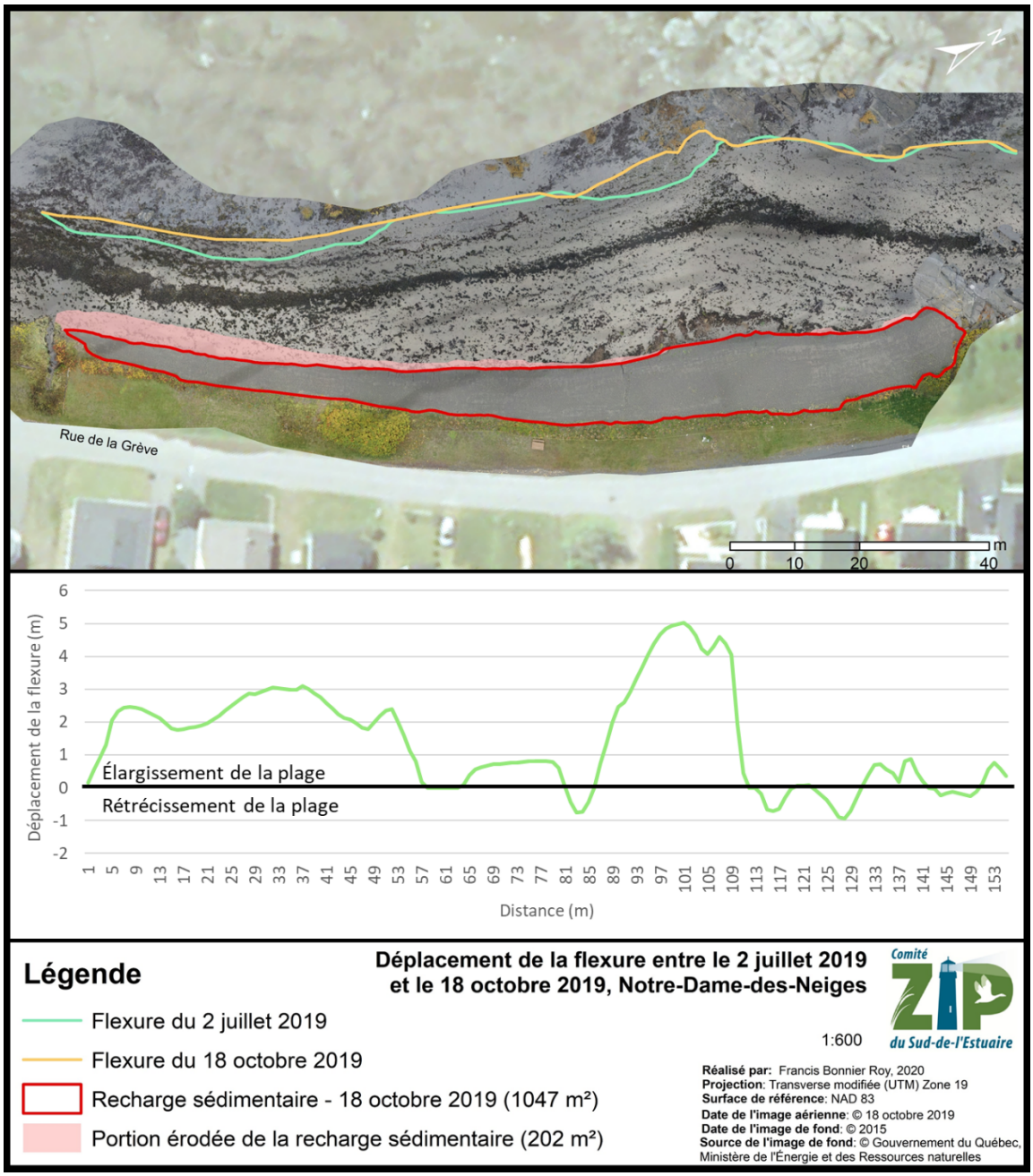


Figure 39. Déplacement de la flexure de la plage restaurée entre le 2 juillet 2019 et le 18 octobre 2019.

Caméras fixes

Les images prises en 2019 par la caméra *Reconyx HS2X HyperFire2*, installée à l'est du site de restauration (regardant vers l'ouest), furent analysées à l'aide du logiciel « *VirtualDub 1.10.4* » (Figure 40). Le logiciel permet de visualiser les photographies de manière accélérée. Ce procédé permet de mieux visualiser le mouvement des marées, des vagues et le déplacement des sédiments.

Figure 40. Caméra de suivi et panneau solaire

La **Figure 41** présente un montage photographique issu de la caméra *Reconyx* de la recharge sédimentaire juste après la fin des travaux et quelques images lors d'événements de tempête (voir **Figure 42** pour les niveaux d'eau). Grâce à ces images, il est possible de voir que les vagues générées par les ondes de tempête ont érodé la portion sud de la recharge sédimentaire. Comme le mentionnait Drapeau et Morin (1981), dans le secteur de Trois-Pistoles, ce sont les vagues de fortes longueurs d'onde (6, 7 ou 8 secondes) avec des hauteurs dépassant un mètre qui sont les plus efficaces pour mobiliser les sédiments sur l'estran. Ainsi, ils sont déplacés essentiellement par les vagues de tempêtes déferlant sur le fond à marée montante (Dionne, 1993).

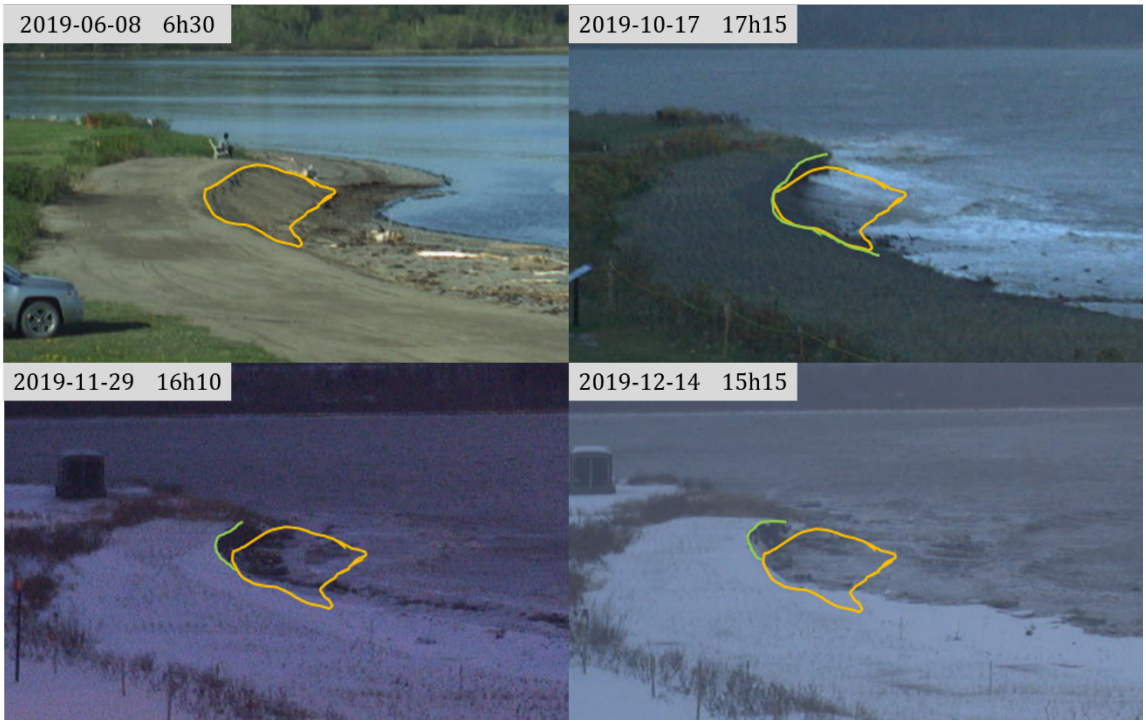


Figure 41. Changements observés à l'aide de la caméra Reconyx pour le secteur de la recharge sédimentaire entre le mois de juin et le mois de décembre 2019. Le trait jaune sur les images représente une partie de la surface visible par la caméra de la pente 3 :1 de la portion sud de la recharge sédimentaire. Le trait vert représente le sommet de la nouvelle microfalaise sur chacune des images à la suite de l'érosion des vagues.

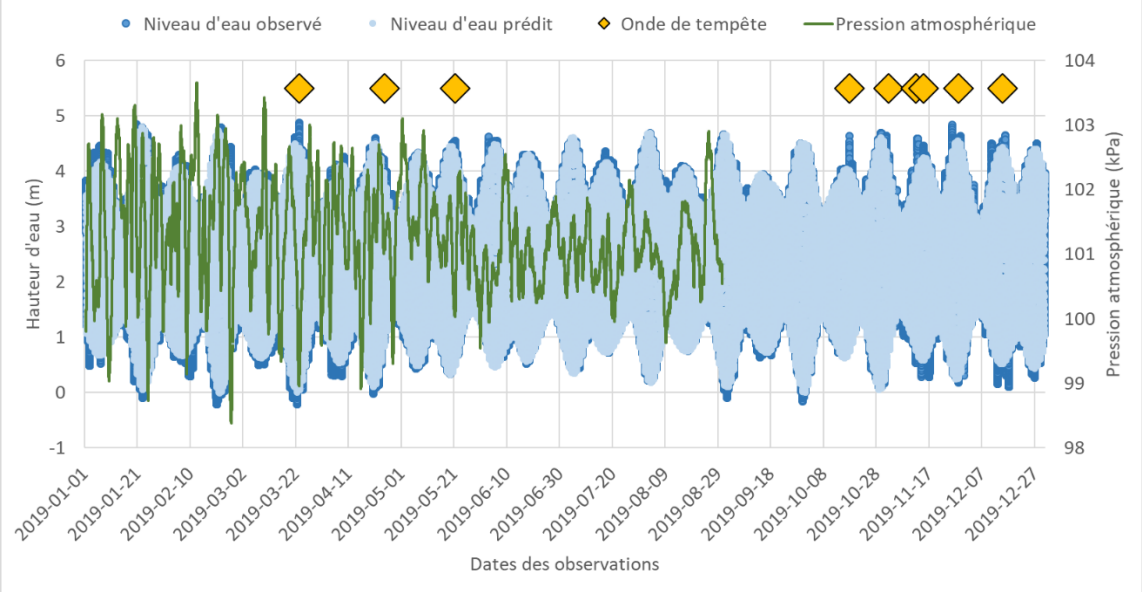


Figure 42. Niveaux d'eau observés, prédits et pression atmosphérique enregistrés, station de Rimouski. Les ondes de tempêtes importantes sont identifiées par des étoiles jaunes (Source : Pêches et Océans Canada).

CONCLUSION

Les travaux de restauration de l'habitat du poisson à Notre-Dame-des-Neiges a permis de restaurer 6 835 m^2 d'herbier de zostère marine, 9 146 m^2 de marais maritime et de mettre en place une recharge sédimentaire de 1 010 m^3 végétalisée à l'aide de 9 450 plantes indigènes.

Ce rapport permet de dresser un portrait immédiat et global de différents indicateurs biologiques et géomorphologiques suite aux actions de restauration. Les résultats décrits dans ce rapport serviront de référence pour les suivis des deux prochaines années.

Le premier suivi de la reprise végétale au niveau de l'herbier de zostère marine, du marais et de la plage a été très encourageant et a démontré une bonne croissance des plants ainsi qu'un faible taux de mortalité. Le suivi ichtyologique a permis de constater une grande diversité d'espèces de poisson présentes en quantité importante, avec des classes d'âge variées. Un total de 5 260 poissons, de 8 espèces différentes fut capturé en 2019.

Le gain sédimentaire obtenu par les travaux sur la plage a permis de recréer une zone tampon plus résiliente face aux ondes de tempête. Par le remaniement naturel effectué par les vagues, les sédiments de la recharge sédimentaire vont graduellement être déposés sur la plage et comme il a déjà été remarqué, élargir la plage et ainsi lui donner un profil plus naturel et donc plus résilient. De plus, puisque la granulométrie locale a été privilégiée pour l'habitat du poisson lors des travaux, une plage en meilleure santé peut favoriser l'établissement de nombreuses espèces de poissons et d'invertébrés.

En somme, la recharge sédimentaire suite à une première année de suivi se comporte de manière telle qu'attendu. En étant remaniés, les sédiments de la recharge sont transportés et déposés ailleurs à proximité sur la plage, en élargissant la plage. Ultimement, ceci amène une plus grande zone de déferlement des vagues et augmente la résilience de la plage face aux ondes de tempêtes.

Enfin, les objectifs présentés lors de la caractérisation du site en 2018 ont été atteints, puisque trois habitats côtiers essentiels et complémentaires pour l'habitat du poisson ont été restaurés avec succès, en respectant les conditions du milieu, en améliorant les capacités de connectivité écologiques pour la faune aquatique et l'ensemble de l'écosystème. En définitive, ces travaux ont été un réel succès puisque plus de 4,1 hectares d'habitat ont été restaurés avec des résultats très positifs au niveau biologique et géomorphologique.

RÉFÉRENCES

Bonnier Roy, F., Noël, R., Pothier, J., Juneau, 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. 62 p. + annexes.

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

Lalumière, R. 1990. Essais de transplantation de zostère marine à l'Isle-Verte. 55 p.

Laugier, F. 2015. Histoires de vie et connectivité entre les habitats écologiques essentiels de poissons des mers côtières tempérées : le cas des lançons (Ammodytidae) et du bar européen (Dicentrarchus labrax, Linnaeus, 1758) dans le Golfe Normand Breton, une approche par les marqueurs environnementaux. 244 p.

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

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

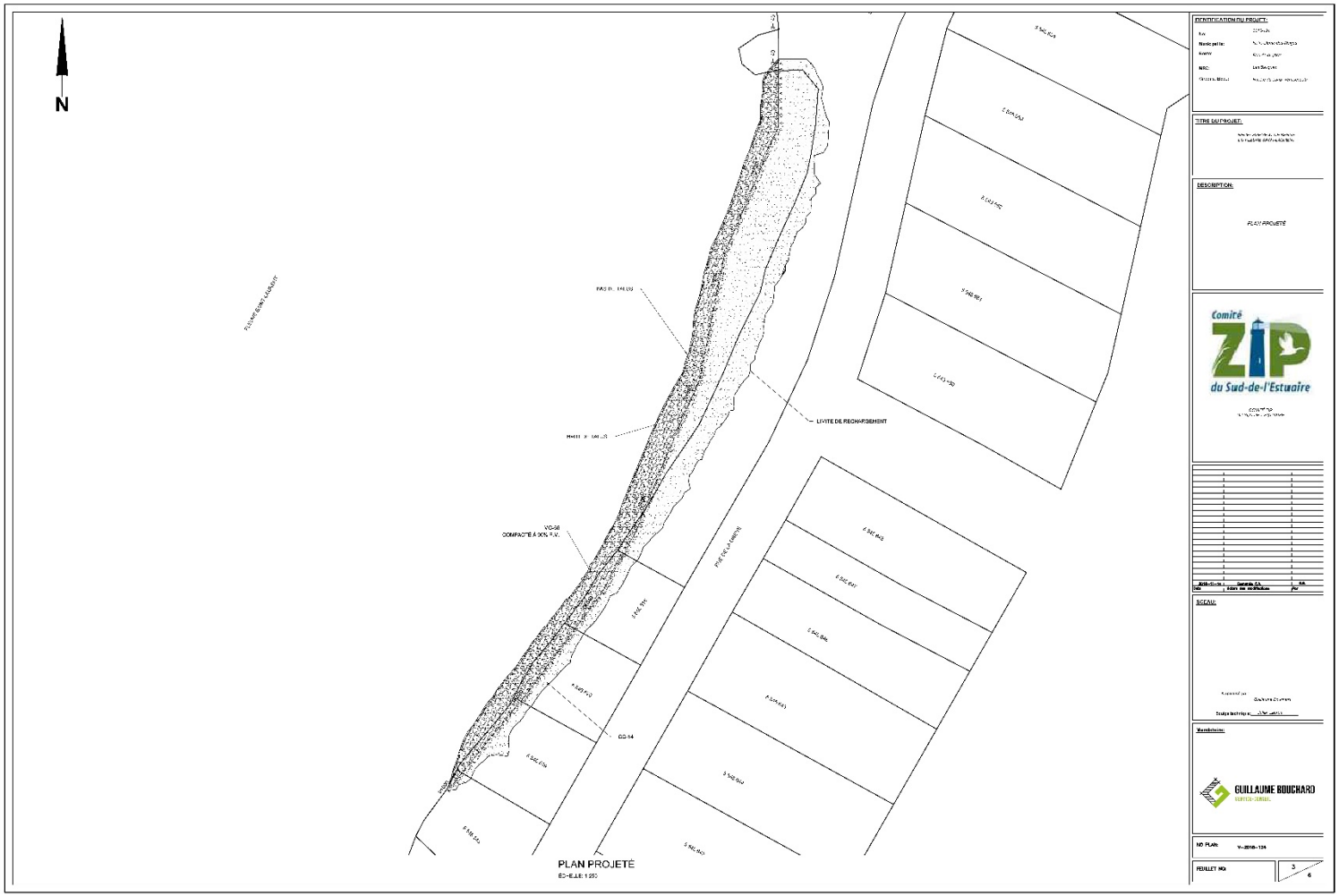
Pothier, J., Quintin, C., Noël, R., Bonnier Roy, F. Juneau, M-J., Bachand, É. 2018. Protocole de suivi des travaux de restauration à Notre-Dame-des-Neiges, Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, Rapport remis à Pêches et Océans Canada, Rimouski, 17 p.

Pothier, J., Bois, P., Joubert, J-E. 2018. RESTAURATION DE L'HERBIER DE ZOSTÈRE MARINE DANS L'ANSE DE POINTE-AU-PÈRE, RIMOUSKI – Rapport de travaux et de suivis, Rimouski, 32 p.

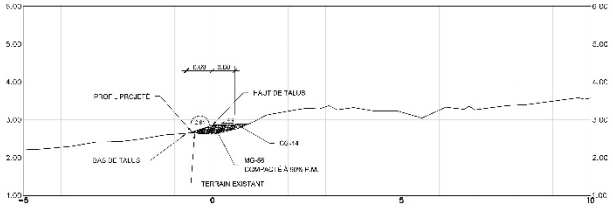
Sparfel, L., Fichaut, B., Suanez, S. 2005. Progression de la Spartine (Spartina alterniflora Loisel) en rade de Brest (Finistère) entre 1952 et 2004 : de la mesure à la réponse gestionnaire, Norois, 196p.

ANNEXES

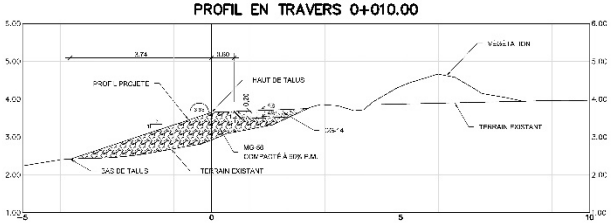
Annexe 1. Plans et devis de la recharge sédimentaire.



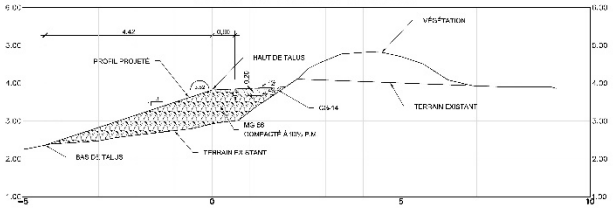
PROFIL EN TRAVERS 0+001.00



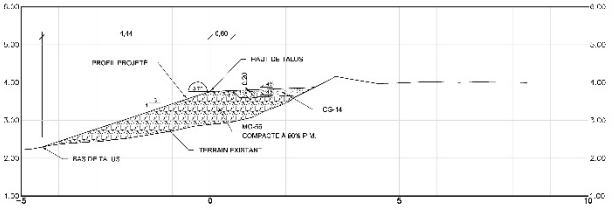
PROFIL EN TRAVERS 0+010.00



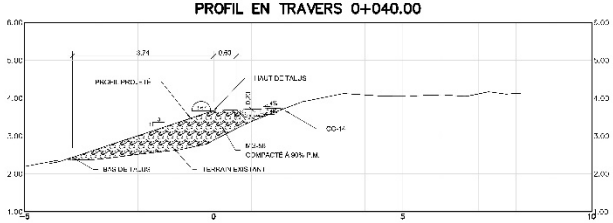
PROFIL EN TRAVERS 0+020.00



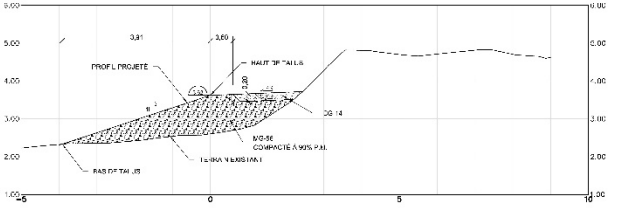
PROFIL EN TRAVERS 0+030.00



PROFIL EN TRAVERS 0+040.00



PROFIL EN TRAVERS 0+050.00



COUPES TRANSVERSALES 0+000 À 0+050

ÉCHELLE 1:50

IDENTIFICATION DU PROJET:

TITRE DU PROJET:

DESCRIPTION:

COUPES TRANSVERSALES
0+000 À 0+050

Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire

SCEAU:

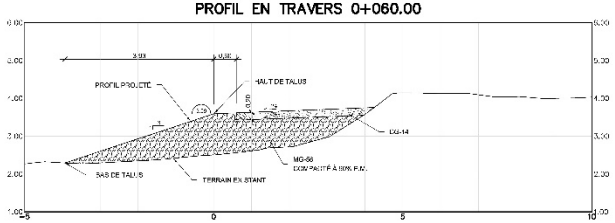
Mandataire:

GUILLAUME BOUCHARD

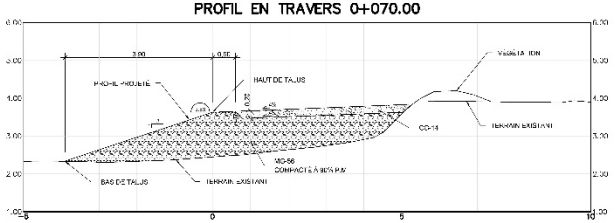
NO PLAN: V-2018-124

FEUILLET NO: 4 / 6

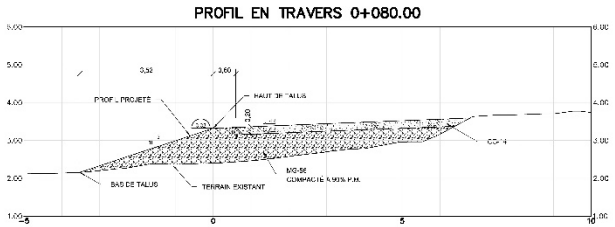
PROFIL EN TRAVERS 0+060.00



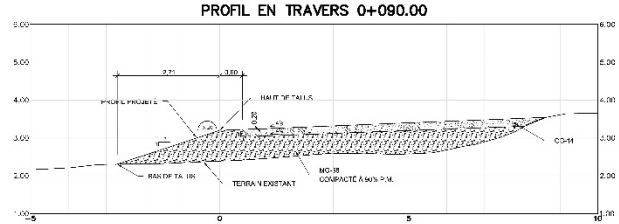
PROFIL EN TRAVERS 0+070.00



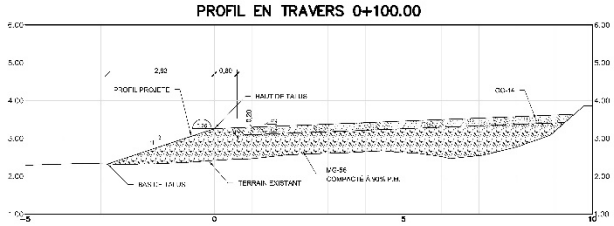
PROFIL EN TRAVERS 0+080.00



PROFIL EN TRAVERS 0+090.00



PROFIL EN TRAVERS 0+100.00



COUPES TRANSVERSALES 0+060 À 0+100

ÉCHELLE 1:50

IDENTIFICATION DU PROJET:

TITRE DU PROJET:

DESCRIPTION:

COUPES TRANSVERSALES
0+060 À 0+100

Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire

ÉCHELLE:

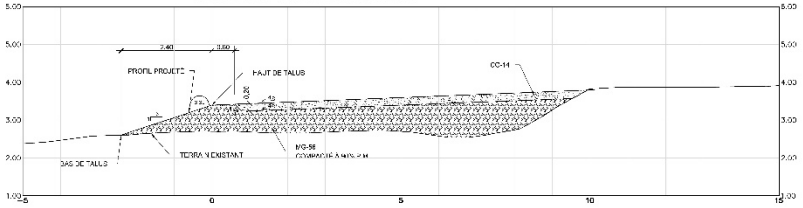
Mandataire:

GUILLAUME BOUCHARD

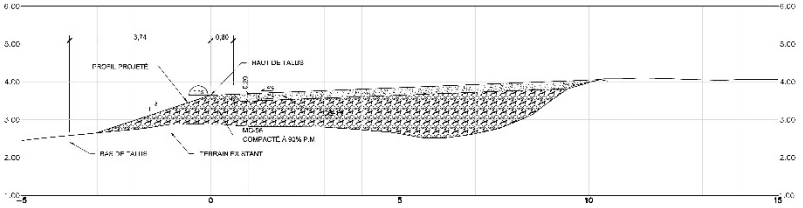
NO PLAN: V-2018-124

FEUILLET NO: 5/6

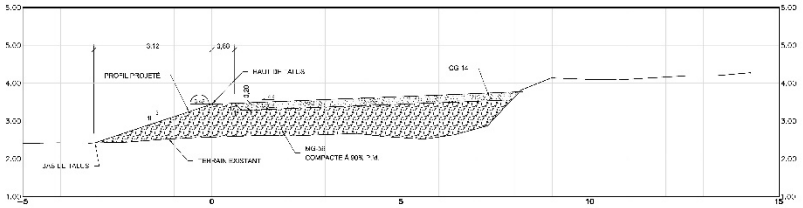
PROFIL EN TRAVERS 0+110.00



PROFIL EN TRAVERS 0+120.00



PROFIL EN TRAVERS 0+130.00



COUPES TRANSVERSALES 0+110 À 0+130

ÉCHELLE 1:50

IDENTIFICATION DU PROJET:

TITRE DU PROJET:

DESCRIPTION:

COUPES TRANSVERSALES
0+110 À 0+130

Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire

ÉCHELLE:

Mandataire:

GUILLAUME BOUCHARD

NO PLAN:

FEUILLET NO: 6 / 8