Rapport annuel 2019-2020

Intégration du savoir local et scientifique dans la restauration d'écosystèmes côtiers à forte valeur écologique dans le golfe du Saint-Laurent

- **Plan de restauration des habitats à restaurer pour 2019**
- **Présentation des résultats des travaux réalisés**
- **Compte-rendu des activités et résultats du suivi**



Présenté au ministère des Pêches et des Océans du Canada (MPO)
Dans le cadre du Programme de Fonds pour la restauration côtière (FRC)

Préparé par

Catherine Leblanc Jomphe, ecogéographe et chargée de projets restauration et aménagement des milieux côtiers
Martin Veyssière, géographe et chargé de projets aménagement des milieux côtiers
Marie-Ève Giroux, directrice générale

Attention Fragiles

Résumé

Les Îles-de-la-Madeleine abondent d'habitats à grande valeur écologique. Les écosystèmes côtiers sont notamment composés de tombolos ou de flèches littorales avec de grands systèmes dunaires, qui ferment partiellement des lagunes ou des baies qui abritent des milieux humides et aquatiques, tels que des marais maritimes et des herbiers de zostère. Ce sont des milieux productifs et des pouponnières pour la faune aquatique et benthique qui vit et se reproduit dans les riches herbiers. De plus, ces écosystèmes remplissent des fonctions écologiques indispensables pour les humains que ce soit pour limiter l'érosion et la submersion de son territoire, mais aussi en ce qui concerne la qualité de l'eau potable ainsi que pour ses ressources halieutiques et cynégétiques.

Cependant, une grande partie de ces écosystèmes présentent des caractéristiques montrant leur dégradation, notamment de l'érosion engendrée par des activités humaines (VTT) et par des processus naturels et l'ensablement de marais ou d'herbiers.. C'est pourquoi l'équipe locale d'Attention FragÎles en partenariat avec le Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières (LDGIZC) de l'Université du Québec à Rimouski (UQAR) ont uni leurs connaissances et leurs expertises afin d'étudier et de restaurer ces écosystèmes côtiers à grande valeur écologique dans le cadre de ce projet sur trois ans.

Pour débuter en 2019-2020, deux secteurs comprenant 14 sites ont été priorisés pour la restauration. Ces secteurs sont constitués d'un continuum côtier composé de flèches littorales ou tombolos suivis d'un marais à spartine et d'un herbier de zostère. Ils présentaient notamment un cumul d'effets négatifs dus à l'érosion, des brèches dunaires anthropiques et de l'ensablement suspecté à l'intérieur des milieux humides et aquatiques, associés aux vents forts et concentrés ou à la submersion marine. Les priorités d'intervention identifiées pour les travaux 2019-2020 ont donc été les dunes mobiles protégeant la Baie Clarke à Grosse-Île et le tombolo dunifié de la Dune de l'Ouest dans le secteur de L'Étang-des-Caps. Ces sites ont par conséquent bénéficié d'une caractérisation préliminaire, de travaux de restauration ainsi que de suivis biannuels.

Ce projet a bénéficié d'une vision pluridisciplinaire. Les utilisateurs, les jeunes, l'équipe de l'organisme local Attention FragÎles, des spécialistes et des chercheurs ont partagé leurs connaissances et échangé leurs idées. L'intégration du savoir local et scientifique, combiné aux techniques inspirées de la nature et aux instruments technologiques, a permis d'étudier et de suivre l'évolution de deux grands écosystèmes côtiers et de réaliser à l'intérieur de ceux-ci 41 restaurations souples sur 14 sites différents, ce qui a permis de protéger directement une superficie de 4030 mètres carrés de dunes mobiles.

Mots-clés : Îles-de-la-Madeleine, Attention FragÎles, Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, restauration côtière, écosystème côtier, partage de connaissances.

Assis sur un banc devant l'océan
L'océan jamais tout à fait le même
Dans le bruit lascif autour des récifs
Que la vague enchaîne
À quoi rêve-t 'il l'éternel bohème
Il rêve à une île dont le littoral
A le pur profil de l'amour total

Claude Nougaro,
L'île Hélène.

Remerciements

Nos remerciements vont d'abord au ministère des Pêches et des Océans du Canada (MPO) pour le financement de ce projet par le biais du Fonds pour la restauration côtière (FRC) ainsi qu'à l'Université du Québec à Rimouski (UQAR), via le Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières (LDGIZC), principal bénéficiaire de la présente entente avec le MPO pour ce projet. Nous remercions particulièrement l'équipe du LDGIZC de l'UQAR pour cette importante collaboration, pour la réalisation en parallèle de plusieurs volets de ce projet ainsi que pour le prêt du matériel scientifique, représentant une contribution non négligeable à la bonification de nos méthodes de suivi. Immense merci à Sandrine Papageorges et Pascal Bernatchez pour leur dévouement et l'intérêt porté à nos travaux. Merci à Mathieu Cusson de l'Université du Québec à Chicoutimi qui a participé à l'élaboration de ce projet et pour la visite aux Îles très instructive sur les méthodes de suivi et les écosystèmes côtiers et pour les bonnes collaborations dans ce projet. Merci à la Communauté maritime des Îles-de-la-Madeleine et à la Municipalité de Grosse-Île pour les grands services rendus et à la Matériauthèque (Ré-Utîles) pour l'entreposage de matériaux.

L'équipe d'Attention FragÎles a également pu compter sur la précieuse collaboration d'utilisateurs du secteur. D'ailleurs un grand merci aux jeunes du troisième cycle de l'école de Grosse-Île. Une analyse approfondie et une meilleure compréhension des différents systèmes dunaires de l'archipel, de leur dynamique particulière ainsi que des méthodes à privilégier pour les protéger et les restaurer permettront à tous de mieux adapter les interventions réalisées dans ces milieux sensibles. Merci également à tous les membres de l'équipe d'Attention FragÎles qui ont contribué à la réalisation de ce projet, en particulier Catherine Leblanc Jomphe et Martin Veyssière, chargés de projets. Un merci spécial à l'équipe terrain d'Attention FragÎles pour l'aide précieuse et la mise en œuvre des travaux de restauration : Frédéric Montigny, Gilles Cyr, Annik Veilleux, Luc Longuépée, Nicolas Rathé, Mira Turbide, Éric Bond et Carole Leblanc. Pour terminer, merci à Marie-Ève Giroux, directrice générale, merci pour les discussions, le soutien à la gestion et à la coordination du projet ainsi que la relecture des documents. Merci aussi à Annik Veilleux pour la révision linguistique et à Pascal Bernatchez et à Sandrine Papageorges pour le révision scientifique.

Comment citer ce document :

Leblanc Jomphe, C. Veyssière, M. et ME Giroux (2020). Rapport annuel 2019-2020– Intégration du savoir local et scientifique dans la restauration d'écosystèmes côtiers à grande valeur écologique. Produit par Attention FragÎles en étroite collaboration avec l'équipe du *Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières* de l'UQAR. Îles-de-la-Madeleine (Québec). 93 p.

Attention FragÎles
202-350 chemin Principal, Cap-aux-Meules, Québec, G4T 1C9
Téléphone : 418-986-6644
Courriel : action@attentionfragiles.org

Liste des acronymes

CGMR	Centre de gestion des matières résiduelles
CGT	Convention de gestion territoriale
CMÎ	Communauté maritime des Îles-de-la-Madeleine
DGPS	Differential Global Positioning System ou GPS différentiel
ECCC	Environnement et Changement climatique Canada
FFQ	Fondation de la faune du Québec
FRC	Fonds pour la restauration côtière
LEMV	Loi sur les espèces menacées et vulnérables (Québec)
LEP	Loi sur les espèces en péril (Canada)
MELCC	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
MERN	Ministère de l'Énergie et des Ressources Naturelles
MFFP	Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
MNT	Modèle numérique de terrain
MTQ	Ministère des Transports du Québec
MPO	Ministère des Pêches et des Océans du Canada
MRC	Municipalité régionale de comté
LDGIZC	Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières
RMS	Réseau minimal de sentiers
SATP	Système d'aéronefs télépilotés
SCF	Service canadien de la faune
SIG	Système d'information géographique
UQAR	Université du Québec à Rimouski
VHR	Véhicule hors route
VTT	Véhicule tout terrain
ZIC	Zone d'interdiction de chasse
ZICO	Zone importante pour la conservation des oiseaux

Table des matières

Résumé i
Remerciements iv
Liste des acronymes vi
Table des matières vii
Liste des figures ix
Liste des tableaux x
1 Mise en contexte 1
1.1 Objectifs généraux 3
1.2 Présentation de l'organisme 3
1.2.1 Historique des projets de restauration réalisés par Attention FragÎles 4
1.3 Présentation du territoire 6
1.4 Présentation des sites à restaurer 9
1.4.1 Présentation de la Baie Clarke 11
1.4.2 Présentation de la Dune de l'Ouest 14
2 Méthodologie 17
2.1. Identification des secteurs prioritaires 17
2.1.1 Dégradation observée 17
2.1.2 Continuum côtier 17
2.1.3 Facteurs déterminants pour le choix des secteurs 18
2.2 Acquisition de connaissances sur les secteurs ciblés 18
2.2.1 Connaissance de la dynamique sédimentaire du milieu et du contexte géomorphologique 18
2.2.2 Identification des risques et profils de vulnérabilité 21
2.2.3 Identification des restaurations appropriées pour chaque site 22
2.3 Choix des techniques de restauration 25
2.3.1 Plantation 25
2.3.2 Fascine 26
2.3.3 Ganivelles 27
2.3.4 Casiers à homard 28
2.3.5 Tapis de branchage 28

2.3.6 Tapis de coco 29
2.3.7 Choix des solutions selon l'environnement 29
2.4 Suivi des secteurs et des restaurations 30
2.4.1 Suivi par site 30
2.4.2 Suivi général du secteur 31
3 Plan de restauration des écosystèmes pour 2019 33
3.1 Plan de restauration pour le site de la dune parabolique dans le secteur de la Baie Clarke pour 2019 35
3.2 Plan de restauration pour le site du goulet de L'Étang-des-Caps dans le secteur de la Dune de l'Ouest pour 2019 42
3.3 Matériel 45
3.4 Mise en place 45
4 Présentation des résultats et suivis des travaux réalisés 47
4.1 Résultats et suivi des travaux dans le secteur de la Baie Clarke 48
4.2 Résultats et suivis des travaux dans le secteur de la Dune de l'Ouest 56
4.3 Suivi général 61
4.4 Transfert de connaissances 61
5 Recommandations d'étape 63
Références 64
Glossaire 66
ANNEXE 1 – Fiche de terrain et protocole associé 68
ANNEXE 2 - Document technique pour les levés effectués en drone 72
ANNEXE 3 - Protocole de suivis pour les profils topographiques au DGPS 75
ANNEXE 4. Plan de restauration détaillé 77
ANNEXE 5. Avis de non-assujettissement pour les restaurations en milieux dunaires 87
ANNEXE 6. Protocole d'entente pour location d'espace 89
ANNEXE 7. Communiqué de presse pour le lancement du projet FRC 90
ANNEXE 8. Panneau promotionnel 92

Liste des figures

Figure 1. Restaurations effectuées lors du projet Restauration des milieux dunaires et protection des milieux humides du littoral des Îles-de-la-Madeleine entre 2016 et 2019 6
Figure 2. Carte géologique des Îles-de-la-Madeleine..... 7
Figure 3. Secteurs de restauration priorisés pour 2019-2020 9
Figure 4. Secteur de la Baie Clarke..... 12
Figure 5. Traces causées par la circulation motorisée dans le secteur de la Baie Clarke..... 13
Figure 6. Secteur de L'Étang-des-Caps 15
Figure 7. Trait de côte entre 2010 et 2019 au goulet de L'Étang-des-Caps 16
Figure 8. Stations de mesures pour le suivi de l'évolution de la ligne de rivage et du trait de côte sur l'ensemble des côtes des Îles-de-la-Madeleine (Bernatchez et al., 2012)..... 19
Figure 9. Unités hydrosédimentaires des Îles-de-la-Madeleine (Bernatchez et al.,2012) 20
Figure 10. Plantations d'ammophile 26
Figure 11. Installation de fascines devant un secteur dévégétalisé de la dune bordière 26
Figure 12. Plantation d'ammophile pour consolider l'accumulation de sable derrière la fascine 27
Figure 13. Évolution de l'ensablement d'une brèche restaurée avec des ganivelles 27
Figure 14. Manipulation des casiers et casiers ensablés sur le haut de plage 28
Figure 15. Progression de la construction d'un tapis de branchage 29
Figure 16. Pose d'un tapis de coco ™CoirMat et plantation à travers les mailles 29
Figure 17. Le levé par drone combiné au DGPS pour réaliser la photogrammétrie. 32
Figure 18. Secteur général de Baie Clarke..... 35
Figure 19. Plan de restauration 2019 pour la brèche BC009..... 36
Figure 20. Plan de restauration 2019 pour la brèche BC010..... 37
Figure 21. Plan de restauration 2019 pour la brèche BC011-12-13..... 38
Figure 22. Plan de restauration 2019 pour la brèche BC014-BC015-BC016..... 39
Figure 23. Plan de restauration 2019 pour la brèche BC017..... 40
Figure 24. Plan de restauration 2019 pour la brèche BC018..... 41
Figure 25. Secteur général du secteur de L'Étang-des-Caps 42
Figure 26. Plan de restauration 2019 pour les brèches EDC01 et EDC02 43
Figure 27. Plan de restauration 2019 pour les brèches EDC03..... 44
Figure 28. Plan général des différentes phases de suivis dans le secteur de la Baie Clarke 49
Figure 29. Présentation des résultats des restaurations 2019, site BC009 50
Figure 30.Photos du suivi du site BC009 51
Figure 31. Présentation des résultats des restaurations 2019, site BC010 51
Figure 32.Photos du suivi du site BC010 52
Figure 33. Présentation des résultats des restaurations 2019, sites BC011-12-13 52
Figure 34.Photos du suivi des sites BC011-12 et 13..... 53
Figure 35. Présentation des résultats des restaurations 2019, sites BC014-15-16 53
Figure 36. Photos du suivi des sites BC013-14 et 15..... 54
Figure 37. Présentation des résultats des restaurations 2019, site BC017 54
Figure 38.Photos du suivi du site BC017 55

Figure 39. Présentation des résultats des restaurations 2019, site BC018 55
Figure 40.Photos du suivi du site BC018 56
Figure 41.Plan général des différentes phases de suivis dans le secteur de la Dune de l'Ouest... 58
Figure 42. Présentation des résultats des restaurations 2019, sites EDC01-02 59
Figure 43.Photos du suivi des sites EDC01 et EDC02 59
Figure 44. Présentation des résultats des restaurations 2019, site EDC03 60
Figure 45.Photos du suivi du site EDC03 60
Figure 46. Groupe de jeunes de l'école de Grosse-Île avec leurs accompagnateurs et Attention FragÎles. 62

Liste des tableaux

Tableau 1.Identification des risques causés par les perturbations naturelles 21
Tableau 2. Identification des risques causés par les perturbations anthropiques 22
Tableau 3. Formes de brèches anthropiques observées dans les dunes bordières aux Îles 23

1 Mise en contexte

La zone côtière est constituée de différents types d'écosystèmes, tels que les plages, les milieux dunaires, les marais maritimes, les herbiers de zostère, les bancs de macroalgues, les baies, les barachois, les lagunes et bien d'autres. Chacun d'eux remplissent différents rôles, tous importants dans le fonctionnement écosystémique (ex. : épuration, productivité, habitat essentiel, santé générale des écosystèmes côtiers), tout en offrant des services diversifiés aux humains (ex. : pêche, chasse, cueillette).

Les milieux dunaires des Îles-de-la-Madeleine sont formés principalement sur les systèmes de tombolos et de flèches littorales. La morphologie des systèmes dunaires permet la dissipation de l'énergie des vagues, de sorte qu'elles agissent tel un rempart de défense pour les infrastructures ou les milieux humides et aquatiques connexes. Ce territoire est sans cesse modifié par les aléas naturels comme le vent, les surcotes, les vagues et les tempêtes. Les milieux dunaires sont privilégiés par les visiteurs et résidents qui en profitent pour leur beauté et les activités associées. Toutefois, l'utilisation du territoire n'est pas sans risque pour l'écologie. Notamment, la pression touristique, la circulation motorisée et le piétinement de la végétation halophyte favorisent la formation de brèches dans les systèmes de flèches littorales et de tombolos dunifiés. Ce déséquilibre dans le système dunaire favorise la submersion et l'ensablement dans les lagunes et baies et peut éventuellement modifier l'écologie des milieux humides et aquatiques côtiers, nuisant au maintien de leurs fonctions écosystémiques, à leur qualité et à leur santé générale.

Tous les écosystèmes de la zone côtière constituent des aires de reproduction et d'alimentation pour de nombreuses espèces. On y retrouve une flore et une faune riche et unique. La dégradation de ces écosystèmes côtiers entraînerait des perturbations considérables. Le déclin de la faune ailée et aquatique risquerait de compromettre le maintien de cet équilibre si précieux. L'ensemble des milieux humides, soutenus par les systèmes dunaires, rend des services écosystémiques essentiels. Les marais et les herbiers jouent un rôle dans la filtration et le maintien de la qualité de l'eau potable aux Îles-de-la-Madeleine et diminuent l'érosion. Ils permettent à plusieurs espèces aquatiques et fauniques de s'y reproduire. Du coup, les milieux côtiers participent à la productivité halieutique et cynégétique.

La restauration d'écosystèmes côtiers aux Îles-de-la-Madeleine est donc un enjeu majeur. En effet, les faiblesses de la dune bordière comportent des risques majeurs à certains endroits pouvant entraîner la disparition de tronçons de dune, l'ensablement des milieux aquatiques et humides adjacents et la submersion marine venant complexifier l'écologie naturelle.

Bien qu'efficaces à court terme pour protéger certaines infrastructures de la menace imminente des assauts de la mer, les enrochements, les murets, et les digues sont des méthodes lourdes et coûteuses. Ces structures rigides entraînent malheureusement des effets négatifs collatéraux et augmentent le coincement côtier en réduisant la mobilité naturelle des systèmes dunaires

(Bernatchez, P. et Quintin, C. 2016). Pour ces raisons, il devient essentiel d'innover et de coopérer avec les communautés locales pour contrer les menaces causées par l'érosion côtière sur les écosystèmes des Îles-de-la-Madeleine. C'est pourquoi, depuis plus de 30 ans que l'équipe d'Attention FragÎles favorise l'utilisation des structures souples, adaptées aux systèmes dunaires, inspirées de la nature et dont l'efficacité est reconnue à l'international. Ces structures permettent de capter le sable et éventuellement de le fixer afin que les dunes puissent remplir à nouveau leurs fonctions écologiques et continuer de protéger les écosystèmes connexes. Les interventions de restauration des écosystèmes dégradés, réalisées dans le cadre de ce projet, facilitent le processus de régénération naturelle du système dunaire. Les restaurations dans les dunes protègent les habitats vulnérables dont certains sont essentiels pour des espèces en péril. Par ces actions, les milieux naturels et les infrastructures à proximité bénéficient d'effets positifs.

Le présent projet *Intégration du savoir local et scientifique dans la restauration d'écosystèmes côtiers à grande valeur écologique dans le golfe du Saint-Laurent* vise la réhabilitation d'écosystèmes tels que des herbiers de zostère, des marais maritimes et des systèmes dunaires aux Îles-de-la-Madeleine.

Ce projet est réalisé par une équipe dont l'expertise est diversifiée (géomorphologie, hydrodynamique côtière, restauration côtière, écologie côtière) et appuyée par des partenaires du milieu. L'Université du Québec à Rimouski, en collaboration avec l'Université du Québec à Chicoutimi, assure le suivi scientifique et participe à l'identification des sites et des approches de restauration. Attention FragÎles assure la coordination et la mise en œuvre des mesures de restauration en collaboration avec les partenaires locaux.

Actuellement, plusieurs secteurs comportant des écosystèmes de grande valeur écologique aux Îles-de-la-Madeleine font l'objet d'analyses dans le cadre de l'élaboration du plan de caractérisation des habitats dégradés, notamment parce qu'ils présentent à la fois des caractéristiques démontrant une dégradation de leurs écosystèmes et un potentiel favorable de réhabilitation. Certains d'entre eux présentaient des signes visibles de perturbations majeurs permettant de cibler rapidement des priorités d'intervention. Au cours de l'année 2019-2020, deux sites ont été priorisés, dû à la dégradation rapide et au cumul des effets reliés à l'érosion, à la submersion et aux perturbations anthropiques. Ces sites présentaient notamment des brèches dunaires anthropiques et de l'ensablement suspecté à l'intérieur des milieux humides et aquatiques associés. Les priorités d'intervention identifiées pour les travaux de cette année ont donc été les dunes mobiles protégeant la Baie Clarke à Grosse-Île et le tombolo dunifié de la Dune de l'Ouest dans le secteur de L'Étang-des-Caps. Ces sites ont par conséquent bénéficié d'une caractérisation, de travaux de restauration ainsi que de suivis.

1.1 Objectifs généraux

Les actions réalisées dans le cadre de ce projet visent à améliorer la résilience des écosystèmes côtiers dégradés, afin qu'ils soient moins vulnérables aux aléas climatiques et aux perturbations anthropiques. Ce projet permettra d'intervenir spécifiquement dans des secteurs qui présentent un continuum côtier impliquant à la fois un milieu dunaire, un marais maritime et un herbier aquatique. L'équipe qui compose ce projet est dotée d'une formidable expertise en restauration de ces trois écosystèmes.

Les flèches littorales et les tombolos dunifiés sont essentiels au maintien des écosystèmes aquatiques fragiles situés à proximité. Les interventions de restauration côtière réalisées dans ce projet permettront aux dunes mobiles d'accomplir à nouveau leur rôle de protection des écosystèmes côtiers connexes en dissipant l'énergie des vagues.

Pour ce faire, les équipes d'Attention FragÎles et du Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières (LDGIZC) de l'Université du Québec à Rimouski (UQAR) ont effectué en collaboration des relevés et des études détaillées sur le terrain. L'objectif de ces activités était de cibler des sites dégradés et propices à la réalisation de travaux de restauration dans les dunes mobiles. La planification de ces restaurations côtières a ensuite été réalisée par la chargée de projet d'Attention FragÎles. Puis, ces travaux ont été mis en œuvre par des techniciens et des ouvriers expérimentés de l'organisme. Une implication d'intervenants locaux a été préconisée pour favoriser la transmission des connaissances spécifiques aux écosystèmes côtiers vers la communauté. Finalement, des activités de suivi des secteurs ciblés ont été effectuées à l'aide d'instruments technologiques récents (drone, système DGPS RTK). Ces activités réalisées par une collaboration entre l'équipe d'Attention FragÎles et les professionnels du LDGIZC de l'UQAR ont favorisé un transfert de connaissances vers l'organisme local. Ces compétences nouvellement acquises ont ainsi permis d'améliorer le suivi des travaux ainsi que l'évaluation des effets et du succès des restaurations.

Ce rapport présente les deuxième, troisième et quatrième activités de la première année de ce projet, soient le plan de restauration des habitats dégradés, les résultats des travaux réalisés ainsi que le compte-rendu des activités et des résultats du suivi pour l'année 2019-2020.

1.2 Présentation de l'organisme

Attention FragÎles est un OBNL qui œuvre depuis plus de 30 ans à la protection de l'environnement des Îles-de-la-Madeleine. L'organisme a acquis au fil des ans une crédibilité manifeste dans le domaine de l'environnement auprès de nombreux partenaires locaux et régionaux. Les activités de l'organisme sont réalisées spécifiquement aux Îles-de-la-Madeleine, territoire à l'environnement particulier comportant bon nombre d'habitats protégés et d'écosystèmes fragiles. Plus qu'ailleurs, dans un milieu insulaire comme les Îles-de-la-

Madeleine, l'expertise d'un organisme local bien implanté dans le milieu et connaissant bien ses particularités est un atout indéniable.

Attention FragÎles cumule plus de 30 années d'expérience en restauration d'écosystèmes côtiers, en particulier les milieux dunaires incluant les flèches littorales et les tombolos dunifiés. L'expertise en restauration développée fait appel principalement à des méthodes dites douces qui impliquent l'utilisation de structures souples, principalement composées de matériaux récupérés et biodégradables, visant à capter le sable afin de reconstituer des milieux dégradés. Ces différents modèles de capteurs, conçus et adaptés sur mesure à leur site d'implantation, s'insèrent dans le paysage et ont fait leurs preuves en matière d'efficacité à travers plus de 300 sites restaurés et bénéficiant d'un suivi sur le territoire de l'archipel.

Des mandats externes d'accompagnement et de service-conseil sont également régulièrement réalisés par Attention FragÎles et montrent la polyvalence et la capacité de l'organisme à réaliser des tâches diverses concernant principalement les champs d'expertise suivants :

- Expertise et conseils en environnement ;
- Études et suivis environnementaux ;
- Suivi d'érosion côtière ;
- Restauration de milieux naturels dégradés ;
- Restauration et stabilisation de milieux dunaires ;
- Aménagement d'infrastructures d'accès et de sentiers en milieux dunaires ;
- Cartographie ;
- Caractérisation écologique ;
- Inventaires fauniques et floristiques ;
- Suivis et mesures de protection d'espèces en péril ;
- Surveillance environnementale de chantiers ;
- Planification stratégique, plans d'action, plans de sensibilisation et plans de conservation ;
- Concertation de partenaires ;
- Consultations, ateliers de travail et information du public ;
- Revue de littérature, collecte et analyse de données ;
- Publication de guides, d'outils et d'ouvrages de vulgarisation.

Au cours des années, différentes organisations, ministères et entreprises ont confié des mandats à l'équipe d'Attention FragÎles faisant appel à son expertise environnementale en milieu insulaire.

1.2.1 Historique des projets de restauration réalisés par Attention FragÎles

Depuis 30 ans, l'organisme Attention FragÎles s'occupe de la restauration des dunes mobiles afin d'assurer la protection des milieux naturels des Îles-de-la-Madeleine. Les différents capteurs de

sable mis en place au fil des années ainsi que la plantation d'ammophile à ligule courte (espèce pionnière dominante et indigène) ont démontré leur efficacité dans leur contexte respectif.

Aujourd'hui, l'ensemble des cordons dunaires de l'archipel ont été caractérisés, restaurés et suivis (Figure 1). Prenons des exemples plus récents de la dernière décennie où plusieurs projets de l'organisme ont été consacrés à la restauration dunaire et à sa protection :

- Le projet de *Tournée des cantons sur l'érosion* réalisé en 2009 visait à informer et échanger avec la population des différents villages de l'archipel sur l'érosion côtière et les différentes techniques pour y faire face. Les citoyens étaient aussi invités à partager leurs perceptions au sujet des risques, des conséquences de l'érosion et des solutions à mettre en œuvre. (Attention FragÎles, 2010)

- Le projet *J'y mets mon grain de sable* réalisé entre 2009 et 2011 a permis de restaurer et de faire le suivi de plusieurs secteurs vulnérables sur l'ensemble des cordons dunaires de l'archipel. Des capteurs de sables et des plantations d'ammophile à ligule courte ont été utilisés. Des groupes de citoyens et de jeunes des écoles ont été mobilisés pour ce projet. Au total, 189 sites ont été restaurés avec l'aide de 369 bénévoles. En 2011-2012, un suivi de ces restaurations a été effectué. Ce bilan a permis de constater qu'on observait un rehaussement du niveau de sable de plus de 30 cm sur les structures dans environ 80% des cas après un an et de 50 à 70 cm dans plus de 60 % des sites restaurés après deux ans, soit un succès important. Ce rapport a donc mis en relief l'efficacité des capteurs de sables dans une optique de restauration dunaire. (Attention FragÎles, 2012)

- En 2015, un nouvel inventaire complet des brèches et un suivi des restaurations ont été réalisés sur l'ensemble de l'archipel. Il en a résulté un projet de restauration de tombolos et de flèches littorales dans le but de protéger des milieux humides. Ce projet d'une durée de trois ans (2016-2019) appelé *Restauration dunaire et protection des milieux humides du littoral des Îles de la Madeleine,* réalisé par Attention FragÎles (Leblanc Jomphe, C. 2019) a permis de restaurer 158 sites sur l'ensemble de l'archipel (Figure 1).

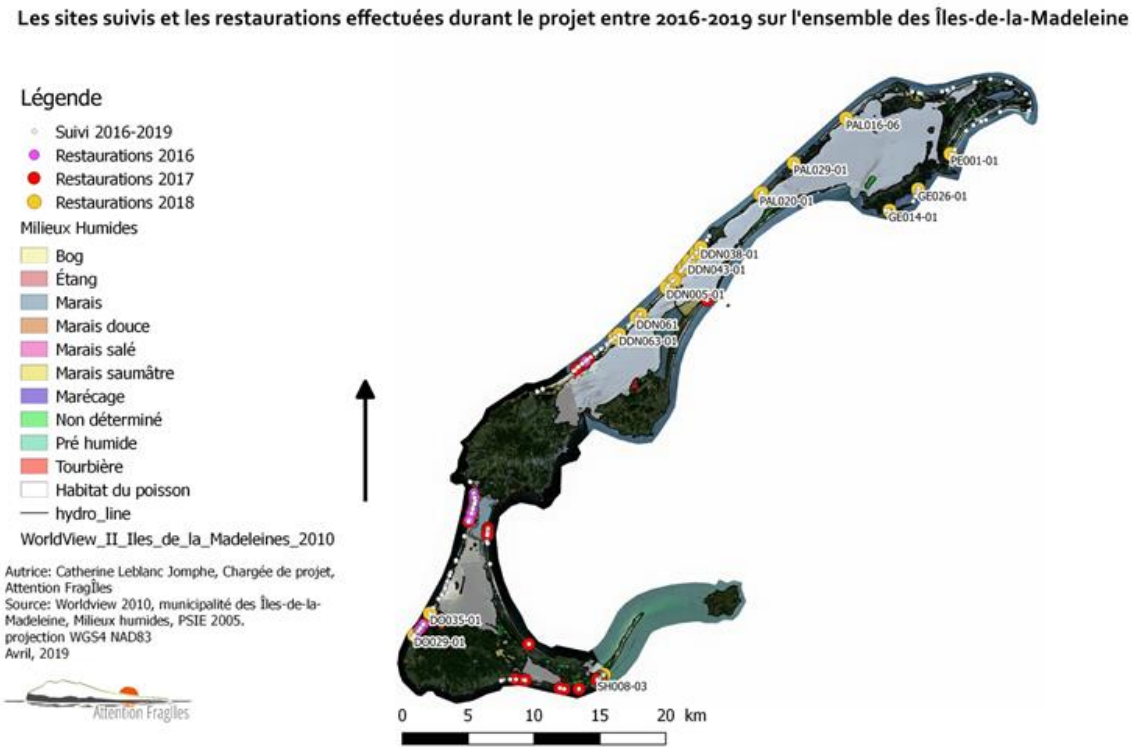


Figure 1. Restaurations effectuées lors du projet Restauration des milieux dunaires et protection des milieux humides du littoral des Îles-de-la-Madeleine entre 2016 et 2019

Au fil de la réalisation de ces différents projets, les techniques de restauration utilisées se sont bonifiées notamment grâce aux suivis réguliers (projets de plus d'un an) et aux différentes techniques testées dans différents environnements et avec divers matériaux. Les résultats sont très concluants et on observe la consolidation d'une majorité des secteurs dunaires restaurés. Ces efforts pour le maintien de l'équilibre dunaire se doivent d'être maintenus et soutenus dans un contexte où les catastrophes naturelles et leurs conséquences se feront de plus en plus importantes.

1.3 Présentation du territoire

Les Îles-de-la-Madeleine sont structurées autour d'un axe routier principal, la route 199, construit en partie sur des tombolos dunifiés reliant six îles de l'archipel entre elles (Grande-Entrée, Grosse-Île, Pointe-aux-Loups, Havre-aux-Maisons, Cap-aux-Meules et Havre-Aubert). Uniquement accessible par voie navigable ou aérienne, la septième île habitée, L'Île-d'Entrée, est la seule qui n'est pas reliée par la route. Elles sont divisées en deux municipalités, soit celle des Îles-de-la-Madeleine et celle de Grosse-Île, qui ensemble, forment la Communauté maritime des Îles-de-la-Madeleine (CMÎ). La CMÎ a les mêmes prérogatives qu'une municipalité

régionale de comté (MRC). Elle est également gestionnaire des terres publiques de l'archipel, responsabilité qui lui est déléguée depuis 2015 par le ministère de l'Énergie et des Ressources Naturelles (MERN) à la suite de la signature d'une convention de gestion territoriale (CGT). Face à la vulnérabilité de l'archipel à l'érosion côtière (Bernatchez et al., 2012), la CMÎ peut soutenir la mise en œuvre de mesures adaptatives sur l'ensemble de son territoire.

L'archipel est situé en plein cœur du golfe du Saint-Laurent, ce qui en fait un milieu géomorphologique très dynamique. Le substrat rocheux des Îles reste fragile et mobile, car il se compose en majorité de roches friables telles que le grès rouge, le grès vert, le sable et le gypse (Figure 2). Il existe quelques socles de roches plus résistantes aux agressions hydroclimatiques et anthropiques comme le basalte, mais celles-ci sont minoritaires. Le reste étant composé de systèmes côtiers sableux (Massé et al., 2011).

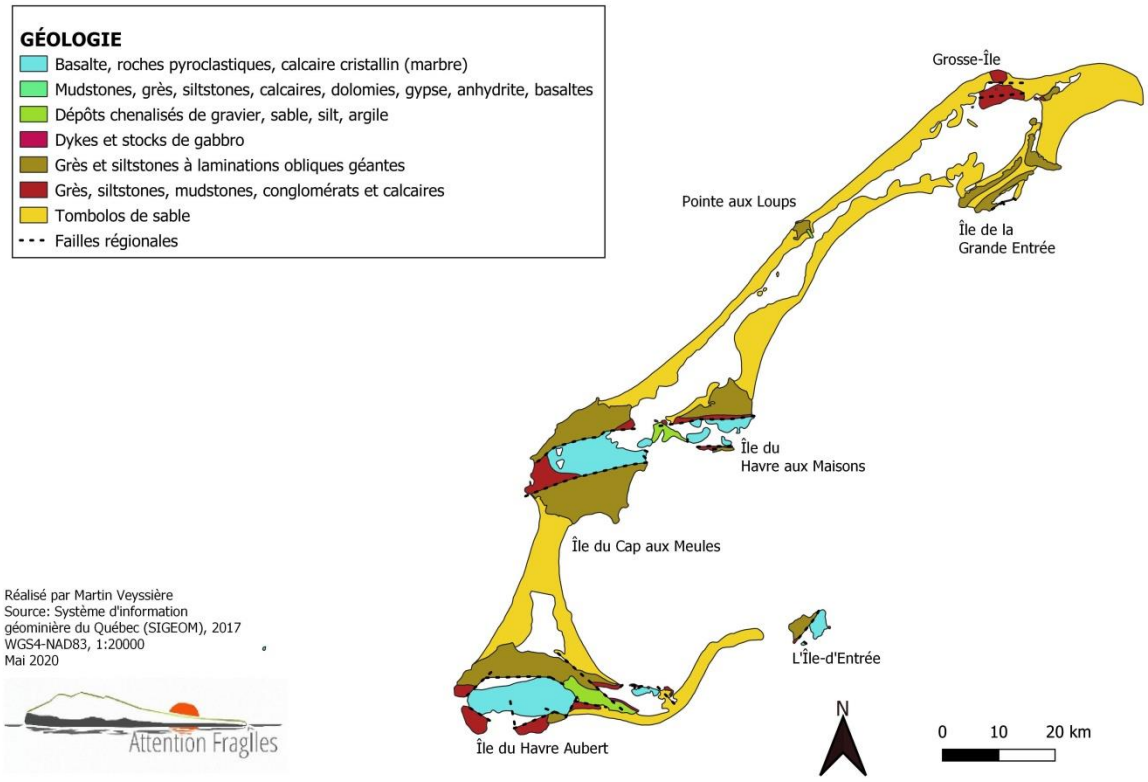


Figure 2. Carte géologique des Îles-de-la-Madeleine

L'archipel, de par sa fragile constitution, subit une érosion côtière importante sur la majorité de ses 235 km de côtes. Le taux moyen de déplacement de l'ensemble du littoral entre 1963 et 2008 a été de -0,24 m/an tout type de côte confondu (Bernatchez et al., 2012). Cette valeur moyenne masque toutefois des valeurs beaucoup plus importantes, notamment pour la cellule hydrosédimentaire de la Pointe aux Loups où le taux de déplacement a atteint en moyenne -0,70 m/an et de -0,62 pour la Dune de l'Ouest (Bernatchez et al., 2012). D'ici 2060, 81 % de son littoral extérieur sera en érosion (Bernatchez et al., 2012). Elles sont donc vulnérables aux ondes

de tempêtes, mais aussi à la hausse du niveau marin. En effet, l'archipel des Îles-de-la-Madeleine, en raison de son enfoncement isostatique (subsidence) est l'une des régions du monde où la hausse du niveau marin relatif a été la plus importante avec une valeur de 4,3 mm/an depuis 1964 (Barnett et al., 2017) ce qui dépasse largement la valeur mondiale moyenne de 1,9 mm/an (Church et White, 2011). Il est fort probable que la hausse du niveau marin relatif atteigne 0,4 m d'ici 2050 aux Îles-de-la-Madeleine (Barnett et al., 2017). Selon l'*U.S Geological Survey (USGS)*, les conséquences des inondations extrêmes par onde de tempête pourraient augmenter si la montée des eaux alimentée par les changements climatiques n'est pas ralentie. En d'autres termes, cela signifie que les événements autrefois exceptionnels, comme des tempêtes majeures, deviendront courants (CATNAT, 2020). De plus, la hausse généralisée des températures accélère la diminution du couvert de glace en hiver qui sera particulièrement importante pour les Îles-de-la-Madeleine en raison de sa position géographique. La diminution de la durée d'englacement près de la côte (pied de glace) pour l'horizon 2055 devrait être de 61 jours du côté de Pointe-aux-Loups et de 67 jours du côté de la baie de Plaisance (Corriveau et al., 2019). Cette diminution aura pour conséquence d'exposer davantage le littoral aux fortes tempêtes annuelles (Ruest et al,. 2016). En effet, le recul du trait de côte s'est avéré plus important lors des années de faible englacement (Bernatchez, et al., 2015).

Dans le cadre de la première année du projet, deux secteurs sur le territoire des Îles-de-la-Madeleine, montrant des signes évidents de dégradation sur l'ensemble du continuum côtier, ont été priorisés pour la réalisation de travaux de restauration (Figure 3). D'abord, le site de la Baie Clarke situé sur la flèche littorale de la Pointe de l'Est au nord-est de l'archipel sur le territoire de la municipalité de Grosse-Île. Ce site est très perturbé par l'érosion anthropique et éolienne. Malgré sa fragilité et l'état de dégradation observé, il est facile d'accès et présente un fort potentiel de répondre favorablement à la mise en œuvre de travaux de restauration. Le secteur ciblé pour ces interventions est d'autre part un lieu d'importance pour la communauté de Grosse-Île. Le second secteur est celui de L'Étang-des-Caps, situé au sud-ouest du tombolo de la Dune de l'Ouest sur l'île de Havre Aubert. La côte connaît un recul important de la ligne de rivage. Quant au site à l'étude, celui-ci subit une pression immense par la submersion marine et la mobilité de son goulet. Ces deux secteurs présentent des reliefs littoraux vulnérables à l'érosion côtière (tombolos, flèches littorales, dunes paraboliques), mais aussi des écosystèmes côtiers à protéger tels que des marais maritimes, des baies et des lagunes abritant de riches herbiers aquatiques.

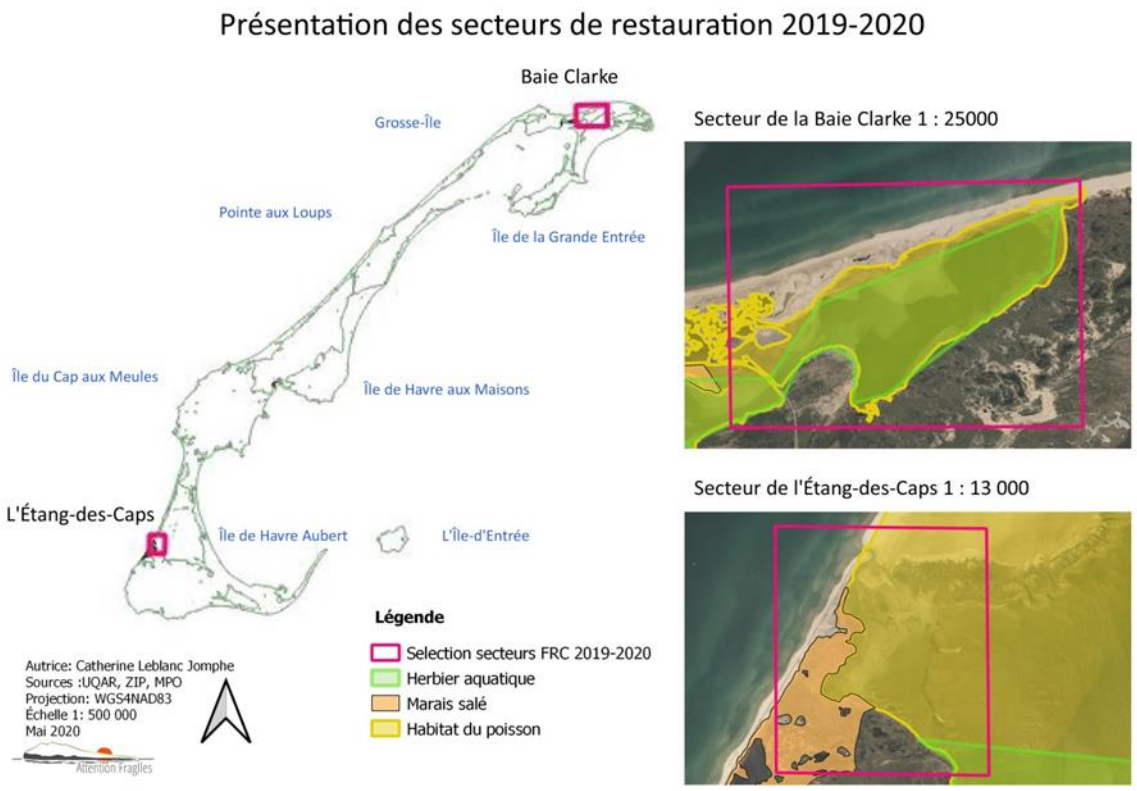


Figure 3. Secteurs de restauration priorisés pour 2019-2020

1.4 Présentation des sites à restaurer

Les zones côtières des Îles-de-la-Madeleine nécessitent une attention particulière en tout temps due à leur grande vulnérabilité à l'érosion côtière. Les composantes du système côtier telles que les plages, les dunes mobiles, les dunes semi-fixées et fixées jouent des rôles essentiels dans le maintien de la qualité des écosystèmes littoraux et marins. Leur apport dans la protection des écosystèmes d'importance écologique comme les herbiers de zostère et les marais à spartine est non négligeable.

L'ensemble de la zone côtière de l'archipel est abondamment fréquenté par les Madelinots et les visiteurs. Certaines de ses plages sont plus accessibles que d'autres et sont très achalandées. Les plages plus éloignées ne sont pas pour autant épargnées. Les pratiques suivantes, pour n'en citer que quelques-unes, entraînent une pression anthropique sur la biodiversité et le maintien de l'équilibre des dunes :

- la circulation motorisée et piétonne ;

- la cueillette de mollusques et de petits fruits ;
- la pêche côtière au filet et la pêche sportive ;
- la chasse aux oiseaux migrateurs;
- les sports de glisse et de vent.

Ce projet vise notamment à favoriser l'adoption de comportements adaptés à la fragilité du milieu lors de la pratique de ces activités ainsi qu'une meilleure harmonisation des usages. La pérennité même de ces usages est menacée par certains comportements. En effet, la récurrence des mauvaises pratiques, même par une minorité d'utilisateurs, perturbe et dégrade profondément les milieux naturels. Une brèche anthropique favorise l'apparition d'une brèche de tempête et peut être tout autant dommageable pour les associés. À cet effet, l'équipe d'Attention FragÎles intervient en priorité sur les brèches dunaires d'origine anthropique pour favoriser de meilleures chances de succès pour consolider les dunes. La restauration des sites visés et des brèches dunaires associées se fait au niveau de la ligne de rivage (ou trait de côte) et dans la dune mobile, là où le sable est libre et déplacé par le vent. Les structures souples installées permettent de capter le sable et ainsi d'améliorer la stabilité de la dune en maintenant une bande de sable continue et homogène. Ce faisant, la dune bordière consolidée et retrouvant son équilibre est moins vulnérable aux vents forts et aux vagues de tempête et offre une protection optimale des écosystèmes qui se trouvent en arrière (marais à spartine, herbiers aquatiques). En effet, une plage au profil naturel, avec une pente douce et une dune bordière, est la meilleure protection contre l'érosion, car elle absorbe l'énergie des vagues lors de tempêtes et de grandes marées.

Les secteurs visés par le projet correspondent à des cordons dunaires mitoyens entre le milieu marin et aquatique (milieux humides et plans d'eau intérieurs). Ces cordons peuvent être très étroits ou déstabilisés par des brèches et les risques de submersion par les vagues de tempête marine pourraient affecter considérablement les milieux humides et aquatiques adjacents. S'ajoutent également les conséquences d'aléas tels que l'ensablement, la submersion, l'érosion, les changements physico-chimiques de l'eau, la prolifération d'espèces exotiques.

Dans le cas de l'ensablement, celui-ci pourrait être causé par un apport éolien provenant des systèmes dunaires (caoudeyres, brèches et dunes actives, en particulier lorsque ceux-ci sont déstabilisés ou dégradés) ou par des apports sédimentaires ayant lieu lors de débordements de tempêtes (larges brèches de tempête, tombolos et flèches littorales peu élevés présentant une végétation dégradée). Avec le temps, un ensablement risquerait de diminuer la superficie occupée par les marais maritimes et les herbiers de zostère marine par la progression d'un système dunaire vers les lagunes ou entraîner la mort de ces plantes par un ensablement trop important de la surface foliaire (Mills, K. E., & Fonseca, M. S. 2003).

L'effet cumulé des perturbations anthropiques à celles naturellement existantes pourrait engendrer la disparition d'écosystèmes de grande valeur écologique. Pour intervenir en respectant les écosystèmes, il faut avant tout contextualiser le cordon dunaire dans sa cellule

hydrosédimentaire et dans sa région biogéographique. S'assurer de la description et de l'analyse de la cellule sédimentaire doit être le socle premier de l'organisation des travaux de restauration. Un ajustement est réalisé par la suite en fonction de l'évolution, du succès des interventions passées et des données de prévisions accessibles sur la dynamique côtière du secteur visé.

Dans la réflexion qui a mené à la création de ce projet, trois grands secteurs ont été préalablement ciblés, soit le secteur du Bassin aux Huîtres sur l'Île de la Grande Entrée, celui de la Baie Clarke à Grosse-Île et finalement celui de L'Étang-des-Caps sur l'Île de Havre Aubert. Ils feront tous l'objet d'études approfondies et d'évaluations sur leur santé écosystémique. Toutefois, pour cette première année de projet qui a comporté des travaux de restauration du milieu dunaire, deux secteurs ont été priorisés. Ces secteurs ont visiblement démontré et présentent encore des signes de dégradation majeure sur les dunes, les marais et/ou les herbiers à zostère. Ce sont donc, comme mentionné plus haut avec la Figure 3, les secteurs de la Baie Clarke et de L'Étang-des-Caps qui ont été restaurés en 2019.

1.4.1 Présentation de la Baie Clarke

Le secteur nommé Baie Clarke, en raison de son plan d'eau intérieur du même nom, fait partie du grand système complexe de la Pointe de l'Est. Cette baie est exposée du côté nord de cette immense flèche littorale reliant le Cap du Dauphin à la pointe d'Old Harry. Le secteur auquel on s'intéresse ici (Figure 4) présente différents types de formations géomorphologiques. Évidemment, on y retrouve une baie d'eau généralement peu profonde où les échanges d'eaux se font avec la Lagune de la Grande-Entrée, et ce, à chaque marée. Jusqu'à maintenant, la présence de zostère y est confirmée. Dans son système côtier, un marais maritime est bien présent, peuplé par de la spartine. Quant au système dunaire connexe, son espace entre baie et mer varie d'au moins 300 mètres à environ 50 mètres. Cette partie de flèche littorale est généralement mobile avec quelques secteurs fixés au niveau des dépressions dans le relief qui sont peuplées par de la végétation de marais dulcicole. La dune bordière est colonisée par l'ammophile et présente quelques brèches anthropiques en plus d'un recul annuel du trait de côte. L'intérieur du système dunaire est aussi très dynamique et les premiers sites restaurés se retrouvent dans une dune parabolique. Ce système dunaire mobile, plus éloigné du rivage, est composé de quelques cuvettes de déflation en « U » dont les pointes sont orientées face au vent et résultent d'une forte érosion éolienne. Le sommet de la dune parabolique est nourri par le sable disponible provenant de l'érosion du littoral et des caoudeyres à proximité. Le transport de sédiments dans cette zone se fait par les vents du nord-ouest et du nord-est qui y sont particulièrement violents.

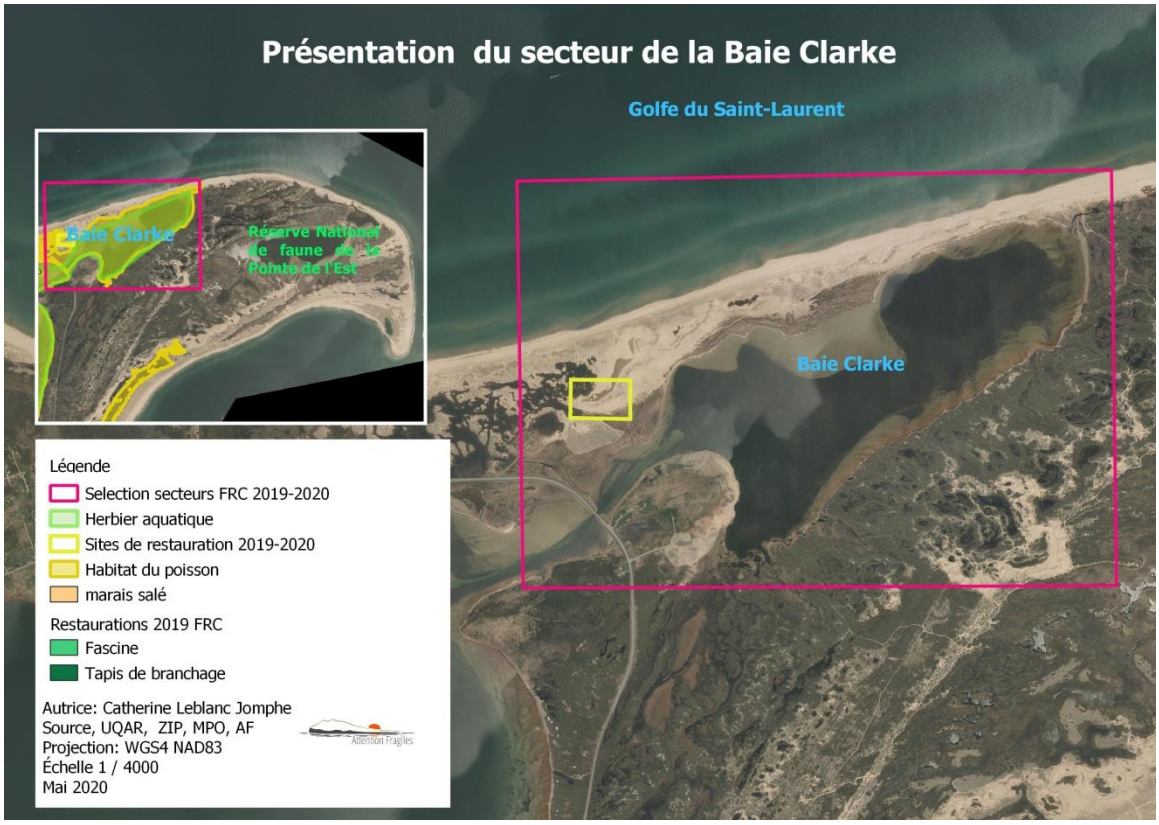


Figure 4. Secteur de la Baie Clarke

Au cours des dernières années, un réseau minimal de sentiers (RMS) a été aménagé dans l'ensemble de la Pointe de l'Est (Bourgeois et al. 2018). Il traverse notamment cette dune parabolique, située sur le territoire du refuge faunique de la Pointe-de-l'Est, propriété du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP). Ce RMS est le résultat de quatre années de travail des principaux acteurs concernés et des utilisateurs concertés autour du Comité de travail de la Pointe de l'Est, coordonné par d'Attention FragÎles. La mise en place de ce RMS visait à rationaliser et à mieux encadrer la circulation de véhicules motorisés, en intégrant les préoccupations pour la protection des milieux sensibles et des habitats fauniques dans l'aménagement des sentiers. Les travaux qui se poursuivent dans le secteur de la Pointe de l'Est autour du RMS, par d'autres projets d'Attention FragÎles et de partenaires, soutenus notamment par le Service canadien de la faune et des contributions financières d'Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) (notamment pour le secteur de la réserve nationale de faune de la Pointe-de-l'Est), visent à long terme un changement de pratiques des utilisateurs et une meilleure protection des habitats de la Pointe de l'Est. Déjà, depuis l'instauration et la signalisation du RMS (2018-2019), on observe une amélioration de la situation. D'un milieu fortement dégradé et impacté par les effets de la circulation motorisée non encadrée (présence de plus de 300 km de traces et de sentiers en 2015), il est passé à un réseau autorisé d'une trentaine de kilomètres qui permet aux usagers d'accéder aux secteurs prisés pour leurs activités de randonnée, de chasse, de cueillette ainsi qu'aux propriétaires privés d'accéder à leurs chalets. Le réseau de sentiers défini et mis en place avec les utilisateurs

semble répondre à leurs besoins et être assez bien respecté. Des signes de régénération des milieux environnants sont observables. Ces aspects représentent donc des conditions favorisant le succès et la pérennité des travaux de restauration dunaire réalisés dans ce secteur dans le cadre du présent projet.

La dune parabolique du secteur de la Baie Clarke présente une déstabilisation importante, due aux nombreuses années de circulation motorisée non encadrée. Cette circulation a entraîné une dégradation importante des milieux naturels ainsi que la formation de brèches anthropiques (Figure 5) qui rendent les dunes plus vulnérables à l'érosion éolienne. Selon les observations effectuées sur le terrain et grâce à la photo-interprétation, le constat est évident. Le vent circule librement dans les brèches et déplace beaucoup de sédiments au-delà du système dunaire, ce qui crée de l'ensablement dans le marais maritime et la Baie Clarke situés derrière celui-ci.



Figure 5. Traces causées par la circulation motorisée dans le secteur de la Baie Clarke

L'accumulation de sable en zone humide et dans les marais maritimes bouleverse l'équilibre écosystémique existant par une destruction progressive de la richesse floristique et faunique. L'ensablement contribue à l'étouffement et à la destruction des sols riches et vivants. De cette manière, la végétation de milieux humides ne peut plus s'y développer. Quant aux espèces fauniques telles que des oiseaux migrateurs, ces derniers ne peuvent plus subvenir à leurs besoins essentiels (nourriture et nidification). Ainsi, ces zones tampons exposées aux menaces anthropiques et naturelles ne peuvent plus exercer leurs rôles pourtant essentiels qui consistent à réguler l'accumulation d'eau issue des précipitations, à alimenter la recharge des nappes phréatiques, à séquestrer le carbone, à piéger les polluants chimiques et à recycler les nutriments. C'est pourquoi en 2019, neuf sites (BC010-BC018) ont été restaurés sur cette dune fortement dégradée, afin de limiter les pertes d'habitats associées.

Des processus d'érosion sont aussi observés sur la dune bordière de la flèche littorale qui protège la Baie Clarke. Les brèches anthropiques qui s'y trouvent feront partie du plan de restauration de 2020. En plus des brèches anthropiques, le courant oblique à la côte (dérive littorale) entraîne un transport de sédiments important qui creuse la dune bordière. Il peut en résulter des brèches de tempêtes qui amplifient la vulnérabilité de celle-ci aux phénomènes érosifs naturels (dérive littorale, vents).

En ce qui concerne la biodiversité, la Pointe de l'Est abrite des habitats importants servant de haltes aux oiseaux migrateurs, en particulier aux oiseaux de rivage, et de lieux de reproduction pour plusieurs espèces dont certaines sont en péril. On y retrouve plus de 150 espèces d'oiseaux et une dizaine de mammifères. En plus des territoires protégés de la réserve nationale de faune (ECCC) et du refuge faunique (MFFP), on retrouve une Zone importante pour la conservation des oiseaux (ZICO QC009 : l'Île de l'Est) ainsi que des secteurs identifiés comme des habitats essentiels pour deux espèces en péril. En effet, une partie du littoral de la Pointe de l'Est est un habitat essentiel pour le Pluvier siffleur, une espèce désignée en voie de disparition (LEP) et menacée (LEMV) qui niche sur les plages du secteur. Plusieurs plans d'eau abrités de la Pointe de l'Est sont également des habitats essentiels servant de lieu de nidification au Grèbe esclavon, aussi désigné espèce en voie de disparition (LEP) et menacée (LEMV). Les dunes fixées sont colonisées par le Corème de Conrad, une espèce floristique menacée (LEMV), et d'Hudsonie tomenteuse, une espèce susceptible d'être désignée comme menacée ou vulnérable (LEMV). La Baie Clarke est connue comme un écosystème prolifique pour la zostère. Lors de visites terrain et grâce à la photo-interprétation par drone, des marais à spartine ont pu être repérés. La spartine est une plante qui ne vit que dans les marais maritimes. Ces marais à spartine jouent un rôle efficace pour lutter contre l'érosion côtière et filtrer les polluants. En effet, la densité du système racinaire des spartines permet de stabiliser les sols à proximité et de disperser l'onde des vagues de submersion. La moitié des marais à spartine a disparu depuis le début du 20^{e} siècle au Québec. Leur importance pour la biodiversité, mais aussi pour la protection des activités humaines doit être valorisée.

1.4.2 Présentation de la Dune de l'Ouest

Aux Îles-de-la-Madeleine, la Dune de l'Ouest est la portion ouest du tombolo double qui relie les îles du Cap aux Meules et de Havre Aubert (Figure 3). D'une longueur de 8,7 km, elle est traversée par un seul goulet qui permet l'échange d'eau avec la Baie du Havre aux Basques. Le secteur de plage plus au nord est nommé le Corfu en hommage à son épave, du même nom, toujours présente sur son littoral. La section située au sud-est de la Dune de l'ouest est accessible par L'Étang-des-Caps sur le chemin de la Dune de l'Ouest. Elle présente une grande diversité d'écosystèmes comprenant des falaises de grès rouge, des dunes de sable fixes et mobiles, des lagunes, des prairies salines, des marais, d'immenses plages et des étangs d'eau douce, saumâtre et salée.

La Dune de l'Ouest, aux Îles-de-la-Madeleine, est à la fois d'une importance majeure et l'une des dunes bordières les plus fragiles de l'archipel. Cette dune protège l'intérieur des terres présentant des habitats diversifiés importants pour de nombreuses espèces et pour le maintien de l'intégrité des écosystèmes. En effet, elle abrite des habitats d'importance pour les oiseaux migrateurs, particulièrement pour les oiseaux de rivage. Cette zone est d'ailleurs reconnue comme Zone importante pour la conservation des oiseaux (ZICO QC003: Lagune du Havre aux Basques et plage de l'Ouest). Cette ZICO abrite un nombre significatif de Pluviers siffleurs et de Sternes pierregarins durant la saison de nidification ainsi que d'importantes concentrations de limicoles au cours de la

migration automnale. Les plages de la Dune de l'Ouest abritent des habitats essentiels où niche le Pluvier siffleur, espèce en désignée en voie de disparition (LEP) et menacée (LEMV). De plus, le secteur comprend aussi la Zone d'interdiction de chasse (ZIC) la plus importante du territoire de l'archipel, soit celle du Havre aux Basques. Les limites est et ouest de cette zone sont parallèles à la ligne des hautes eaux ordinaires de la Baie de Plaisance et du golfe du Saint-Laurent. On retrouve également dans ce secteur des habitats floristiques désignés pour une espèce menacée (LEP, LEMV), l'Aster du golfe Saint-Laurent.

Ce secteur soutient des activités variées, telles que la chasse à la sauvagine, la pêche sportive (anguille et éperlan) et la cueillette de petits fruits. Ces activités contribuent à l'augmentation de la circulation de véhicules motorisés à des fins utilitaires et récréatives. Bien que la circulation sur cette plage soit permise de manière saisonnière entre le 15 septembre et le 30 avril, une circulation en arrière dune, où sont pratiquées plusieurs activités, est tout de même observée. Comme mentionné précédemment dans la section 1.4.1 pour le RMS dans la Pointe de l'Est, Attention FragÎles, ses partenaires et les utilisateurs ont pu aménager un sentier unique et balisé sur l'ensemble de la Dune de l'Ouest. Ce projet réalisé entre 2017 et 2019 dans le cadre d'un projet de rationalisation des sentiers VTT et financé par la Fondation de la Faune du Québec (FFQ), avait également permis de restaurer plusieurs brèches anthropiques en lien avec la circulation motorisée.

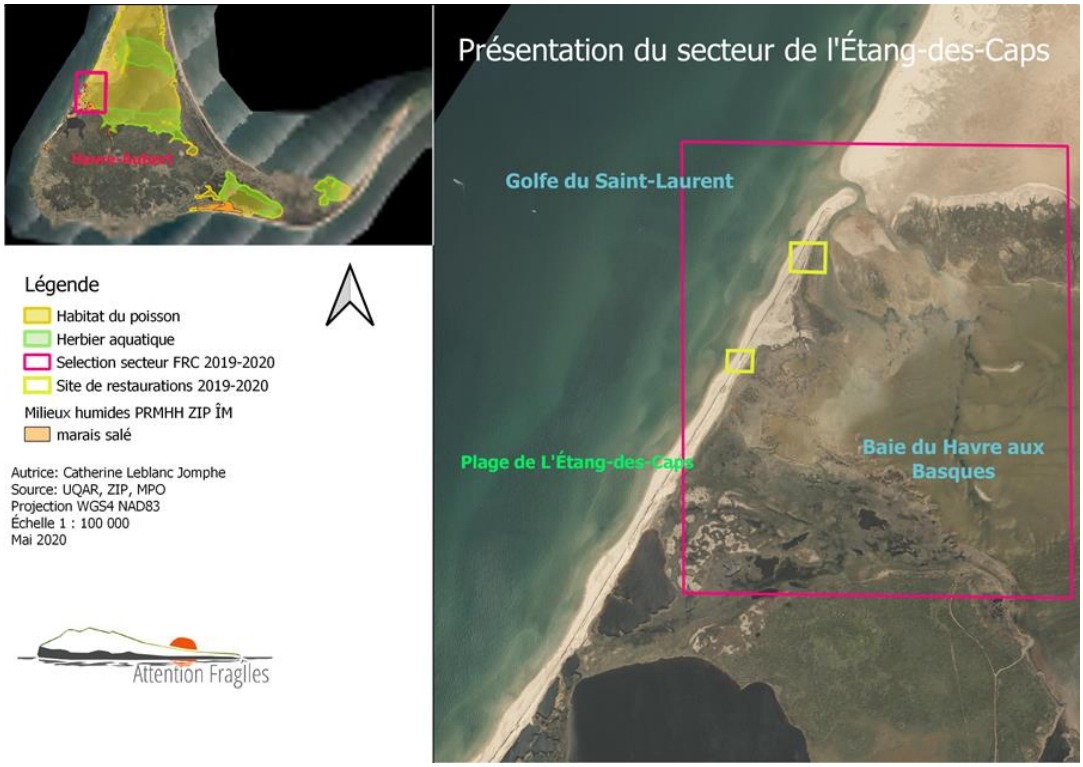


Figure 6. Secteur de L'Étang-des-Caps

Ce système dunaire est particulièrement vulnérable à l'érosion et à la submersion. C'est à la hauteur du goulet du nord qui assure les échanges d'eau entre la Baie du Havre aux Basques et le golfe du Saint-Laurent que l'impact de l'érosion est le plus grand (Figure 6). Ce goulet s'ouvre de manière intermittente lors des grandes marées ou des tempêtes.

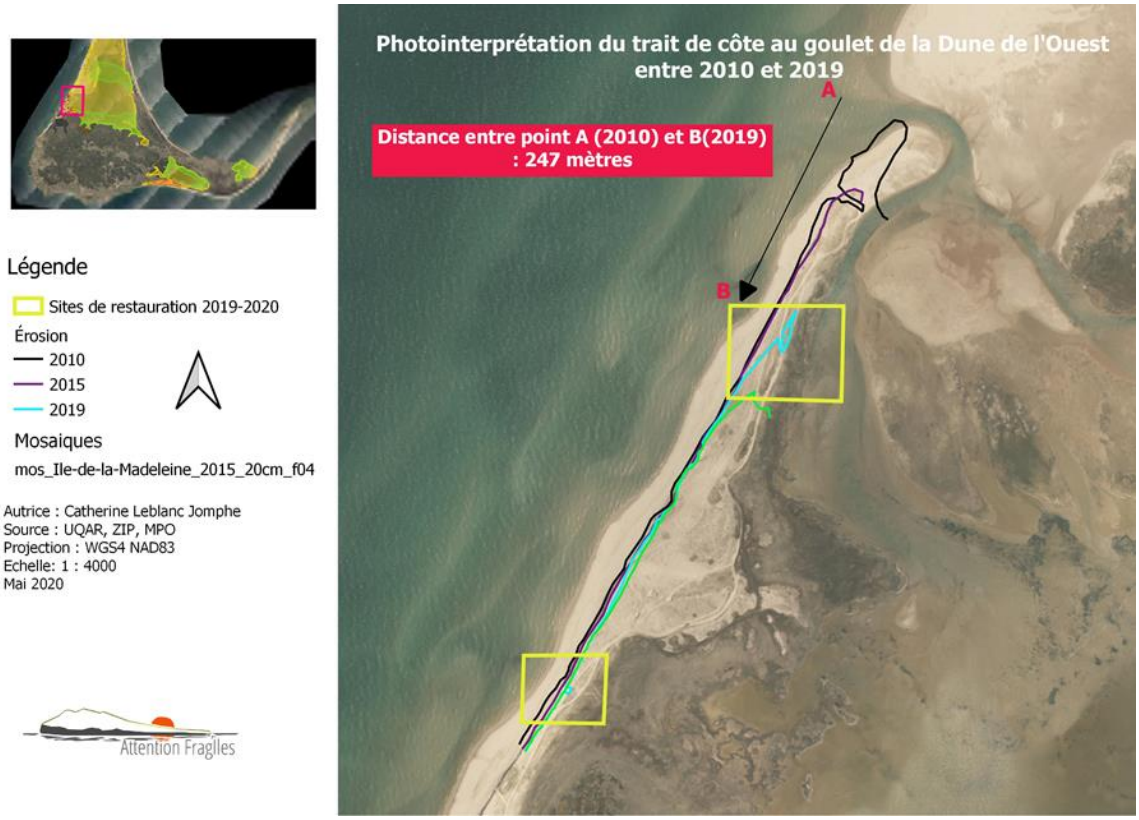


Figure 7. Trait de côte entre 2010 et 2019 au goulet de L'Étang-des-Caps

L'augmentation du niveau de l'eau et la fréquence des tempêtes expliquent le recul du trait de côte dans le secteur de l'unité hydrosédimentaire (figure 9) de la Dune de l'Ouest. Comme le montre la carte précédente (Figure 7), le recul de la pointe est rapide. En effet, la comparaison des relevés effectués en 2010 sur la pointe et ceux de 2019 permettent d'observer un recul de 247 mètres. L'équipe d'Attention FragÎles, avec le soutien du LDGIZC de l'UQAR, a donc entrepris de consolider l'embout de la dune bordière pour éviter une ouverture trop grande du goulet. L'espace de liberté de ce goulet est déjà très important, le milieu est extrêmement dynamique et on assiste vraisemblablement à une importante augmentation des niveaux d'eau. De ce fait, la largeur de la plage semble rétrécir chaque année, ce qui rend la dune végétalisée extrêmement vulnérable à la submersion.

2 Méthodologie

Cette section-ci présente la méthodologie créé en collaboration avec de LDGIZC spécialement pour ce projet et les techniques sont utilisé en 2019-2020. L'ensemble des actions sont réalisées en vue de produire et de développer les connaissances scientifiques et pratiques, soutenues par une réflexion et une démarche issues des innovations de la recherche. La collaboration avec les communautés locales en est un bel exemple. La co-construction permet de cibler les bonnes informations et les meilleurs indices.

2.1. Identification des secteurs prioritaires

Les étapes du protocole d'identification des secteurs prioritaires à restaurer permettent de cibler les écosystèmes côtiers qui sont à la fois dégradés ou à risque de l'être, et qui sont les plus susceptibles de bien répondre aux interventions prévues dans le cadre de ce projet. Les secteurs priorisés montrent une dégradation de l'état des écosystèmes, font partie d'un continuum côtier et rencontrent des critères de base favorisant une réponse positive aux interventions.

2.1.1 Dégradation observée

Les secteurs prioritaires qui seront restaurés à l'été 2021 pourront être identifiés à l'aide du Portrait des écosystèmes côtiers dégradés en voie d'être produit par le LDGIZC en partenariat avec Attention FragÎles. Ce rapport présentera de façon cartographique l'évolution des écosystèmes côtiers, ciblera les secteurs dégradés ainsi que les causes de détérioration. Les expertises scientifiques et techniques du LDGIZC combinées à la connaissance du territoire et au lien avec la communauté propre à Attention FragÎles permettront de produire un ouvrage de référence précieux pour la restauration d'écosystèmes côtiers dans le futur.

Pour l'année en cours, les secteurs dégradés ont d'abord été ciblés à partir de la bonne connaissance du territoire de l'archipel d'Attention FragÎles.

2.1.2 Continuum côtier

Aux Îles-de-la-Madeleine, les marais maritimes et les herbiers de zostère sont généralement localisés dans les lagunes abritées par des tombolos ou des flèches littorales. Ce continuum côtier est nécessaire au maintien des écosystèmes aquatiques situés dans les plans d'eau intérieurs. Le projet de restauration en cours cible principalement ce type d'environnements. Voici les éléments présents dans ce continuum côtier :

- Une flèche littorale correspond à une accumulation de sable rattachée à la côte s'étirant parallèlement à celle-ci et dont l'extrémité est libre.
- Le tombolo est une accumulation de sable reliant une île à la côte voisine, nourri par les sédiments issus de l'érosion et de la dérive littorale.
- Le marais maritime est un milieu humide salé, en partie inondé par la mer, la baie ou la lagune à marée haute, généralement colonisé par des plantes aquatiques ou halophytes en fonction du degré de salinité de l'eau.
- L'herbier de zostère est une colonie de zostère marine vivant majoritairement dans le bas estran et le début de la zone infralittorale. Elles colonisent les milieux tels que les estuaires, les plans d'eau intérieurs (lagunes, baies), le plus souvent des domaines vaseux et sableux.

2.1.3 Facteurs déterminants pour le choix des secteurs

Afin que les secteurs réagissent positivement aux interventions, les facteurs suivants sont déterminants pour le choix du site et la continuité du suivi :

- l'accessibilité au site ;
- la dynamique saisonnière (fréquence des tempêtes, présence ou absence de pied de glace) ;
- la réussite du maintien des suivis ;
- les usages (circulation motorisée, sports de glisse et de vents, etc.).

2.2 Acquisition de connaissances sur les secteurs ciblés

Les répercussions positives de notre geste sur les différents secteurs sont souhaitées. Pour ce faire, il importe de bien comprendre leur dynamique respective. Quoi qu'il en soit, une simple addition ou soustraction peux changer une multitude de facteurs entrainant réaction différentes et des impacts prévisibles sur leur environnement. Il est donc important de mettre les écosystèmes dans leur contexte avant d'entreprendre des actions dans ces milieux côtiers fragiles.

2.2.1 Connaissance de la dynamique sédimentaire du milieu et du contexte géomorphologique

Cette étape se traduit par l'étude de l'évolution du système dunaire et de son comportement en marge des autres écosystèmes. La dynamique côtière est composée de plusieurs variables. L'érosion, l'accrétion, la submersion, les courants littoraux et le profil des côtes sont tous des facteurs importants à considérer dans le contexte côtier.

Dans le cadre de ce projet, le mandat d'Attention FragÎles est principalement orienté vers la santé du système dunaire, s'intéressant surtout à l'évolution du trait de côte. Ce dernier est la limite géographique entre le domaine marin et le domaine terrestre. Elle correspond à la limite supérieure à laquelle les eaux marines (houle de tempête) peuvent parvenir. Mobile, le trait de côte modifie le paysage et doit être définie en fonction du type de côte. La visée principale de celle-ci est de représenter correctement l'état global du littoral. Les indicateurs du trait de côte répondent généralement à des critères géomorphologiques qui permettent de cartographier les limites estran-dune ou limite d'érosion.

Les stations de suivi et les données locales récoltées par le LDGIZC (Figure 8) permettent de faire le portrait de l'évolution du trait de côte depuis 2006. Chaque printemps, les stations sont mesurées et permettent de mesurer le recul ou l'avancement du trait de côte, d'identifier et de surveiller les sites les plus vulnérables. Les études prévoient que seulement 14% des côtes des Îles-de-la-Madeleine seront en accrétion contre 81% en érosion d'ici 2060 (Bernatchez, P., Drejza, S. et Dugas, S. 2012).

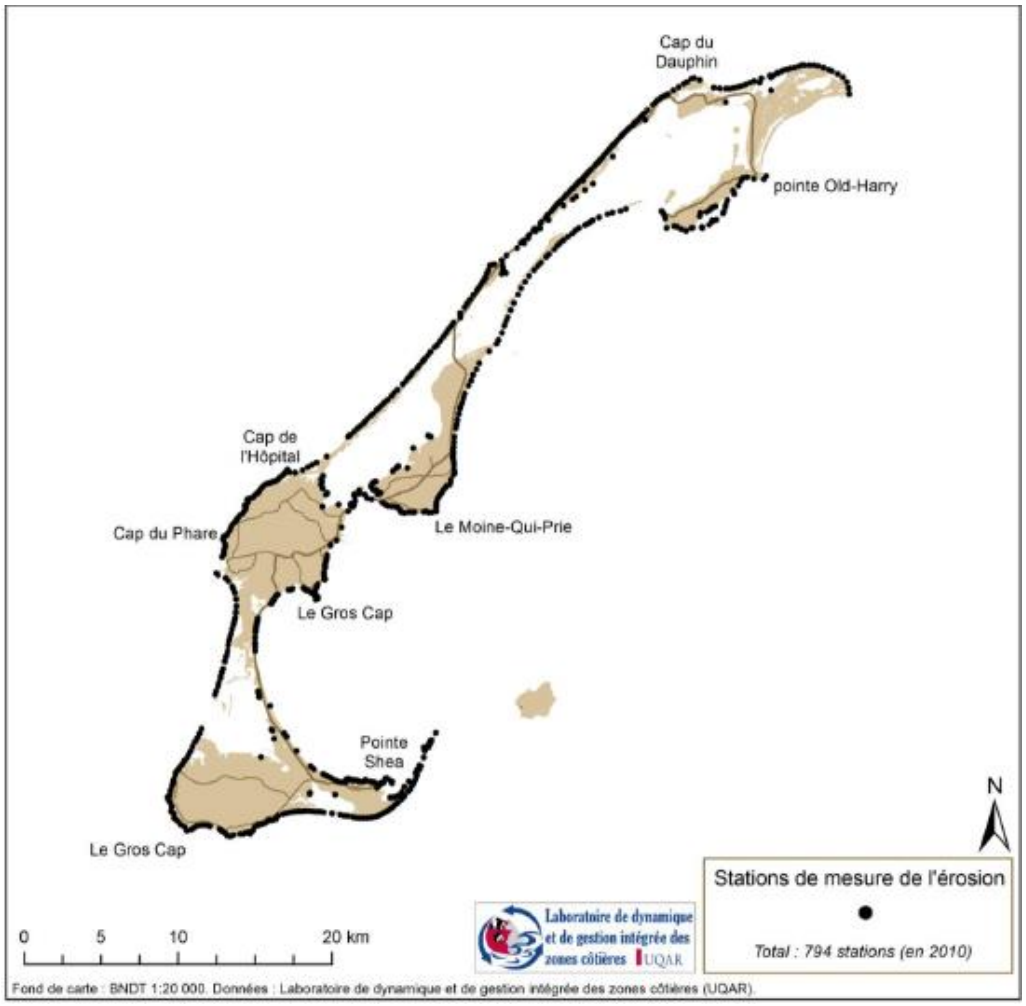


Figure 8. Stations de mesures pour le suivi de l'évolution de la ligne de rivage et du trait de côte sur l'ensemble des côtes des Îles-de-la-Madeleine (Bernatchez et al., 2012)

D'un point de vue hydrosédimentaire, l'archipel des îles de la Madeleine est divisé en 10 unités hydrosédimentaires (Figure 9) (Bernatchez et al., 2012). Les unités hydrosédimentaires sont des compartiments délimités par des obstacles infranchissables par la dérive littorale (cap rocheux, pointe, rivière, longue jetée, changement bathymétrique, etc…). La dérive littorale correspond à un courant parallèle à la côte qui transporte les sédiments à l'intérieure de l'unité hydrosédimentaire. Ainsi, toute intervention le long de la côte à l'intérieur d'une unité hydrosédimentaire n'aura pas de conséquence sédimentaire sur les unités voisines. Les unités sont divisées elles-mêmes en cellules hydrosédimentaires qui sont divisées en fonction de la direction des courants littoraux et sont plus perméables que les unités, elles peuvent donc recevoir ou perdre des sédiments au profit ou au détriment des cellules voisines. Cette segmentation permet d'analyser plus efficacement les dynamiques sédimentaires des Îles-de-la-Madeleine et de mieux prévoir les changements à venir en comparant chacune des zones homogènes.

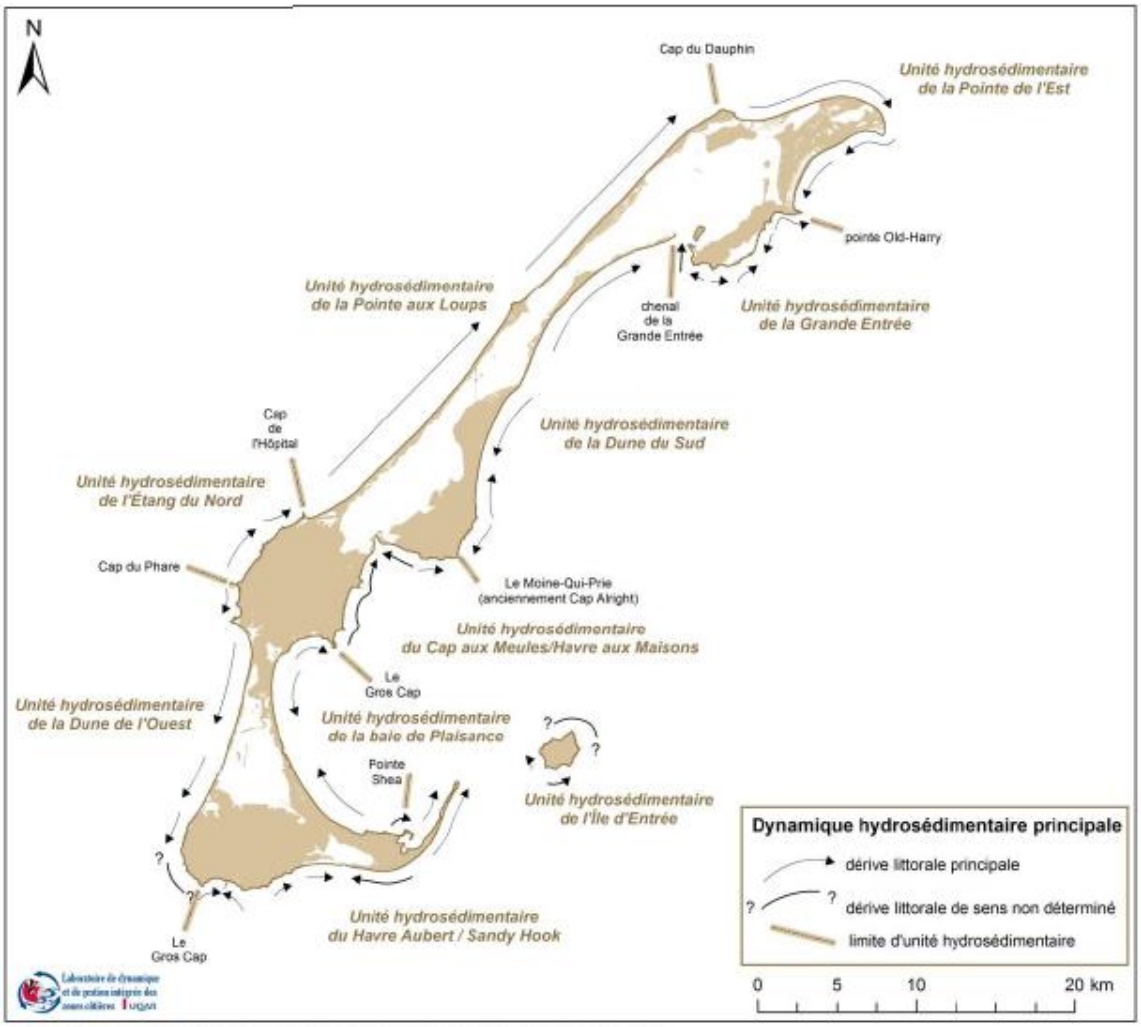


Figure 9. Unités hydrosédimentaires des Îles-de-la-Madeleine (Bernatchez et al.,2012)

2.2.2 Identification des risques et profils de vulnérabilité

Le milieu littoral est fragile et il est souvent sujet aux perturbations naturelles et anthropiques. Pour que chaque milieu visé par le projet se comporte comme voulu avec l'installation de structures de restauration, il est nécessaire d'être prévenant et d'identifier les risques et aléas existants sur le territoire.

2.2.2.1 *Perturbations naturelles*

Comme mentionné dans la section précédente, le littoral est un milieu dynamique, modelé par des aléas côtiers. Les perturbations naturelles principales aux Îles-de-la-Madeleine sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1.Identification des risques causés par les perturbations naturelles

Aléas	Quand	Milieux-Type de côte	Processus reliés	Conséquences sur les écosystèmes
Érosion	Processus continu	-Dunes mobiles -Dunes fixées -Falaises rocheuses et meubles -marais maritimes -herbiers de zostères	-Courants marins -Vagues de tempête -Ruissellement -Vent	-Recul du trait de côte -Brèches dans les dunes et les falaises -Effondrement de parois de falaises -Perturbation et destruction d'habitats pour des espèces floristiques et fauniques (zostère, Pluvier siffleur, poissons) -Ensablement des marais maritimes et d'herbiers de zostère - Pertes de superficie d'écosystèmes
Submersion marine	Lors de tempêtes	Dunes, plages et marais maritimes	Ondes de tempêtes	-Inondation des zones côtières - Conséquences sur le succès de la nidification -Déstabilise l'équilibre de la végétation des milieux dulcicoles inondés par l'eau salée

2.2.2.2 *Perturbations anthropiques*

En plus des perturbations naturelles, le milieu littoral subit des perturbations anthropiques fortes dues à l'utilisation et aux aménagements du territoire en milieux fragiles (tableau 2).

Tableau 2. Identification des risques causés par les perturbations anthropiques

Perturbation	Milieux-Type de côte	Processus reliés	Conséquences
-Recharges de sable -Enrochements -Installation d'infrastructures rigides	-Côtes basses et falaises rocheuses et/ou meubles -Dunes mobiles	Construction d'ouvrages	-Réduction de l'apport en sédiments sur le littoral - Érosion et abaissement de la surface des plages - Effets de bout (croissance de l'érosion en bordure des ouvrages) -Perturbation et destruction d'habitats pour des espèces floristiques et fauniques
-Circulation piétonne et motorisée -Stationnement et camping non autorisés	-Dunes mobiles et fixées -Marais maritimes -Littoral	-Sentiers officiels ou improvisés -Utilisation du territoire -Effet d'entraînement	-Destruction de la végétation riveraine qui entraîne un affaiblissement de la protection naturelle -Recul de la ligne de rivage -Perturbation, et destruction des espèces floristiques et fauniques -Recul du trait de côte -Augmentation de la vulnérabilité aux conditions météorologiques

2.2.3 Identification des restaurations appropriées pour chaque site

Les techniques de restauration appliquées par Attention FragÎles sont dites souples, car elles ne nécessitent pas de machinerie lourde (camion-benne, chargeuse, pelle mécanique, etc.). Par ailleurs, elles sont constituées majoritairement de matières premières biodégradables, telles que du bois d'élagage et des casiers à homard brisés. Ces travaux permettent de capter le sable et de stabiliser efficacement ce substrat

mobile. Toutefois, il importe de poser les bons matériaux dans les bons milieux. C'est pourquoi les différentes formes de brèches doivent être connues et analysées.

2.2.3.1 *Identification des types de brèches*

Différents types de brèches sont présents sur le territoire et tous peuvent se retrouver sur une même plage. Les visites sur le terrain et la caractérisation des sites sont essentielles pour identifier les actions à poser en fonction du type de brèche. Le tableau 3 présente les différentes formes de brèches pouvant être observées.

Tableau 3. Formes de brèches d'origine anthropique observées dans les dunes bordières aux Îles

Type de brèche/Situation	Actions à poser en fonction du type de brèche	Identification
Brèche parallèle à la côte (passage de piétons ou véhicules motorisés derrière la dune bordière)	• Installer plusieurs ganivelles/fascines en travers du sentier. • Plantation d'ammophile au moment opportun pour consolider l'accumulation de sable.	
Secteur dévégétalisé parallèle à la côte (passage de véhicules motorisés derrière la dune bordière)	• Installer des ganivelles/fascines en travers du sentier pour favoriser l'accumulation du sable derrière les branchages. • Renforcer l'accumulation du sable avec la plantation d'ammophile.	

Brèche faisant l'objet d'un suivi à la suite d'une première intervention de restauration	• Installer une ganivelle/fascine devant la crête dunaire. • Consolider la dune avec la plantation d'ammophile.	
Brèche large derrière la dune bordière qui s'accentue du fait de la submersion marine et des tempêtes	• Installer des ganivelles et fascines devant l'ouverture pour accélérer l'accumulation de sable derrière le branchage. • Plantation d'ammophile au moment opportun pour consolider l'accumulation de sable.	
Brèche étendue, dans une dune étroite séparant la mer du milieu humide. La brèche a favorisé la formation d'un goulet (ouverture permettant un espace de liberté de la mer vers l'étang).	• Installer les casiers de bois et les ganivelles dans la prolongation des crêtes dunaires et vers le goulet afin de faciliter l'accumulation de sable. • Plantation d'ammophile au moment opportun pour consolider l'accumulation de sable.	

2.3 Choix des techniques de restauration

Les capteurs de sable sont des constructions composées de différents matériaux formant des clôtures ou des barrières qui servent à retenir le sable afin de consolider les dunes bordières. Ils sont utilisés pour combler des brèches de toutes dimensions. Il est nécessaire de freiner la formation de brèches dès leur apparition pour éviter qu'elles ne s'étendent rapidement lors de submersion marine, de tempêtes ou de vents forts. Les capteurs de sable aident à retarder et même à diminuer l'érosion verticale et horizontale des dunes, selon le type de brèches et leur exposition aux aléas côtiers.

Les interventions souples ne recherchent pas un résultat immédiat, mais bien des résultats à moyen et long terme. Les travaux réalisés par les équipes d'Attention FragÎles ont comme objectif d'orienter la dynamique naturelle vers une autocorrection et de laisser le temps aux milieux dunaires de se réhabiliter.

2.3.1 Plantation

La plantation ou revégétalisation par plantation d'ammophile à ligule courte est réalisée dans des secteurs de dune où la végétation est absente. Sur la plage, les longues et minces feuilles de l'ammophile font obstacle au vent et provoquent la chute des grains au pied de la plante. Alors que l'accumulation de sable gagne en hauteur, l'ammophile continue lui aussi de pousser vers le haut, permettant au sable de poursuivre sa montée. Quant aux racines et aux tiges ensevelies de la plante, elles se ramifient sous le sol, formant une sorte de toile aux mailles bien serrées qui emprisonne le sable et fixe la dune dans sa forme caractéristique. Aux Îles-de-la-Madeleine, il y a d'excellents sites de récolte qui permettent de prélever des plants sans perturber l'écosystème. Les nombreux sites utilisés sont suivis et démontrent un rétablissement complet. La méthode de prélèvement et de repiquage s'adapte parfaitement à nos besoins et au maintien de la stabilité des dunes mobiles. L'usage de plants prélevés en des endroits stratégiques selon une méthode respectueuse ayant fait ses preuves depuis près de 30 ans est l'approche utilisée par l'organisme local responsable des plantations d'ammophile sur le territoire. Il est également possible de commander une grande quantité de plants d'ammophile préparés en pépinière à l'extérieur des Îles. Cependant, les coûts ainsi que les enjeux de transport et de logistique d'entreposage sont plus importants qu'avec un approvisionnement local par repiquage.

L'implantation de végétation vivante constitue l'élément à prioriser afin de viser la stabilisation de la dune à plus long terme. La méthode par transplantation manuelle est la mieux adaptée à ce type de milieu (≥ 95% de succès de reprise végétale). La période de transplantation de l'ammophile s'étend de la fin du printemps (fin mai-début juin selon la saison de croissance) au début de l'automne (octobre), avec une interruption durant les semaines chaudes de l'été (fin juillet à fin août). Les plants d'ammophile doivent être implantés tous les 12'' à 18'' en quinconce (Figure 10). Il est préférable de toujours implanter deux plants côte à côte (dans le

même trou) afin de favoriser le succès de reprise. Si des plants provenant d'une pépinière sont utilisés, la dimension des carottes de terre ne permet vraisemblablement pas de répondre à cette considération.



Figure 10. Plantations d'ammophile

Également, dans une perspective de recherche et d'innovation susceptible d'accroître le succès de stabilisation de la dune, il pourrait être intéressant de procéder à un ensemencement automnal de Gesse maritime (Lathyrus maritimus) ou autres plantes pionnières indigènes. Cette plante annuelle, dont les semences nécessitent un cycle de gel avant de pouvoir germer au printemps, est également une plante pionnière de la dune bordière. Comme toutes les légumineuses dont elle fait partie, elle contribue naturellement à l'enrichissement du milieu dunaire par sa capacité de fixation de l'azote dans le sol et dont l'ammophile est susceptible de bénéficier pour sa croissance. Cette expérience n'a jamais été tentée, mais semble prometteuse.

2.3.2 Fascine

Les fascines ou clôtures de branchages (biodégradables à 100%) ont pour but de piéger le sable afin de reconstruire la dune en cas de brèche dunaire. Elles sont fabriquées avec des branchages récupérés suite à l'élagage des espaces boisés du territoire madelinot. Ces branchages sont disposés horizontalement entre deux rangées de pieux. Ces structures mesurent en moyenne un mètre de haut (figure 11) et peuvent être disposées d'une rangée simple droite ou en sinuosité, en rangées parallèles ou superposées. Une fois les capteurs bien ensevelis, il est possible de stabiliser avec de la plantation de végétaux (Figure 12).



Figure 11. Installation de fascines devant un secteur dévégétalisé de la dune bordière

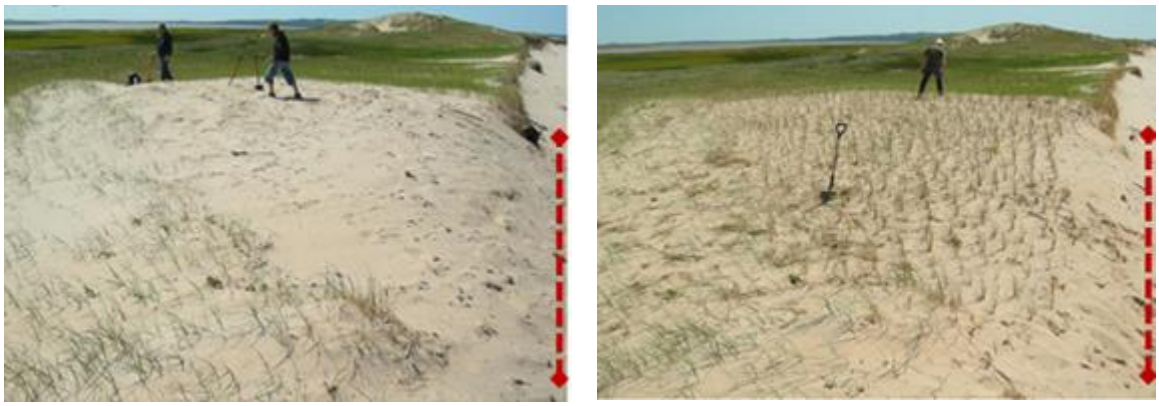


Figure 12. Plantation d'ammophile pour consolider l'accumulation de sable derrière la fascine

2.3.3 Ganivelles

Les ganivelles ou clôtures en lattes sont un moyen efficace pour la restauration de dunes. Elles servent à accélérer l'accumulation de sable transporté par le vent et permettent de recréer une dune qui ressemblera à la dune initiale (Figure 13). L'utilisation de ganivelles est reconnue à l'international tant en Amérique du Nord qu'en Europe et y a fait ses preuves. Aux Îles-de-la-Madeleine, cette technique est privilégiée dans des secteurs éloignés ou de plus grande ampleur et/ou lors des moments où les ressources de branchages sont plus restreintes.



Figure 13. Évolution de l'ensablement d'une brèche restaurée avec des ganivelles

2.3.4 Casiers à homard

Les casiers à homard ou *cages à homard* sont principalement une structure de bois recyclée. Les matériaux non biodégradables qui la composent sont tous retirés par l'utilisation de marteaux, de barres à clous, de couteaux et de pinces (Figure 14). Les casiers sont ensuite cordés, empilés et fixés (à l'aide de cordes de fibres naturelles et de pieux) dans les brèches. Le sable sec transporté par les vents s'y dépose et s'accumule graduellement. Cette technique est utilisée pour restaurer les dunes endommagées et elle s'est avérée efficace autant pour le piégeage de sable que pour stabiliser le sol et prévenir la déflation. L'emploi des casiers est idéal lorsque la dune a été lessivée lors des tempêtes ou pour ajuster la pente des falaises dunaires. C'est une méthode peu coûteuse qui permet le recyclage de matériaux encore utiles, mais qui nécessite une longue préparation.



Figure 14. Manipulation des casiers et casiers ensablés sur le haut de plage

2.3.5 Tapis de branchage

Les tapis de branchage ou *de broussaille* (biodégradables à 100%) correspondent à des empilades de branches et d'arbres recyclés imbriqués directement sur le sol sans le compresser afin de garder sa porosité (Figure 15). Le sable sec transporté par les vents se dépose sur cette structure et s'accumule graduellement. Cette technique s'est avérée efficace autant pour le piégeage de sable que pour stabiliser le sol et prévenir la déflation des caoudeyres (cuvettes de déflation). L'emploi de celle-ci en combinaison avec une clôture est idéal. Les avantages premiers de cette méthode sont les faibles coûts et le fait qu'elle ne requiert pas beaucoup d'entretien.



Figure 15. Progression de la construction d'un tapis de branchage

Ce procédé est essentiel. Grâce à celui-ci, il est possible de stabiliser un secteur qui a subi une perturbation naturelle ou anthropique excessive. Cette technique est utilisée sur des surfaces dénudées de végétation et dont l'accumulation de sable est récente (restauration, captage de sable, accumulation naturelle, etc.). Le fait d'utiliser les tapis de branchage favorise le maintien du sable, protège les surfaces et donne de bons résultats sur le long terme.

2.3.6 Tapis de coco

Le tapis de coco ™*CoirMat* est un matériau avec des filets réalisés à partir de fibres de coco 100% naturelles, visant à contrôler l'érosion tout en rétablissant le milieu naturel. Ces tapis sont souvent utilisés dans les secteurs où il existe une forte inclinaison de pente de dune. Cela maintient le sable en place et fixe les plantations d'ammophile (Figure 16). Le filet de coco est fixé par des piquets de bois et les plantations d'ammophile s'effectuent ensuite à travers les mailles du filet.



Figure 16. Pose d'un tapis de coco ™CoirMat et plantation à travers les mailles

2.3.7 Choix des solutions selon l'environnement

Il faut souligner le fait qu'il n'existe pas de solution unique, mais un ensemble de stratégies à considérer en fonction de la spécificité des secteurs ciblés. Les moyens mis en œuvre devront s'adapter à la dynamique du secteur et aux caractéristiques paysagères existantes. De manière

générale, une structure de protection aménagée sur un écosystème fragile doit être la plus adéquate possible. C'est l'environnement naturel initial du site qui assurera dans une certaine mesure la pérennité des ouvrages de restauration.

2.4 Suivi des secteurs et des restaurations

Les suivis se divisent en deux volets spécifiques. Le premier volet est le suivi de chaque site comportant chacun une ou des brèches dunaires. Sur ces sites sont mesurés différents paramètres et l'évolution des sites puis de leurs restaurations respectives font l'objet de suivis. Le second volet correspond au suivi plus large du secteur comportant les écosystèmes de milieux dunaires, de milieux humides et aquatiques.

2.4.1 Suivi par site

Chaque site est visité à plusieurs reprises. La première visite sert de reconnaissance in situ des secteurs sélectionnés et permet de réaliser la caractérisation de tous les sites vulnérables à l'intérieur de ces secteurs. La fiche de terrain créée à cet égard (annexe 1) permet de récolter des informations qualitatives et quantitatives de chacune des brèches et des perturbations retrouvées sur chaque site. Ces observations permettent de statuer sur l'état de la dégradation et enfin d'établir des priorités de restauration. Une base de données est associée aux informations contenues dans ces fiches. Ce cumul d'information permet de compiler les données comparables entre elles et entre chaque sortie.

Les éléments considérés dans les fiches sont des indicateurs de l'évolution des brèches. Des mesures de largeur, de profondeur, de hauteur de la brèche et de chaque restauration en place, s'il y a lieu. Une caractérisation générale de la végétation est également réalisée à chaque visite. Elle comprend des informations sur les espèces présentes et leur taux de recouvrement, qui sont des indices considérables de la stabilité du milieu dans le cas des dunes mobiles. D'autres indices indiquant l'évolution du milieu sont pris en compte, tels que la présence d'un haut de plage végétalisé, de débris organiques ainsi que la présence de perturbations anthropiques ou autres. Des photographies sont également prises dans des angles spécifiques afin de les comparer d'une visite à l'autre.

Cette première visite, accompagnée des informations générales du secteur présentées à la section suivante (2.4.2), permet de concevoir le plan de restauration. La réalisation des restaurations dunaires correspond donc à l'étape suivante. La mise en œuvre des travaux dans les milieux fragiles demande des directives précises et un transfert de connaissances des chargées de projets vers les techniciens et ouvriers. Ces derniers doivent très bien comprendre les impacts et les résultats désirés dans ces systèmes dunaires avant d'intervenir dans ces milieux aussi sensibles que dynamiques. Des informations sur les dimensions des structures, sur les matériaux nécessaires, des photographies avant les restaurations, de la mise en place et du

résultat doivent être prises systématiquement et des mentions sur l'état général du site doivent être récoltées si nécessaires.

Plusieurs suivis post restauration de chaque brèche doivent évidemment être réalisés. Le premier idéalement doit se faire dans les semaines suivant la restauration afin de constater le taux d'efficacité, le temps de réaction des structures et la réponse du milieu naturel face à ces éléments imposés. Les autres suivis se font systématiquement au printemps et à l'automne jusqu'à la fin du projet.

2.4.2 Suivi général du secteur

Les suivis plus complets par secteurs permettent une meilleure interprétation du paysage, de ses différents écosystèmes (dunes, marais, herbiers) et de ses changements physiques. D'abord, ce sont des outils technologiques qui permettent de bonifier le suivi des brèches et des restaurations et de mieux connaître l'évolution du milieu. Ensuite, ce sont aussi des connaissances extraordinaires du terrain que ces outils permettent d'acquérir une fois le traitement adéquat effectué. Les méthodes de suivi comparatives utilisées dans le cadre de ce projet sont : la photogrammétrie par imagerie au drone, l'analyse de la végétation, le bilan sédimentaire ainsi que les profils topographiques relevés au DGPS.

Des relevés photogrammétriques sont réalisés avec le drone à résolution au sol de 3 à 5 cm/pix en moyenne. Le protocole établi (annexe 2) commence d'abord par un plan de vol avant d'aller sur le terrain. Le plan de vol est mis en place avec l'utilisation du logiciel Dronedeploy. La combinaison du déploiement du drone sur le terrain (Figure 17) et des mesures prises avec un DGPS sont des outils qui, mis ensemble, vont permettre d'acquérir des données pour modéliser les sites choisis. La photogrammétrie permet de mesurer la géométrie (forme, dimension, position) d'un objet à partir d'images géoréférencées.

L'interprétation des cartes produites par la photogrammétrie permet de faire d'excellents suivis, notamment pour l'évolution des brèches, du trait de côte et des limites de végétation. Cette dernière est un bon guide pour suivre l'érosion et la mobilité de la dune et est facilement identifiable. Le milieu littoral étant particulièrement dynamique et mobile, il est nécessaire de colliger des données terrain et d'en maintenir le suivi. Le drone combiné au DGPS permet non seulement de produire une cartographie ponctuelle, mais aussi de quantifier les variations de la topographie en milieu terrestre.

L'utilisation du drone est toujours effectuée dans le respect des règlements établis par Transport Canada. Certains employés d'Attention FragÎles possédant une certification de base ont l'autorisation de piloter un drone à une distance horizontale de 30 m des passants et à une hauteur inférieure ou égale à 122 mètres par rapport au bâti. Le drone doit être éloigné de 5,6 km des aéroports. Avant de faire voler le drone, il est donc primordial d'établir la zone de vol afin de savoir si elle n'est pas réglementée ou interdite. Enfin, les sorties avec le drone doivent

se faire lorsque les conditions météo sont adéquates. Les systèmes d'aéronefs télépilotés (SATP) sont très sensibles aux variations météorologiques:

- pas de pluie ;
- vent faible moins de 36 km/h ;
- fourchette de température: 0 ^{o} C à 40 ^{o} C ;
- indice Kp ≤5[1].

Les photos récoltées par le drone sont automatiquement groupées en mosaïque et géoréférencées pour produire une orthomosaïque et un modèle numérique de terrain (MNT). Le traitement des photos et des données associées se fait dans un logiciel de SIG dans le but d'une étude temporelle comparative. Les orthomosaïques de 2019 sont actuellement celles sur lesquelles Attention FragÎles va s'appuyer pour mettre en place les plans de vol de 2020. C'est aussi avec ces dernières qu'une comparaison pourra être établie.



Figure 17. Le levé par drone combiné au DGPS pour réaliser la photogrammétrie.

Dans cette étude comparative, il faut par ailleurs considérer le rôle de la végétation. En effet, c'est en étudiant la distribution de la végétation sur les orthomosaïques et sur le terrain que cela nous permet de savoir s'il est nécessaire de soutenir le système dunaire. Pour analyser le couvert végétal, il est essentiel de procéder à une étude avant, pendant et après les interventions. À ce titre, une section a été créée pour la fiche terrain (Annexe 1). On distingue quatre catégories de recouvrement végétal :

- Non végétalisé (0-1%)
- Peu végétalisé (1-25%)
- Semi-végétalisé (25-50%)
- Végétalisé (50-100%)

[1] Indice Kp ou Planetary K-index est un indice utilisé pour indiquer l'importance des perturbations magnétiques mondiale, l'échelle est de 0 à 9. Si l'indice est ≤ à 5 le GPS du SATP ne peut plus fonctionner. Cela peut entraîner une perte de contrôle du drone. Avant de partir sur le site, vérifier l'indice KP: https://www.spaceweather.gc.ca/forecast-prevision/regional/sr-1-fr.php?region=ott&mapname=east_n_america

Lorsque la végétation est inexistante sur le système dunaire, il est primordial d'observer sur les orthomosaïques si l'absence de couvert végétal fait partie de la dynamique naturelle du milieu ou non. Dans les cas d'un sol nu, soit par l'érosion ou l'accumulation excessive de sable Attention FragÎles pourra intervenir par la plantation de plants.

Le bilan sédimentaire correspond aux résultats comparés des entrées et des sorties de sédiments dans un système littoral. Comme le trait de côte le bilan sédimentaire peut être connu grâce à la photogrammétrie par drone. Un bilan sédimentaire dit négatif équivaut à une perte de sédiments et donc à un système dunaire déséquilibré. Un bilan sédimentaire positif sera souvent synonyme d'équilibre dynamique pour le système de dunes. L'analyse des résultats du bilan sédimentaire se fera plus tard en 2020.

Il en est de même pour les profils topographiques relevés au DGPS qui seront effectués dans les secteurs submergés où un ensablement est suspecté dans les lagunes où la zostère marine est présente. Les profils topographiques (Annexe 3) doivent être réalisés deux fois par année, au printemps et à l'automne, et effectués à peu de jours près d'un relevé en drone du système sableux dunaire connexe (quelques jours avant ou après). La fréquence pourra être ajustée au besoin, à la hausse ou à la baisse les années suivantes, selon la constatation de la présence ou non d'un ensablement. Les données d'élévation provenant des profils pourront être comparées d'un relevé à l'autre afin de déterminer s'il y a présence ou non d'un ensablement et comment évolue l'effet des restaurations sur le système dunaire.

3 Plan de restauration des écosystèmes pour 2019

Comme mentionné dans la section 1.4, les secteurs de la Baie Clarke et de la Dune de l'Ouest ont été ciblés comme prioritaires. En 2019-2020, certains sites à l'intérieur de ces deux secteurs ont fait l'objet d'études. Le site de la dune parabolique de la Baie Clarke et le site du goulet de L'Étang-des-Caps abritent les écosystèmes fragiles et essentiels visés par ce projet. Les deux sites présentent un continuum côtier comportant une dune mobile, un marais maritime et un herbier de zostère. La littérature et les observations sur le terrain ont permis de valider et de comprendre la dynamique sédimentaire de ces deux sites. Exposés tous deux aux vents dominants de l'ouest et à d'autres aléas propres à leur position géographique, ces sites montrent de façon évidente des signes d'érosion et des perturbations d'origines naturelles ou anthropiques. Dans un contexte où les délais étaient courts et la saison idéale pour des restaurations déjà bien avancées, ces deux sites différents, mais extrêmement vulnérables, étaient des sites propices pour la restauration côtière en 2019.

Plusieurs étapes ont finalement mené à la réalisation des plans de restauration. D'abord, les équipes locales ont fait des visites de caractérisation sur le terrain pour cibler les brèches nécessitant des restaurations et récolter toutes les données *in situ* essentielles afin de prévoir les travaux. Les dimensions des brèches, les photographies, le type de perturbations ayant causé ces brèches, le recouvrement végétal, la stabilité, le taux de recul de la ligne de rivage ainsi que

la dynamique locale, sont les principales informations qui ont été récoltées et analysées. De plus, les outils technologiques ont permis de valider, de préciser et de concevoir les plans.

Les figures suivantes sont toutes issues d'orthomosaïques générées à partir des photos prises par drone lors du premier relevé, résultat du travail collaboratif d'Attention FragÎles et du LDGIZC de l'UQAR.

3.1 Plan de restauration pour le site de la dune parabolique dans le secteur de la Baie Clarke pour 2019

Le premier secteur visé par des travaux de restauration au cours de l'année 2019 est celui de la Baie Clarke (figure 18). Le secteur de la Baie Clarke est un système dunaire lourdement endommagé par la circulation motorisée. Le site de la dune parabolique est particulièrement critique puisqu'en l'absence de végétation pour le stabiliser, une quantité énorme de sable est transportée vers les milieux humides et aquatiques situés à proximité. En 2019, dix brèches ont été ciblées comme prioritaires et ont bénéficié de travaux de restauration. Ce sont donc 37 structures qui ont été planifiées pour limiter le transport de sable et freiner l'érosion éolienne. D'autres sites de ce même secteur seront priorisés en 2020.

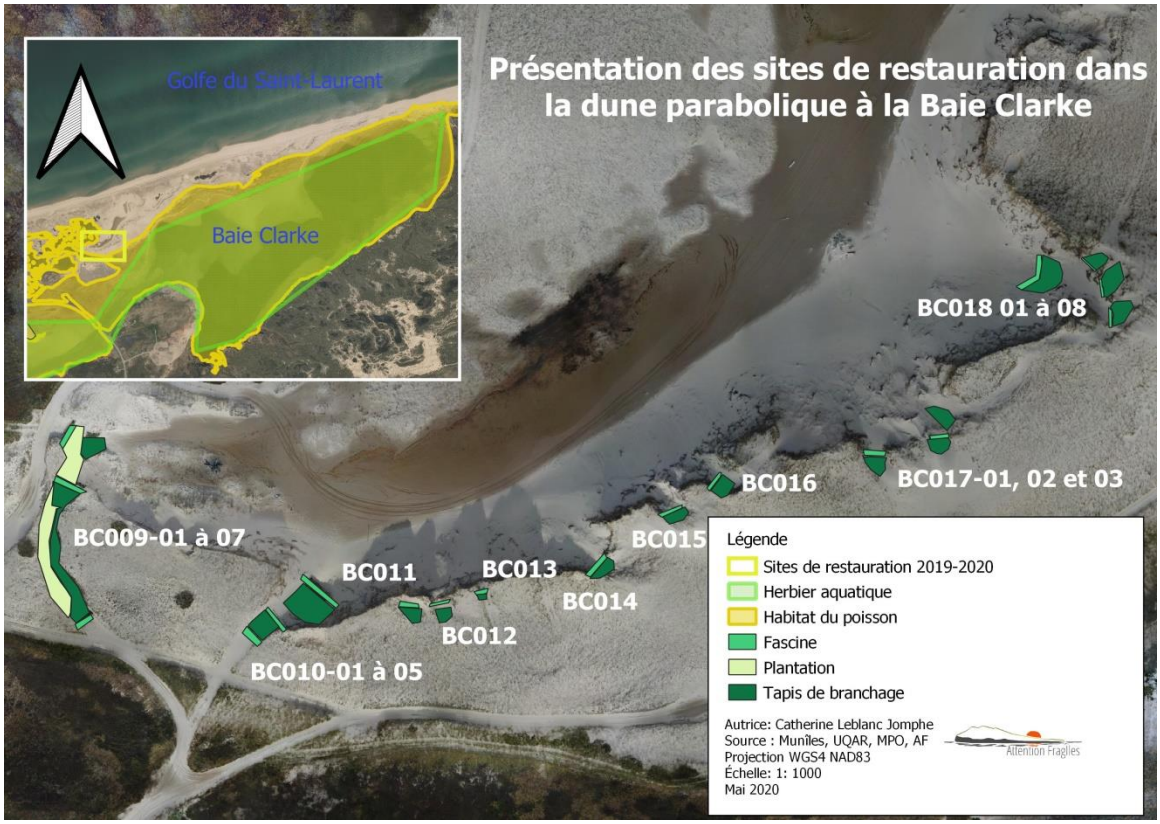


Figure 18. Secteur général de Baie Clarke

Les travaux du côté de la Baie Clarke ont débuté par cette restauration (BC009) puisqu'elle est accessible et qu'une signalisation est déjà installée pour détourner la circulation et interdire l'accès à cette brèche anthropique causée par la circulation motorisée (figure 19). C'est aussi la porte d'entrée à la dune parabolique, site convoité par les jeunes de l'est des Îles. C'est la raison pour laquelle ces derniers ont été invités à s'impliquer dans le processus de restauration. Une activité dans une classe de l'école de Grosse-Île a d'abord été effectuée, afin de permettre un échange avec les jeunes en lien avec les différents enjeux environnementaux, dont l'importance des dunes dans le milieu naturel. Il y a parmi eux de jeunes chasseurs et pêcheurs qu'il importe de sensibiliser à la protection de leur environnement qui contribue au maintien des activités traditionnelles. Des sorties en milieu naturel ont ensuite été réalisées avec les jeunes de cette classe qui ont pu participer au nettoyage du secteur parsemé de nombreux déchets ainsi que restaurer certaines brèches avec l'équipe d'Attention FragÎles. Ces activités en classe ont été menées en collaboration avec le comité ZIP des Îles-de-la-Madeleine. Cette brèche est située en dune semi-fixée et le sable libre et disponible en provenance de la direction ouest des vents dominants est faible. C'est pourquoi les restaurations feront davantage office de barrière contre la circulation que de capteur de sable et que la plantation pour stabiliser le sol immédiatement est de mise (figure 19 et annexe 4).



Figure 19. Plan de restauration 2019 pour la brèche BC009

Comme pour la restauration précédente (BC009), les jeunes du troisième cycle de l'école de Grosse-Île ont été invités à participer à la restauration et à l'aménagement de la brèche se trouvant aussi dans la dune parabolique (BC0010). Cette brèche anthropique très profonde a été causée par de la circulation motorisée et piétonne non encadrée. La signalisation du RMS, entre 2018 et 2019, a permis d'indiquer l'interdiction de circuler dans ce secteur hors des sentiers autorisés. Cette signalisation semble bien respectée jusqu'à maintenant. Cette grande dune mobile est exposée à l'ouest et le vent se concentre dans le corridor que forme la brèche. De ce fait, une quantité énorme de sable y circule en tout temps. Le potentiel de restauration est très fort et risque de bien répondre. Elle est facile d'accès, donc plusieurs restaurations y sont proposées (figure 20 et annexe 4).



Figure 20. Plan de restauration 2019 pour la brèche BC010

Ces trois brèches (BC011-BC012-BC013) sont situées dans les hauteurs de la coupole de la dune parabolique. Situées à la limite de la végétation, elles sont comme d'autres causées par la pratique de "sauts acrobatiques" pratiqués par des VTT. Bien que ces acrobaties ne soient les actions de seulement quelques rares individus qui pratiquent cette activité marginale avec leurs véhicules, Attention FragÎles a tout de même lancé l'invitation à toute la population de Grosse-Île pour les motiver à participer aux activités de restauration de ces brèches (figure 21 et annexe 4).



Figure 21. Plan de restauration 2019 pour la brèche BC011-12-13

Ces trois brèches (BC014-BC015-BC016), tout comme les précédentes, sont situées dans les hauteurs de la coupole de la dune parabolique, toujours en marge de la ligne de végétation. Elles sont elles aussi issues de la pratique de "sauts acrobatiques" avec des véhicules motorisés. L'équipe d'Attention FragÎles compte sur la collaboration des habitants de l'est des Îles pour contribuer à la réussite de ces travaux de restauration et en assurer la pérennité une fois ceux-ci complétés (figure 22 et annexe 4).

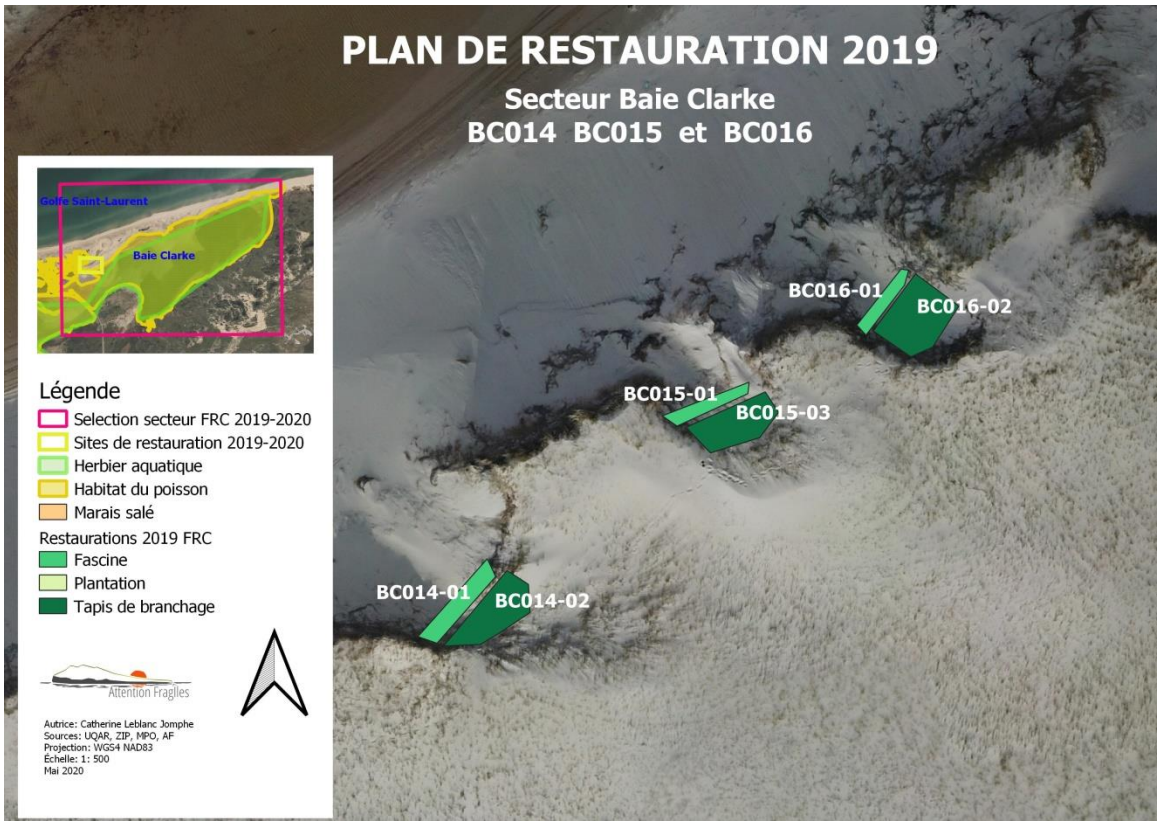


Figure 22. Plan de restauration 2019 pour la brèche BC014-BC015-BC016

Cette brèche (BC017) fait partie d'un ensemble de traces de circulation motorisée parallèles à la crête de la dune parabolique qui déstabilise complètement la dune parabolique en affaissant une partie du sommet. Cette suite de restaurations fait partie d'un processus d'accumulation en plusieurs phases. La seconde sera mise en place en 2020, une fois que le sable aura comblé les capteurs de sable installés cette année. De cette façon, l'équilibre fragile pourrait se maintenir et la quantité de sable porté par le vent, franchissant actuellement le sommet pour se rendre du côté du marais, pourrait diminuer (figure 23 et annexe 4).

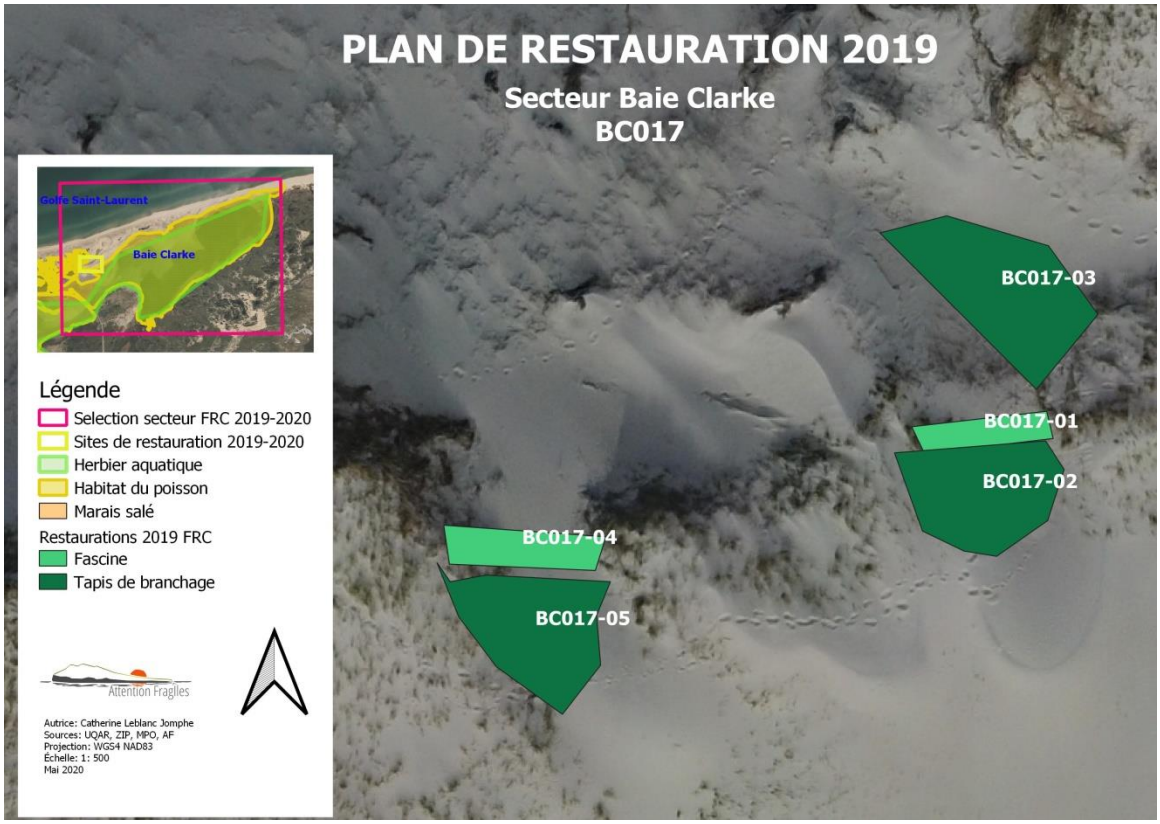


Figure 23. Plan de restauration 2019 pour la brèche BC017

Cette brèche (BC018) fait aussi partie d'un ensemble de traces de circulation motorisée qui traversent la crête de la dune parabolique, directement face aux vents dominants de l'ouest et du nord-ouest et qui, comme pour la brèche précédente, déstabilisent complètement la dune parabolique en affaissant une partie du sommet. Cette suite de restaurations fait aussi partie d'un processus d'accumulation en plusieurs phases. La seconde sera mise en place en 2020, une fois que le sable aura comblé les nombreux capteurs de sable installés en 2019. Ces travaux devraient permettre de maintenir l'équilibre fragile de la dune et ainsi de diminuer l'ensablement du marais et de l'herbier aquatique situés tout près du site (figure 24 et annexe 4).



Figure 24. Plan de restauration 2019 pour la brèche BC018

3.2 Plan de restauration pour le site du goulet de L'Étang-des-Caps dans le secteur de la Dune de l'Ouest pour 2019

Le deuxième secteur visé par des travaux de restauration au cours de l'année 2019 est celui de L'Étang-des-Caps (figure 15). Le secteur de L'Étang-des-Caps sur l'île du Havre Aubert est une plage exposée à l'ouest. Elle subit une forte érosion et un important taux de recul de son trait de côte. On a remarqué en 2019 une diminution de la largeur du haut estran, ce qui rend la dune associée plus vulnérable à l'érosion et à la submersion côtière. Le sentier parallèle à la plage est très peu utilisé, sauf durant la saison de chasse à la sauvagine et de pêche récréative et commerciale à l'anguille d'Amérique, alors il se dégrade très peu. Comme mentionné dans la section 1.4.2 on observe un recul important au niveau de l'extrémité de la dune (le goulet). C'est pour cette raison que dans le cadre de ce projet on veut consolider cette partie de dune. C'est aussi un excellent moyen de constater la réponse des structures dans ces environnements très dynamiques.

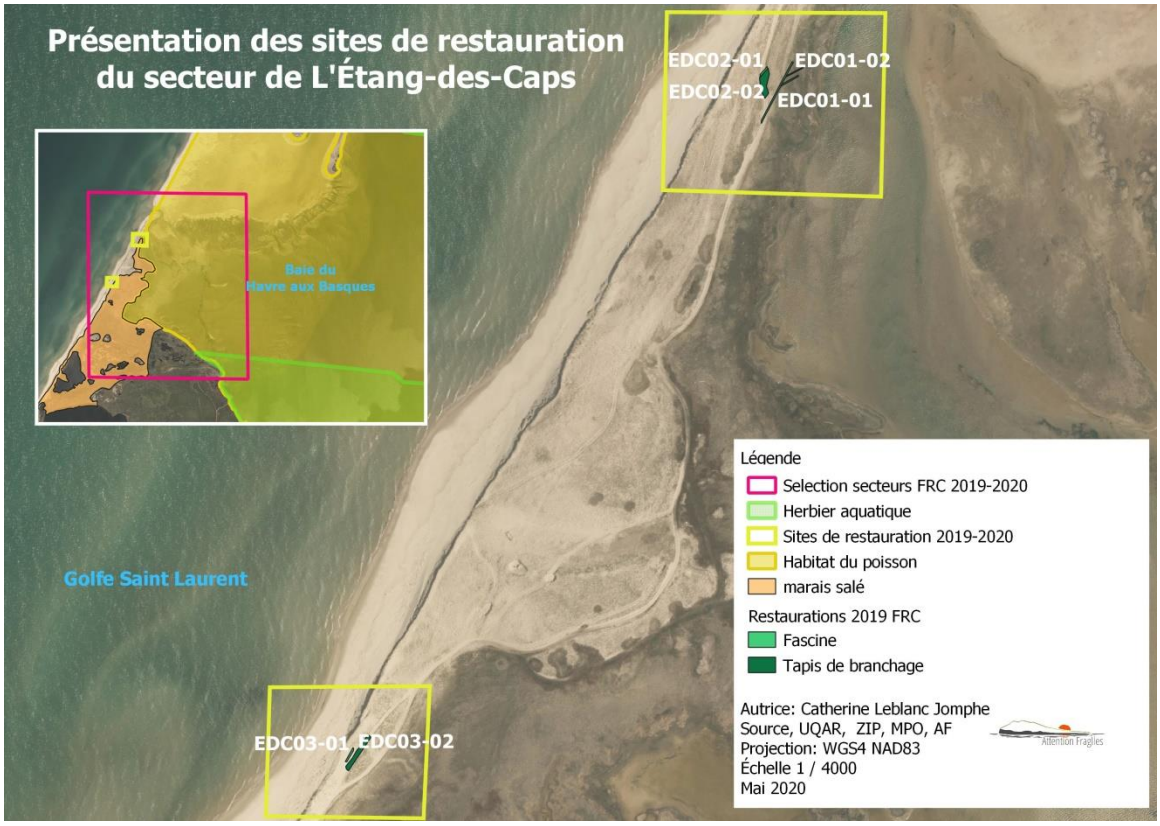


Figure 25. Secteur général du secteur de L'Étang-des-Caps

La pérennité des travaux du côté de L'Étang-des-Caps sont risqués, car le secteur de la Dune de l'Ouest subit pleinement les effets des changements climatiques (érosion côtière, augmentation de la fréquence et de l'intensité des tempêtes, augmentation du niveau de la mer). La plage est directement exposée aux vents d'ouest dominants. Jusqu'à présent, l'érosion et le recul du trait de côte affectent toute la dune et particulièrement le secteur du goulet qui est très dynamique.

Ce goulet avait tendance à s'ensabler, assez pour inquiéter les pêcheurs d'anguilles qui prennent leurs prises dans la lagune. Toutefois, un événement exceptionnel a fait reculer la dune et déplacer le goulet de plusieurs dizaines de mètres en une tempête seulement (ouragan Dorian, septembre 2019). Depuis, beaucoup d'efforts en matière de restaurations et d'aménagements ont montré des signes de succès sur cette dune. De plus, une signalisation y a été installée en 2019, en collaboration avec les chasseurs du secteur et avec l'accord de la CMÎ, afin de mieux encadrer les usages impliquant la circulation motorisée. Situé en arrière dune, en marge du marais, le sentier saisonnier (autorisé du 1er mai au 31 décembre) est utilisé par seulement quelques citoyens qui respectent généralement les indications et préservent la santé des écosystèmes. Il faut savoir que ce sentier a été caractérisé et aménagé à la demande des utilisateurs du secteur qui éprouvaient des difficultés à accéder à leurs sites de chasse à marée haute et lors de tempêtes, la plage devenant presque absente et la circulation pouvant y être dangereuse. La circulation était alors autorisée sur la plage, mais les activités utilitaires, telles que la chasse aux oiseaux migrateurs, se déroulant en arrière-dune entraînait la multiplication de brèches fragilisant la dune bordière. L'aménagement de ce sentier par Attention FragÎles, en collaboration avec les utilisateurs du secteur, visait à répondre à ces problématiques, en assurant à la fois le maintien des usages et la protection du milieu dunaire (figure 25 et annexe 4).

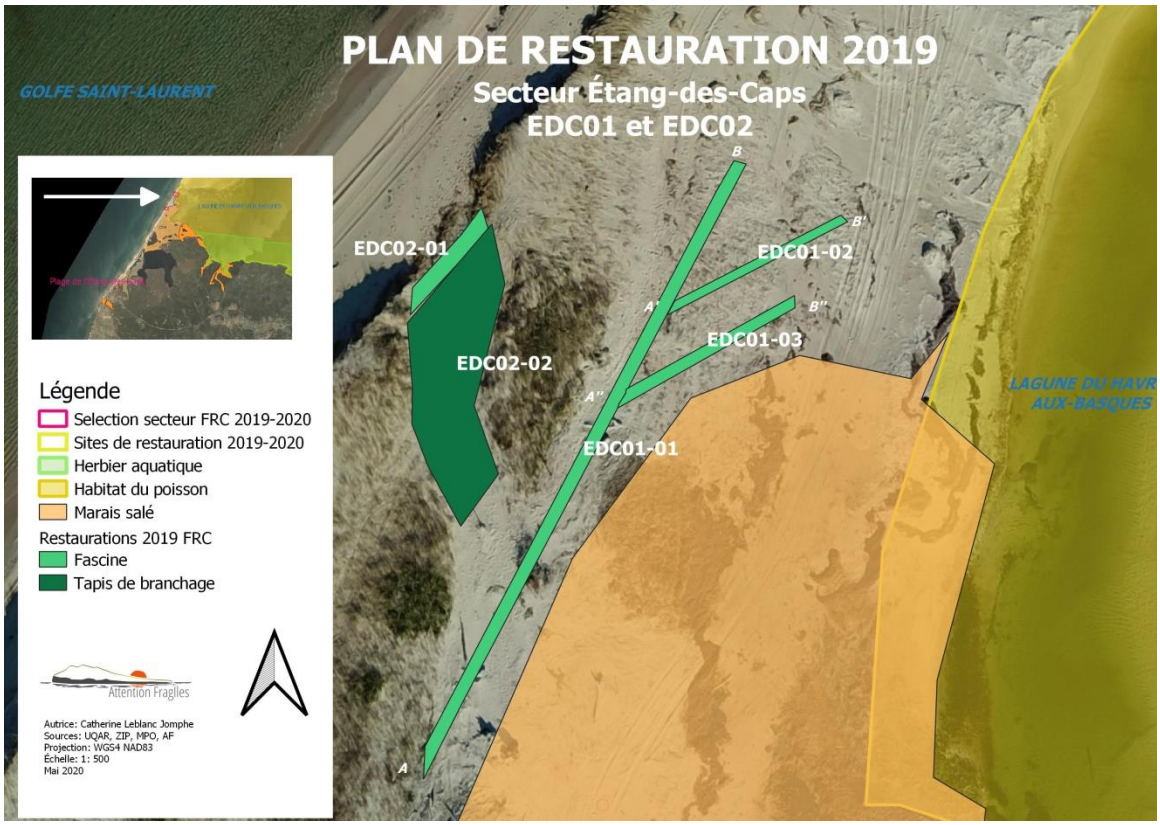


Figure 26. Plan de restauration 2019 pour les brèches EDC01 et EDC02

De nature anthropique, plus spécifiquement causée par la circulation motorisée, cette brèche (EDC03) est exposée aux vents dominants d'ouest. Aujourd'hui, l'accès à cette section de sentier n'est plus autorisé et est maintenant signalisé. Cette brèche est à la fois sur le trait de côte et dans la dune bordière parallèle à la côte. Cette forme de brèche rend le maintien et l'équilibre de la dune très fragile, car la ligne est mince entre un léger recul et un recul soudain de trois ou quatre mètres (figure 27 et annexe 4).

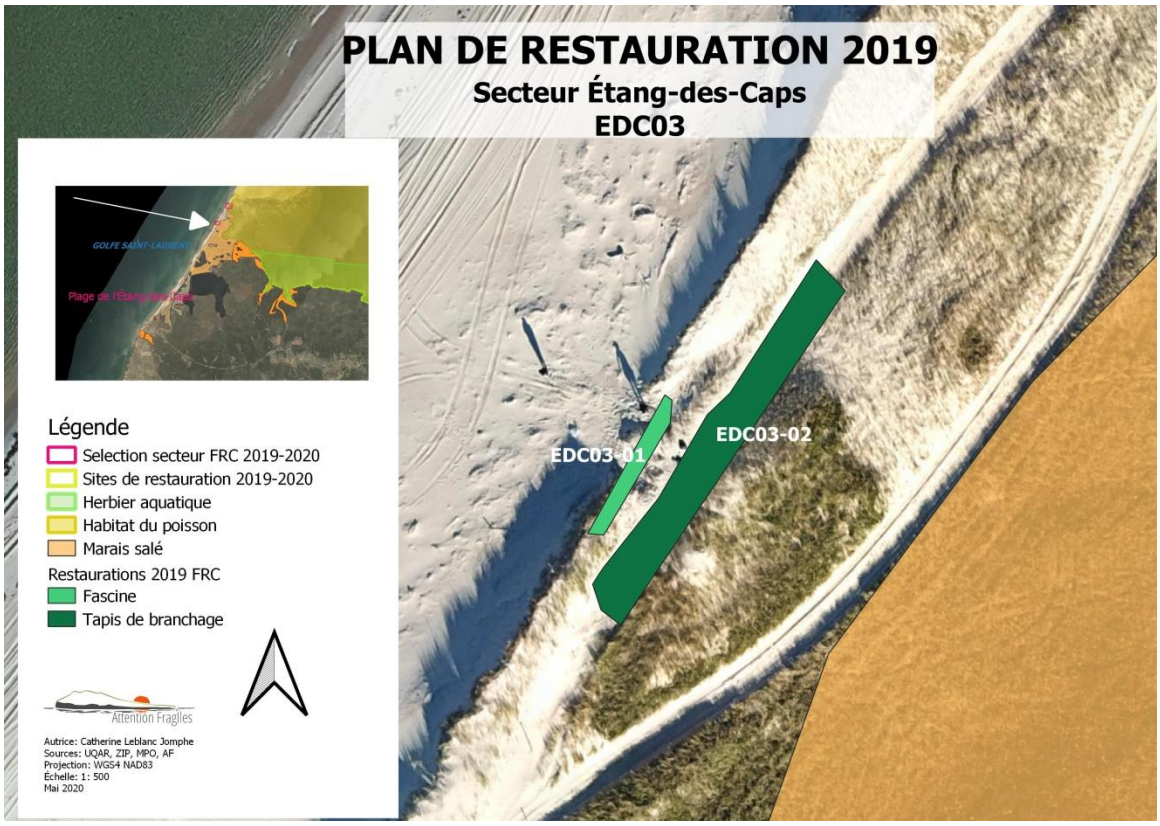


Figure 27. Plan de restauration 2019 pour les brèches EDC03

La mise en œuvre des travaux de restauration, comme mentionné dans ce rapport, comprend des étapes préalables administratives, d'autorisation, de concertation ainsi que le transfert de connaissances avec les utilisateurs locaux ainsi que de la caractérisation et des inventaires sur le terrain. La préparation et la planification de toutes les étapes est essentielle au succès de la mise en œuvre. Les travaux sont coordonnés et réalisés en équipes formées de professionnels qui étudient et restaurent les systèmes dunaires depuis plusieurs années.

3.3 Matériel

Tous les équipements nécessaires à la réalisation des restaurations sur les systèmes dunaires sont prévus lors de la réalisation du plan de restauration (annexe 4). Bien entendu la préparation du matériel commun (GPS, appareil photo, carnet, protocole de terrain, VTT, camion, remorque) et spécifique (piquets, branches, cordes, clous, vis) est une étape réalisée en amont des travaux sur le terrain. Cela nécessite donc l'achat et la location de matériel durant toute la durée des travaux. Ces équipements sont utilisés pour le transport des matériaux et l'installation des structures de restauration sur les dunes.

Les matériaux les plus utilisés sont ceux qui servent à construire les fascines et les tapis de branchage. Les branches utilisées sont uniquement des branches de résineux (sapin, épinette, pin) récupérées de résidus de coupes et d'élagages sur le territoire privé et public madelinot. Une collaboration importante de la Communauté maritime des Îles-de-la-Madeleine via le Centre de gestion des matières résiduelles (CGMR) a permis la récupération, l'entreposage et le transport de ces matériaux. Aussi, plusieurs récoltes de branches collectives ont été entreposées sur le second site loué à l'organisme Ré-Utîle au site de la *Matériauthèque*. La municipalité de Grosse-Île a aussi autorisé l'utilisation de leur terrain situé du côté de la Baie Clarke pour l'entreposage temporaire du matériel de restauration. De ces sites, les branches étaient ensuite transportées sur voie routière avec les camions et les conteneurs et acheminées aux sites de restauration par la remorque et le VTT. Ces matériaux, même s'ils sont peu coûteux, nécessitent plusieurs manipulations, différents intermédiaires et beaucoup de transport. Les restes des matériaux nécessaires à l'élaboration des structures souples sont entreposés dans les différents locaux d'Attention FragÎles.

3.4 Mise en place

La planification de l'échéancier de réalisation a été affectée par la signature tardive de l'entente de projet ainsi que les délais pour l'obtention des autorisations de la part du MELCC qui ont entraîné un retard pour le début de la mise œuvre des travaux en 2019. Le temps restant pour la réalisation de ceux-ci a été beaucoup plus limité et condensé que prévu initialement au projet. Les travaux ont donc dû être organisés et réalisés sur une période d'environ six semaines. Cette situation augmentait le risque de rencontrer des difficultés lors de la mise en place des restaurations, comme celle de voir le temps d'accumulation de sable libre diminuer avec l'arrivée de la neige. Par chance, l'automne 2019 a été favorable en raison de son temps doux et de ses vents quotidiens.

La mise en place d'une équipe de restauration regroupe des techniciens et des ouvriers expérimentés dans la réalisation de travaux de restauration dunaire. La chargée de projet doit veiller à la préparation et à l'explication des fiches de restauration et des plans et devis. Elle identifie les sites à restaurer avec un plan de restauration associé. Les plans ont été préalablement réfléchis avec l'équipe de projet et sont conformes aux protocoles de

l'organisme. La dernière étape consiste à désigner une équipe principale par exemple : un responsable de l'équipement roulant, un responsable du matériel, un responsable de la prise de notes ainsi qu'un chef d'équipe.

Il est également nécessaire d'organiser des rencontres hebdomadaires entre la chargée de projet et l'équipe de terrain composée d'un technicien, d'un ouvrier et d'une équipe issue d'une banque de cinq employés saisonniers et occasionnels. Des techniciens plus expérimentés d'Attention FragÎles supervisent et accompagnent les équipes sur le terrain. Ce partage de connaissances et de techniques est une belle opportunité pour l'équipe. C'est l'occasion d'œuvrer avec une grande équipe sur des projets d'envergure tout en formant la relève de demain.

Ce projet a également permis de transmettre des connaissances de l'équipe de projet et de l'équipe terrain aux communautés locales. L'équipe du projet composée de professionnels et chercheurs du LDGIZC ainsi que de la direction, de la chargée de projet et de l'équipe terrain d'Attention FragÎles possède une expertise à partager. Cet accompagnement doit permettre de former la communauté locale sur la dynamique et la restauration des milieux dunaires et les enjeux qui en découlent (protection des côtes et protection de la faune et de la flore). De ce fait, les employés de l'équipe d'Attention FragÎles spécialisés en éducation relative à l'environnement doivent rencontrer à trois reprises les jeunes du 3e cycle du primaire :

- Une première fois pour les sensibiliser à la dynamique des systèmes dunaires et des écosystèmes à grande valeur écologique.
- Une seconde fois pour le nettoyage de la dune parabolique, car celle-ci est souvent utilisée pour des regroupements festifs.
- Une troisième et dernière fois pour faire de la plantation d'ammophile à ligule courte et soutenir les équipes d'Attention FragÎles dans la construction de structures de capteurs de sable.

4 Présentation des résultats et suivis des travaux réalisés

Des interventions ont été effectuées sur les sites priorisés selon les concepts et techniques de restauration retenus pour chacun des types d'écosystèmes. Toutes les restaurations prévues dans le plan initial de la section 3 ont été réalisées et leurs résultats sont présentés dans cette section-ci. L'objectif de ces restaurations est de piéger le sable afin qu'il corrige le relief accidenté dans les dunes mobiles dans les traces profondes causées par la circulation pédestre et motorisée. Chacune des restaurations est posée dans les secteurs au potentiel de reconstruction important. Dans la plupart des cas, une seconde phase de restauration est prévue ou révisée entre temps pour favoriser un profil naturel en évolution.

Le protocole et les méthodes de suivi des sites ont été réfléchis et élaborés conjointement par les équipes du LDGIZC de l'UQAR et d'Attention FragÎles. Le suivi préconisé concorde avec les méthodes utilisées par les équipes d'Attention FragÎles. La collaboration université – organisme local a permis de bonifier les méthodes de suivi existantes et utilisées. En effet, il est intéressant de mettre en pratique des suivis appuyés de méthodes scientifiques universitaires, à la fine pointe de la technologie, afin d'étudier les effets et les changements des écosystèmes côtiers à court, moyen et long terme. Il importe d'effectuer des suivis à différents moments, définis préalablement (avant et après les restaurations puis suivis bisannuels), afin d'être en mesure d'observer les changements dans ces environnements littoraux. En effet, puisque le processus de restauration et de consolidation d'un continuum côtier est long, il est primordial d'effectuer un suivi à long terme. Pour ce premier rapport annuel, six mois après la mise en œuvre des premiers travaux de restauration de ce projet, l'interprétation des résultats est plutôt hâtive. Il est tout de même possible de faire certains constats qui seront présentés dans cette section.

Les premières activités d'acquisition de données sur l'état initial des sites, incluant la caractérisation sur le terrain ainsi que les premiers levés par drone combinées au système RTK (DGPS), ont été réalisées en octobre 2019, immédiatement avant le début des travaux. Un second levé de drone et une seconde caractérisation des brèches en décembre 2019, réalisées après les travaux, ont permis de réaliser le suivi (1) post restauration. Ces activités sont les résultats du travail collaboratif des équipes de professionnels d'Attention FragÎles et du LDGIZC de l'UQAR.

À ce jour, il est encore impossible de faire un bilan sédimentaire, mais l'étude photogrammétrique évolutive permettra éventuellement d'en tirer davantage d'informations. De plus une caractérisation de tous les écosystèmes côtiers visant à mieux connaître l'état de santé de la végétation dunaire, des milieux humides et des herbiers aquatiques est aussi en cours. Cette étude servira également à la validation du choix des secteurs de restauration, en fonction de l'état de santé et/ou de dégradation des écosystèmes caractérisés.

4.1 Résultats et suivi des travaux dans le secteur de la Baie Clarke

La Baie Clarke est reconnue pour la qualité de ses herbiers de zostère et des marais maritimes présents sur toute la bande intertidale. La dynamique de la dune parabolique est complexe et les études réalisées conjointement avec le LDGIZC contribuent à l'acquisition de connaissances très importantes et spécifiques à ce secteur. Cette acquisition rend la planification et le suivi de l'évolution des sites plus complets.

Les restaurations proposées dans la section 3 ont été créées et mises en place dans le système dunaire en novembre 2019 par l'équipe d'Attention FragÎles. Au total, c'est 2 630 m^2 de superficie dunaire qui a directement été améliorée grâce aux restaurations mises en place cette année.

Une fois complétées, ces restaurations ont rapidement permis de limiter la quantité de sable qui transitait de la dune parabolique vers le marais maritime et la Baie Clarke. Ces restaurations ont par le fait même protégé la dune des perturbations contribuant à leur dégradation. Les capteurs de sable ont permis d'amoindrir la déflation éolienne et la concentration de l'énergie du vent dans les cuvettes et les brèches anthropiques. En 2019, les capteurs ont élevé le niveau de sable et comblé les brèches. De sites en érosion, les brèches restaurées ont passé au stade d'accumulation. Les sites les plus exposés à l'ouest étaient les plus endommagés par l'érosion, mais sont aussi ceux qui montraient le plus grand potentiel d'ensablement, donc de régénération.

Dans une prochaine phase de restauration prévue pour 2020, d'autres capteurs seront installés sur certains de ces sites et pourront favoriser la restauration complète de brèches. Une fois la quantité de sable suffisante accumulée dans les brèches, la plantation d'ammophile viendra stabiliser l'accumulation de sable.

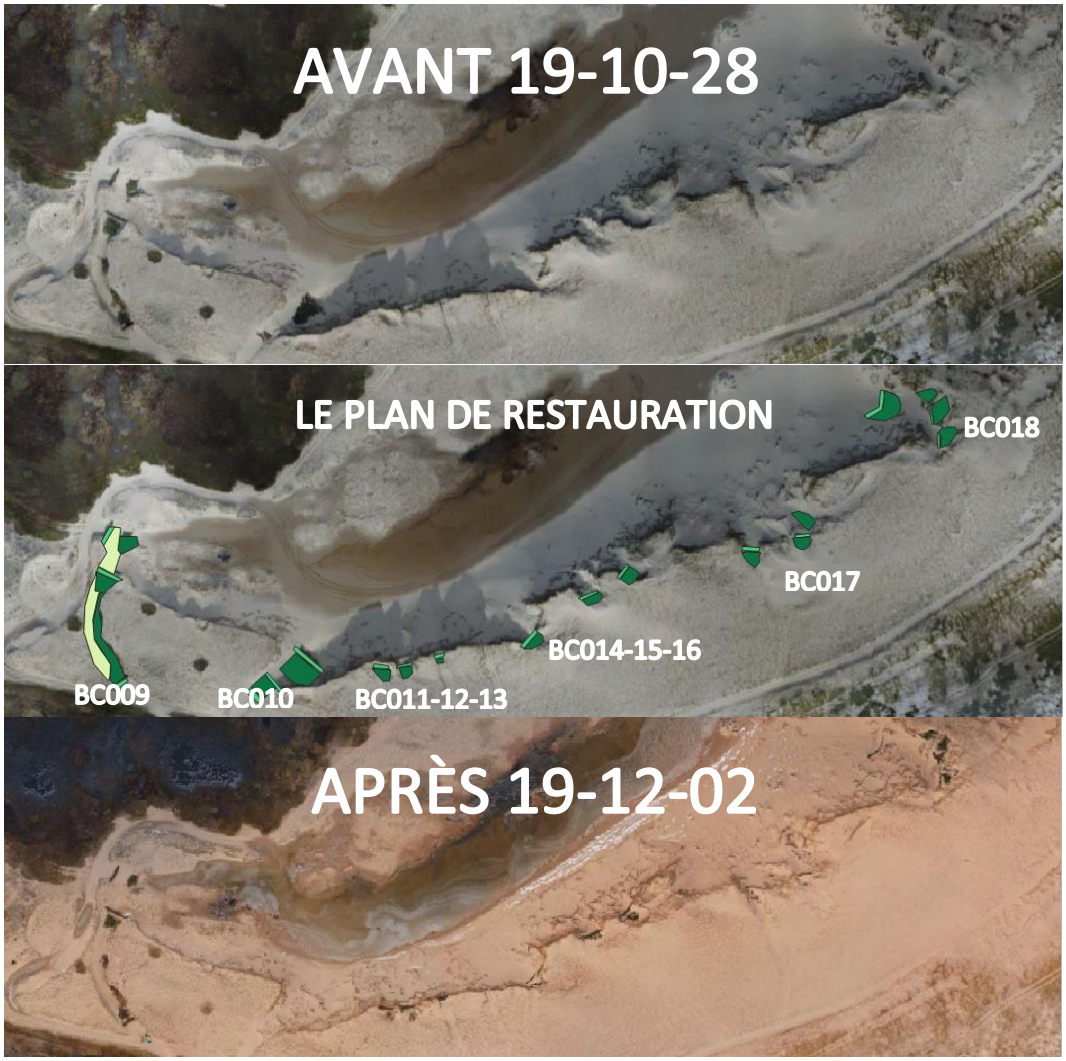


Figure 28. Plan général des différentes phases de suivis dans le secteur de la Baie Clarke

La figure 28 présente les résultats et suivis des différentes étapes du projet en 2019. La première image, prise le 28 octobre 2019, devait représenter le terrain initial, soit avant les travaux. Les restaurations des sites BC009 et BC010 ont toutefois dû être réalisées avant le premier levé par drone, correspondant au temps zéro, afin de faire participer les jeunes de l'école de Grosse-Île dont les contraintes d'horaire permettaient peu de flexibilité. L'équipe d'Attention FragÎles a répondu rapidement à ces contraintes et a pu mettre en place des mesures de restauration. Pour ce qui est des autres brèches, elles sont bien présentées dans leur état initial sur la première image.

La seconde image (figure 28) représente le plan de restauration du secteur qui aide à mieux contextualiser les restaurations dans leur ensemble. La troisième et dernière image (figure 28) prise le 12 décembre 2019 a été réalisée pour faire un premier suivi post-restaurations. Sur cette imagerie, il est possible de constater l'ensablement des structures et un adoucissement de la pente de certaines falaises dunaires en érosion ainsi qu'une crête dunaire de la dune

parabolique un peu plus équilibré. Les traces dans la dune sont de plus en plus comblées de sable et tendent à disparaître.

La Figure 29 représente l'évolution du site de restauration BC009 qui comprend sept (7) aménagements et structures visant le rétablissement de cette brèche anthropique causée par la circulation motorisée essentiellement. Grâce à ces trois (3) fascines, ces deux (2) tapis de branchage et ces deux (2) grandes plantations composées de 2760 plants d'ammophile à ligule courte, la superficie restaurée (directe) correspond à 400 mètres carrés (annexe 4).

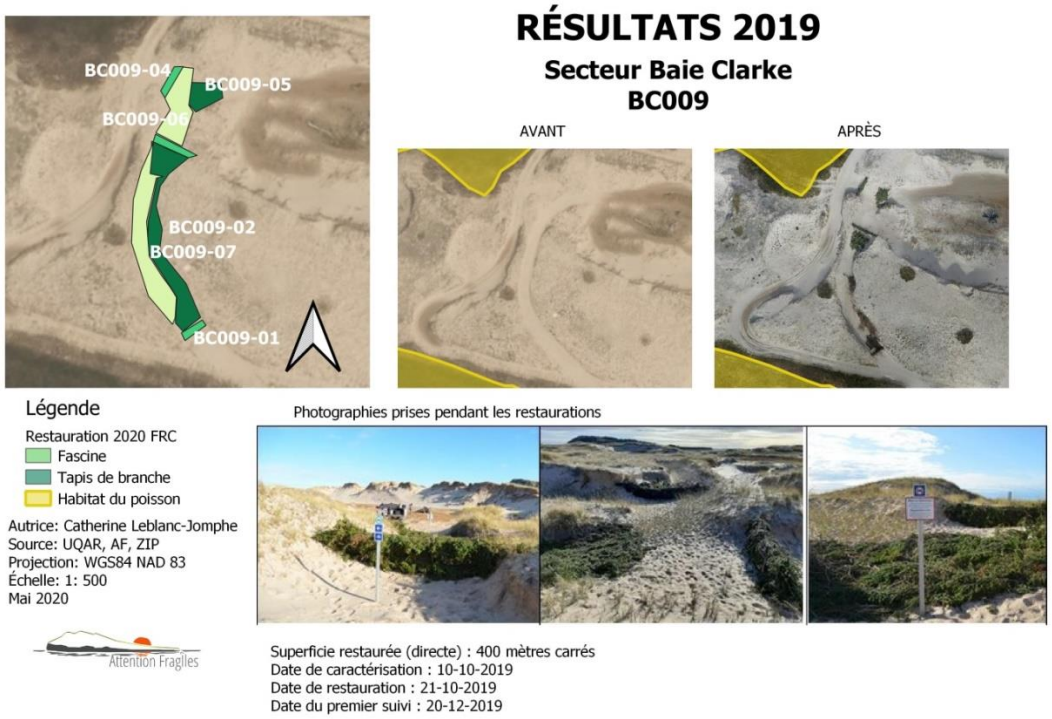


Figure 29. Présentation des résultats des restaurations 2019, site BC009

Le site est passé d'un statut *en érosion* à un statut *stable*. Le suivi (figure 30) a permis de confirmer l'ensablement des structures en moyenne de 20 % et un état général du site et des structures de 10/10. Les plantations sont des succès et 100 % des plants étaient encore vigoureux. Le transport de sable dans cette section est moindre à cause de la végétation dense du secteur, alors il est tout à fait normal que l'ensablement des structures soit plus lent que dans d'autres secteurs où le sable sec est disponible et la végétation absente.



Figure 30.Photos du suivi du site BC009

La figure suivante (figure 31) représente l'évolution du site de restauration BC010 qui comprend cinq (5) aménagements et structures visant le rétablissement de cette brèche anthropique causée par la circulation motorisée et la déflation éolienne. Grâce à ces trois (3) fascines, ces deux (2) tapis de branchage la superficie restaurée (directe) correspond à 400 mètres carrés (annexe 4).



Figure 31. Présentation des résultats des restaurations 2019, site BC010

Le site est passé d'un statut *en érosion* à un statut en *accumulation*. Le suivi (figure 32) a permis de confirmer l'ensablement des structures en moyenne de 95 % et un état général du site et des structures de 10/10. Le secteur pourra bénéficier d'une plantation afin de stabiliser les sédiments au printemps et a l'été 2020.



Figure 32.Photos du suivi du site BC010

La figure 33 présente les résultats du site de restauration BC011-12 et 13 qui comprennent dans son ensemble six (6) aménagements et structures visant la cicatrisation de ces trois (3) brèches anthropiques causées par la circulation motorisée. Grâce à ces trois (3) fascines, ces trois (3) tapis de branchage la superficie restaurée (directe) correspond à 180 mètres carrés (annexe 4).

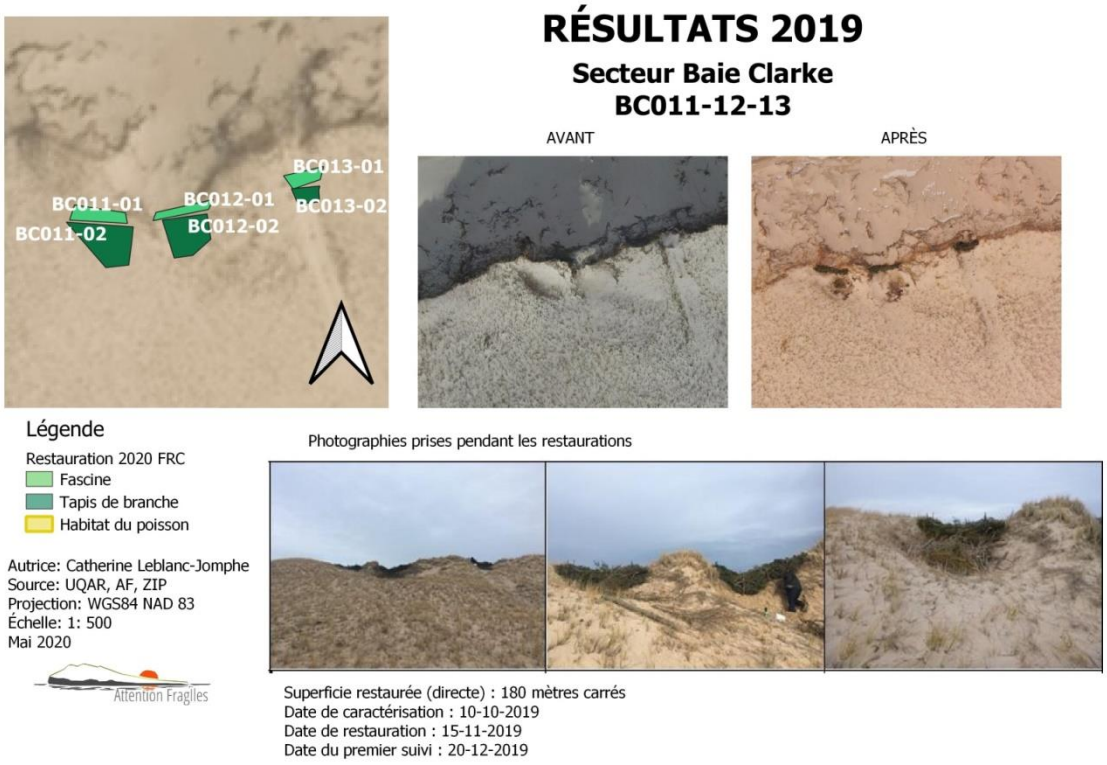


Figure 33. Présentation des résultats des restaurations 2019, sites BC011-12-13

Le site est passé d'un statut *en érosion* à un statut en *accumulation*. Le suivi (figure 34) a permis de confirmer l'ensablement des fascines en moyenne de 50 % et des tapis de branchage de 90 %. L'état général des structures est de 9/10 pour les fascines et de 10/10 pour les tapis de branchage. Le recul général de la crête dunaire explique la vulnérabilité des fascines installées au bord de la falaise, mais les tapis de branchage derrière ont retenu l'accumulation de sable et profiteront d'une plantation afin de stabiliser les sédiments au printemps et à l'été 2020.



Figure 34.Photos du suivi des sites BC011-12 et 13

Tout comme la précédente, la figure 35 présente les résultats du site BC014-15 et 16 qui comprennent dans son ensemble six (6) aménagements et structures visant la restauration de ces trois brèches anthropiques causées par la circulation motorisée. Les trois (3) fascines et trois (3) tapis de branchage qui sont installés permettent de restaurer une superficie (directe) de 300 mètres carrés (annexe 4).



Figure 35. Présentation des résultats des restaurations 2019, sites BC014-15-16

Le site est passé d'un statut *en érosion* à un statut en *accumulation*. Le suivi (figure 36) a permis de confirmer l'ensablement des fascines en moyenne de 75 % et des tapis de branchage de 95 %. L'état général des structures est de 10/10 pour les fascines et de 10/10 pour les tapis de branchage. Les trois (3) brèches restaurées profiteront d'une plantation, afin de stabiliser les sédiments accumulés, au printemps et à l'été 2020.



Figure 36. Photos du suivi des sites BC013-14 et 15

La figure 37 présente les résultats du site BC017 qui comprend dans son ensemble cinq (5) aménagements et structures visant la restauration de ces trois brèches anthropiques causées par la circulation motorisée. Les deux (2) fascines et trois (3) tapis de branchage qui sont installés permettent de restaurer une superficie (directe) de 700 mètres carrés (annexe 4).



Figure 37. Présentation des résultats des restaurations 2019, site BC017

Le site est passé d'un statut *en érosion* à un statut en *accumulation*. Le suivi (figure 38) a permis de confirmer l'ensablement des fascines en moyenne de 90 % et des tapis de branchage de 95 %. L'état général des structures est de 10/10 pour les fascines et de 10/10 pour les tapis de branchage. Cette grande brèche restaurée bénéficiera d'une plantation, une dernière étape permettant de stabiliser les sédiments accumulés, au printemps et à l'été 2020.



Figure 38.Photos du suivi du site BC017

La figure suivante (figure 39) représente l'évolution du site de restauration BC018 qui comprend huit (8) aménagements et structures visant le rétablissement de cette brèche anthropique causé par la circulation motorisée et la déflation éolienne. Grâce à ces quatre (4) fascines, ces quatre (4) tapis de branchage la superficie restaurée (directe) correspond à 650 mètres carrés (annexe 4).



Figure 39. Présentation des résultats des restaurations 2019, site BC018

Le site est passé d'un statut *en érosion* à un statut en *accumulation*. Le suivi (figure 40) a permis de confirmer l'ensablement des structures en moyenne de 90 % et un état général du site et des structures de 10/10. Le secteur pourra bénéficier d'une seconde phase de restauration impliquant de nouveaux capteurs de sable ainsi qu'une plantation afin de stabiliser l'énorme quantité de sable accumulée dans la structure et derrière la dune au printemps et a l'été 2020.

Ces actions permettront de limiter le transport de sable qui circule en direction du marais maritime et de la Baie Clarke.



Figure 40.Photos du suivi du site BC018

Les principaux constats concernant les sites restaurés en 2019 dans le secteur de la Baie Clarke sont les suivants :

- Les restaurations réalisées dans les sites de la dune parabolique sont toutes demeurées en place et ont capté une quantité importante de sable.
- Aucune structure n'est endommagée.
- Aucune nouvelle brèche anthropique ne s'est formée dans le secteur.
- 60% des fascines étaient comblées par le sable.
- 90 % des tapis de branchage étaient comblés par le sable.
- 100% des plants d'ammophile étaient en santé.
- Les sites en érosion qui ont bénéficié de restaurations ne sont plus en érosion, le statut accumulation figure dans chacune des fiches de caractérisation, sauf la BC009 qui est stable (exemple annexe 1).
- Le trait de côte est beaucoup plus continu et linéaire.
- Les traces profondes et les encoches dans le sommet de la dune ont disparu, comblées par le sable.
- Une grande amélioration est observée pour l'équilibre du sommet de la dune.
- Certains sites pourront recevoir une deuxième phase de restaurations au printemps prochain.

4.2 Résultats et suivis des travaux dans le secteur de la Dune de l'Ouest

La Dune de l'Ouest est géographiquement très vulnérable à la submersion notamment dû au profil bas de la plage, ainsi qu'à l'érosion de la plage et de la dune bordière en raison de son exposition aux vents dominants et aux tempêtes. La dynamique est complexe et les études réalisées conjointement avec le LDGIZC du l'UQAR contribuent à l'acquisition de connaissances très importantes et spécifiques sur ce secteur. Cette acquisition de connaissances renforce la planification et le suivi de l'évolution des sites de restauration. Un très grand marais est situé sur

presque toute la marge intérieure de la Baie du Havre aux Basques et une bande de zostère marine semble bel et bien présente au sud de la baie.

Les deux sites de restaurations proposés dans la section 3 et installés dans le système dunaire en novembre 2019 visaient à limiter l'ensablement et la submersion qui transitait de l'ouest à l'est, donc vers le marais maritime et la zostère marine du sud de la Baie du Havre aux Basques. Ces restaurations visaient par le fait même à protéger la dune des perturbations contribuant à leur dégradation. Les capteurs de sable ont permis d'amoindrir la déflation éolienne et la concentration de l'énergie du vent dans la brèche anthropique d'un site, mais dans une moindre mesure sur l'autre site qui est en fait une brèche de tempête en submersion récurrente.

Plusieurs restaurations ont été réalisées par le passé sur cette portion de dune. Elles ont en majeure partie présenté un excellent taux d'efficacité et un pourcentage d'ensablement satisfaisant frisant le 90%. En 2019, c'est avec une grande motivation que l'équipe a installé des restaurations sur 1 400 m^2 de superficie. Quoique les résultats présentés ci-dessous montrent une augmentation de l'érosion du système dunaire du côté sud du goulet, il n'en demeure pas moins que l'analyse de l'ensemble de l'écosystème côtier pourrait révéler des résultats positifs, malgré tout.

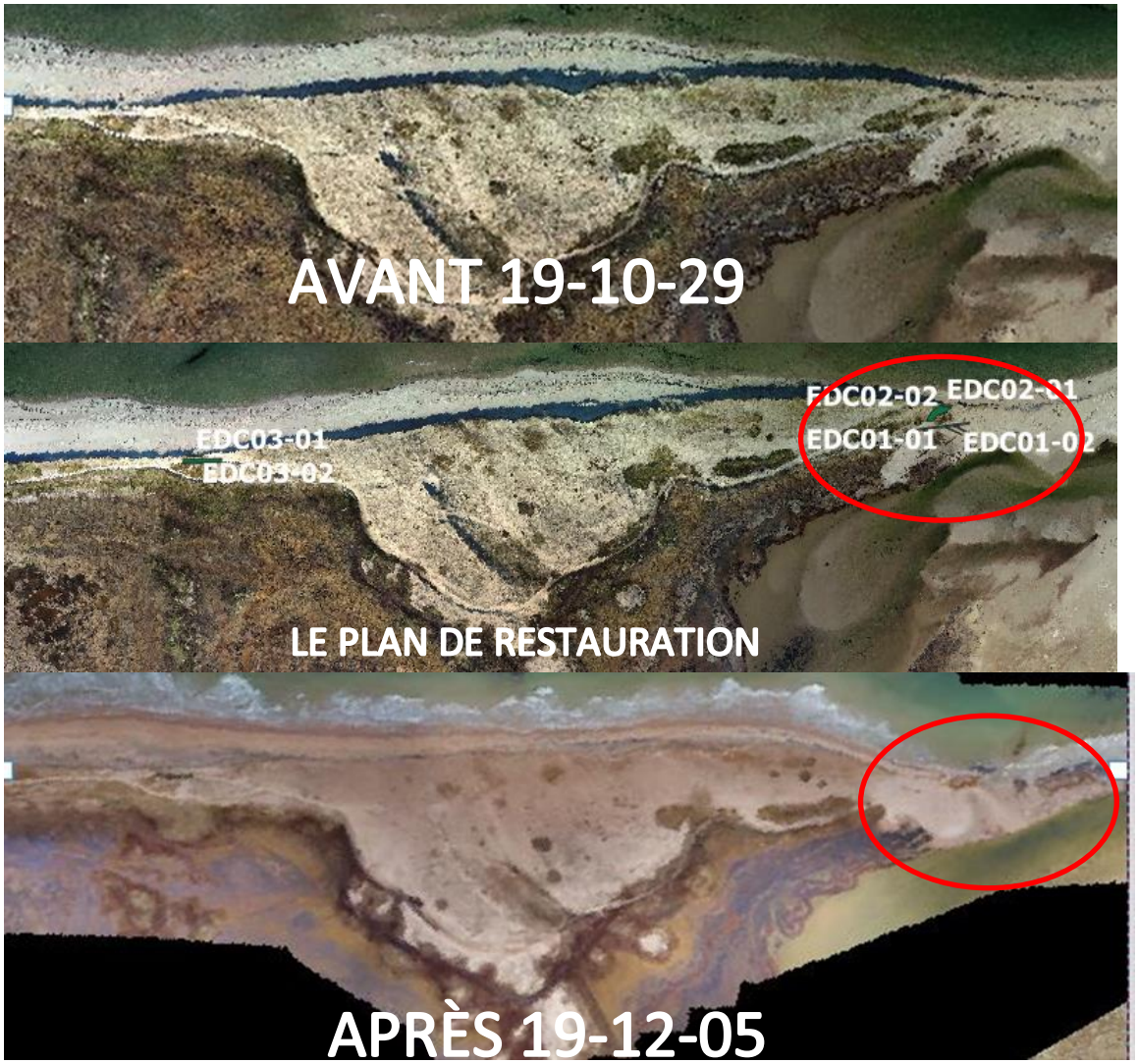


Figure 41.Plan général des différentes phases de suivis dans le secteur de la Dune de l'Ouest

La figure 41 présente les résultats et suivis des différentes étapes du projet en 2019. La première image représente le terrain initial, soit avant les travaux pris le 29 octobre 2019. La seconde image (figure 41) présente le plan de restauration du secteur qui aide à mieux contextualiser les restaurations dans leur ensemble. La troisième et dernière image (figure 41) prise le 5 décembre 2019 a été réalisée pour faire un premier suivi post restaurations. Sur cette imagerie, il est possible de constater l'érosion complète de la pointe de la dune et donc la disparition des structures de restauration EDC01 et EDC02. Les fortes tempêtes d'automne combinées à des niveaux d'eau élevés ont emportés une grande partie de la dune végétalisée et les structures implantées à l'intérieur de celle-ci. Toutefois la restauration EDC03 est visible et accumule le sable à l'intérieur de la brèche anthropique.

Le site EDC01 et EDC02 (figure 42) situé sur la portion sud de la Dune de l'Ouest est un secteur très dynamique qui a démontré par le passé des phases d'accrétion et d'érosion importantes. Les observations des dernières années démontrent plutôt un recul de la bande riveraine vers le sud et le recul se traduit par une perte de sédiments de la dune bordière qui transitent possiblement vers la Baie du Havre aux Basques. L'équipe d'Attention FragÎles, supportée par le LDGIZC, a voulu consolider la pointe de la dune avec des structures souples bien ancrées au sol, comme le montre le plan de restauration de la section 3.



Figure 42. Présentation des résultats des restaurations 2019, sites EDC01-02

Comme le montrent les images ci-dessous (post-restaurations, figure 43), une tempête de novembre avec des vents du nord-ouest accompagnés d'une surcote a emporté toutes les structures construites près du goulet. D'autres suivis et une caractérisation détaillée des écosystèmes seront nécessaires afin de mieux comprendre l'ensemble de la dynamique qui forme ce grand système côtier et évaluer si des interventions dans ce secteur sont envisageables ou si les probabilités de succès demeurent faibles.



Figure 43.Photos du suivi des sites EDC01 et EDC02

La figure suivante (figure 44) représente l'évolution du site de restauration EDC03 qui comprend deux (2) aménagements et structures visant le rétablissement de cette brèche anthropique causée par la circulation motorisée. Grâce à une seule fascine et un grand de branchage la superficie restaurée (directe) correspond à 400 mètres carrés (annexe 4).



Figure 44. Présentation des résultats des restaurations 2019, site EDC03

Le site est passé d'un statut *en érosion* à un statut en *accumulation*. Le suivi (figure 45) a permis de confirmer l'ensablement de la fascine de 80% et du tapis de branchage de 50% et un état général du site et des structures de 8/10. Lors de la visite, aucune nouvelle perturbation anthropique n'était présente et le sentier balisé semble être respecté jusqu'à maintenant.



Figure 45.Photos du suivi du site EDC03

Les principaux constats concernant les sites restaurés en 2019 dans le secteur de la Dune de l'Ouest sont les suivants :

- Le site du goulet de L'Étang-des-Caps (EDC01 et EDC02) dans le secteur de la Dune de l'Ouest est le seul site qui n'a pas connu de succès de restauration.
- Certains sites ne pourront être restaurés avec ces techniques en raison de leur trop grande exposition aux aléas côtiers, notamment la forte érosion et les épisodes récurrents de submersion.
- Les méthodes de restaurations employées ne résistent pas à la submersion marine.

4.3 Suivi général

Le suivi des sites restaurés par Attention FragÎles en collaboration avec l'équipe du LDGZIC de l'UQAR a permis à l'organisme de pratiquer de nouvelles techniques plus technologiques, fiables, comparables et reproductibles. La technique d'acquisition d'imagerie par drone combinée aux relevés RTK (DGPS) a servi notamment à présenter plusieurs figures du présent rapport, mais possède aussi une tonne d'informations permettant éventuellement de mesurer le taux d'ensablement. Le suivi par photogrammétrie est un excellent outil pour interpréter les mesures altimétriques, pour faire des suivis et pour constater la dynamique des écosystèmes côtiers. De plus, avec l'équipe du LDGIZC, Attention FragÎles a assisté à la réalisation des profils topographiques au DGPS (système RTK en topographie continue) dans les lagunes, qui permettront de détecter et mesurer l'ensablement de ces plans d'eau (annexe 3). Le bilan sédimentaire issu de la comparaison temporelle des données de photogrammétrie pourra éventuellement permettre de quantifier le déplacement de ces sédiments. Le projet ne possède présentement qu'un historique de six mois, le processus de restauration est récent et les premières observations ne permettent pas encore de tirer des conclusions probantes. Les constats liés aux observations actuelles tendent vers le positif et montrent des signes encourageants en ce qui concerne l'évolution de la santé des écosystèmes côtiers. De plus, aucune dégradation causée directement par les infrastructures de protection n'a été remarquée. En effet, la capacité des fascines et des tapis de branchage à retenir le sable sec est un immense succès. L'installation tardive des structures pendant l'automne ne semble pas avoir affecté leur capacité d'accumulation de sable.

4.4 Transfert de connaissances

Ce projet est réalisé par une équipe dont l'expertise est diversifiée et appuyé par les partenaires du milieu. Plusieurs rencontres entre les membres de la communauté et les collaborateurs impliqués dans ce projet ont eu lieu et les échanges sont riches en connaissances scientifiques, techniques, ancestrales et savoir-faire locaux.

Une session intensive de trois jours aux Îles-de-la-Madeleine a permis de planifier et de transférer les connaissances scientifiques et techniques entre les universités et les

professionnels locaux. Les membres de l'équipe les plus impliqués dans le projet étaient présents soit Pascal Bernatchez directeur du LDGIZC de l'UQAR, Mathieu Cusson, professeur au Laboratoire des sciences aquatiques de l'UQAC, Marie-Ève Giroux, directrice générale d'Attention FragÎles, Catherine Leblanc Jomphe, écogégraphe et chargée de projet et Sandrine Papageorges, professionnelle de recherche au LDGIZC de l'UQAR. Tous ont profité d'un grand partage de temps, de connaissances et de données précieuses. Ces rencontres de travail ont également permis de co-construire les protocoles d'intervention et la méthodologie de suivi par l'intégration de savoirs locaux et scientifiques.

Dans un même ordre d'idée, la pérennité des travaux de restauration passe par une compréhension des milieux naturels et une implication des communautés locales. C'est pourquoi Attention FragÎles favorise la participation des écoles et des utilisateurs des milieux côtiers dans les travaux, afin de les amener à mieux comprendre la fragilité et l'importance d'un écosystème en santé ainsi que de favoriser l'adoption de bonne pratique et la pérennité des travaux réalisés. L'éducation relative à l'environnement est au cœur de la mission de l'organisme et essentielle pour le travail de protection des milieux côtiers qui ne peut atteindre réellement ses visées sans la collaboration avec les utilisateurs de ces milieux. Lors des rencontres avec les jeunes du 3e cycle de l'école de Grosse-Île, les échanges entre les intervenants et les participants se sont avérés très fructueux et ont favorisé la participation citoyenne (figure 46).

L'implication des utilisateurs est un élément préalable nécessaire pour assurer la pérennité des actions de restauration dans les milieux vulnérables aux perturbations d'origine anthropique. En effet, une implication plus soutenue des utilisateurs les outille pour mieux comprendre leur environnement, l'importance de protéger les milieux fragiles ainsi que l'impact de leurs pratiques sur ces derniers. À plus long terme, on vise à amener ces utilisateurs à adopter de bonnes pratiques et à des changements de comportements qui favoriseront des écosystèmes côtiers sains et résilients.



Figure 46. Groupe de jeunes de l'école de Grosse-Île avec leurs accompagnateurs et Attention FragÎles.

5 Recommandations d'étape

L'année 2019 a été, aux Îles-de-la-Madeleine, une année marquée par des conditions météorologiques extrêmes. Les tempêtes fracassantes ont affaibli l'équilibre fragile des milieux dunaires, principale protection côtière de l'archipel face à la mer. En pénétrant dans les brèches, le vent et les vagues poussent et déplacent de grandes quantités de sable, qui se retrouvent ensuite à l'intérieur des écosystèmes côtiers connexes. Les dunes sont donc les seuls remparts pour protéger les terres intérieures, les milieux humides et les plans d'eau intérieurs. Il va donc de soi que les protéger et veiller à leur équilibre est essentiel.

Attention FragÎles a pu prendre une place non négligeable dans ce projet en étant mandaté pour planifier, coordonner, réaliser et assurer une partie du suivi des interventions de restauration des dunes mobiles réalisées dans le cadre du présent projet en 2019. L'organisme sait que la sensibilisation et la participation des citoyens dans le processus sont indispensables au succès des restaurations. L'implication des utilisateurs dans le processus de restauration est un élément incontournable. Même si ce processus est parfois long et exigeant, il est indispensable de prendre ce temps. Le partage de connaissances, les échanges de points de vue, le respect des idées, l'empathie et l'éducation sont tous des éléments importants à considérer lorsque l'on s'apprête à intervenir sur le territoire madelinot. Mieux encadrer la circulation motorisée et piétonne en mettant en place un cadre et des consignes claires et sans ambiguïtés sont aussi d'excellents moyens de limiter le nombre de brèches anthropiques dans les dunes mobiles.

En 2019, l'équipe d'Attention FragÎles a aussi retenu bien des leçons, notamment que les changements climatiques qui s'opèrent aux Îles-de-la-Madeleine représentent un défi de taille, moyennant des ajustements coûteux et majeurs. Il importe d'observer attentivement le paysage et de considérer plus consciencieusement certains éléments, tels que l'élévation du niveau marin, les surcotes et la récurrence des tempêtes. Les outils et les excellentes références qu'Attention FragÎles partage maintenant avec le LDGIZC de l'UQAR permettent de mieux analyser le terrain et de bien interpréter la dynamique naturelle des dunes. Les constats d'étape et les recommandations pour les prochaines années sont ceux-ci :

- Posséder plus d'outils et d'autonomie dans l'acquisition de donnés par le géoréférencement haute précision (DGPS).
- Acquérir des connaissances et trouver des méthodes adaptées, peu coûteuses et accessibles pour protéger les milieux fragiles de la submersion marine.
- Bien identifier la position des restaurations par rapport à la ligne des hautes eaux et la ligne des pleines mers supérieures de grandes marées pour connaître leur vulnérabilité à la submersion.
- Faire les restaurations par étapes, stabiliser le sol autant que possible avec de la végétation (planter et semer aussi) et miser sur l'implication des utilisateurs du secteur.
- Ne pas hésiter à faire des restaurations en automne, tant que le sable sec est disponible (avant le gel au sol).

Références

Andrew,B.;Berg, R. et al (2020). Hurricane Dorian-24 august-7 september 2019. Hagen National Hurricane Center 20 April 2020. [En ligne] https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/AL052019_Dorian.pdf

Attention FragÎles (2010). J'y mets mon grain de sable! Rapport final, présenté à la Fondation de la Faune du Québec, 30 mai 2010. [En ligne] https://catalogue.ogsl.ca/data/attention-fragiles/2a3b59bb-7f82-4e1b-8ead-67372c1b08c1/rapport_2009-2010_grain_de_sable.pdf

Attention FragÎles (2011). J'y mets mon grain de sable! La tournée des cantons sur l'érosion. Compte-rendu des rencontres présenté au conseil municipal et aux citoyens printemps. [En ligne] http://www.attentionfragiles.org/docs/fichiers/Annexe-7_Document-synthese.pdf

Audet Morin, M. (2010). Géomorphologie marine des zones extracôtières est et sud des Îles-de-la-Madeleine, Québec, Université Laval. Mémoire de maîtrise département de géographie. [En ligne] https://scholar.google.ca/scholar?hl=fr&as_sdt=0%2C5&q=temp%C3%AAte+verte+temp%C3%AAte+bleues+iles+de+la+madeleine&btnG=

Barnett, R.L., Bernatchez, P., Garneau, M., Juneau, M.-N. (2017) Reconstructing late Holocene relative sea-level changes at the Magdalen Islands (Gulf of St. Lawrence, Canada) using multi-proxy analyses. Journal of Quaternary Science, vol 32 (3): 380-395.

Bernatchez, P., Drejza, S. et Dugas, S. (2012) Marges de sécurité en érosion côtière : évolution historique et future du littoral des îles de la Madeleine. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport remis au ministère de la Sécurité publique du Québec, juillet 2012, 71 p. et annexes. [En ligne] https://sigec.cartovista.com/Web/docs/default-source/default-document-library/marge_erosion_idlm_aout2012_uqar.pdf?sfvrsn=8b3f44bc_0

Bernatchez, P., Dugas, S., Fraser, C., Da Silva, L. (2015). Évaluation économique des impacts potentiels de l'érosion des côtes du Québec maritime dans un contexte de changements climatiques. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport remis à Ouranos, 45 p. et annexes

Bernatchez, P. et Quintin, C. 2016. Potentiel de migration des écosystèmes côtiers meubles québécois de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent dans le contexte de la hausse appréhendée du niveau de la mer. Le Naturaliste Canadien : 140, no 2, p.91-103.

Bourgeois, M., DeSinety M. et Giroux MÉ. 2018. Caractérisation environnementale de sentiers VTT dans le Refuge faunique de la Pointe-de-l'Est. Rapport final. Attention FragÎles. Îles-de-la-Madeleine (Québec). 79 p.Catastrophes naturelles CATNAT.(2020). L'élévation du niveau de la mer pourrait doubler les inondations côtières extrêmes tous les cinq ans aux USA. [En ligne] https://www.catnat.net/gestion-des-risques/changements-climatiques/27532-l-elevation-du-niveau-de-la-mer-pourrait-doubler-les-inondations-cotieres-extremes-tous-les-cinq-ans-aux-usa

Corriveau, M., Bernatchez, P., Belzile, M. et Senneville, S. 2019, Influence de la réduction du couvert de glace sur l'érosion côtière en bordure des infrastructures routières de l'Est du Québec dans un contexte de changements climatiques (CC04.1) : Rapport final. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport final remis au ministère des Transports du Québec, avril 2019, 457 p. et annexes.

DeSinety M. (2012). J'y mets mon grain de sable! Bilan de succès des restaurations en milieux dunaire. Rapport final présenté au PIC. Attention FragÎles, mai 2010. [En ligne] https://catalogue.ogsl.ca/data/attention-fragiles/2a3b59bb-7f82-4e1b-8ead-67372c1b08c1/rapport_succes_restaurations_2012_grain_de_sable.pdf

Juneau, M-N. (2012). Hausse récente du niveau marin relatif aux îles de la madeleine, Université du Québec à Rimouski. Mémoire de maîtrise département de géographie. [En ligne] http://semaphore.uqar.ca/id/eprint/885/1/Marie-Noelle_Juneau_avril2012.pdf

LDGIZC.(2018). La zone côtière Comprendre-Partager-S'adapter. Chaire de recherche en géoscience côtière. Bulletin d'information n^{0}3, été 2018.

Leblanc Jomphe, C. (2019). Rapport final du projet de Restauration dunaire et protection des milieux humides du littoral des Îles de la Madeleine 2016-2019, Attention FragÎles, mars 2019.

Mallet C., Michot A. avec la collaboration de De La Torre Y., Lafon V.,Robin M.et B. Prevoteaux(2012) - Synthèse de référence des techniques de suivi du trait de côte - Rapport BRGM/RP-60616-FR, 162 p., 100 fig., 7 ann. [En ligne] http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-60616-FR.pdf

MASSE M.-O., MORISSETTE A., HETU B., TITA G. et VIGNEAULT. (2011). Inventaire du patrimoine géomorphologique de l'archipel des Îles-de-la-Madeleine et identification des stratégies de valorisation géotouristique. [En ligne] https://www.uqar.ca/uqar/recherche/unites_de_recherche/cermim/geodiversite_iles-de-la-madeleine.pdf

Mills, K. E., & Fonseca, M. S. (2003). Mortality and productivity of eelgrass Zostera marina under conditions of experimental burial with two sediment types. *Marine Ecology Progress Series*, *255*, 127-134.

Suanez, S (2010). La question du bilan sédimentaire des côtes d'accumulation Rôle des forçages naturels et anthropiques dans les processus morphodynamiques analysés à partir de quelques exemples pris en Méditerranée et en Bretagne. [En ligne] https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00488966/file/Suanez_HDR.pdf

Glossaire

Brèche de tempête: Encoche dans le haut de la plage et dans la dune mobile causée par les vagues et les vents forts lors de surcotes de marée et de tempêtes.

Brèche anthropique : Encoche dans le haut de la plage et dans la dune mobile causée par la présence humaine, par la circulation motorisée et/ou piétonne.

Caoudeyre: Désigne une cuvette de déflation édifiée par le vent. Sa forme ressemble à un chaudron creusé dans la dune.

Dune : Provient du terme néerlandais *Duin* signifiant "colline", est une accumulation de sable qui se forme sous l'action du vent et de l'eau.

Dune bordière : Dune mobile dite de "première ligne" en arrière de la plage.

Dune en érosion : Encoches dans le haut de la plage pouvant être accompagnées d'une perte de terrain, abaissement de la plage, présence de micro falaises (moins de 2,5 mètres) ou de falaise dunaire.

Dune mobile : Dune qui n'est pas fixée, elle peut être recouverte de végétation composée d'une seule espèce de graminées (ammophile à ligules courtes, élyme des sables, etc.) ou blanche (sans végétation). Ce relief est très dynamique et le transport de sédiments est important.

Dune parabolique : Dune de forme concave, en croissant orienté face au vent dominant.

Dune fixée : Dune recouverte par la végétation (plusieurs espèces et plusieurs strates) en grande proportion. La végétation déploie un système racinaire suffisant pour fixer la dune.

Dune semi-fixée : Dune susceptible d'être fixée. Le système racinaire et le couvert végétal sont en cours de développement et encore vulnérables face à l'érosion.

Équilibre des dunes: Pente régulière sans cassure majeure, végétaux bien implantés dans la partie supérieure, absence ou faible érosion.

Estran: Zone intertidale ou zone de balancement des marées. Celui-ci peut être de nature rocheuse (platier), sableuse (plages) ou encore vaseuse (marais littoral ou slikke).

Haut de plage: Partie de la plage qui marque la fin de l'estran et le début des dunes.

Littoral: Zone d'interface entre la terre et la mer. Légalement, elle est définie comme la zone couvrant la ligne des hautes eaux jusqu'au milieu du cours ou du plan d'eau. Les constructions y sont restreintes voir interdite.

Plage: Partie du rivage où s'accumulent des sédiments fins (sable) et plus grossiers (galets). Elle comprend une partie toujours immergée, la plage, sous-marine et une partie parfois émergée, l'estran.

Ligne de rivage : L'endroit où s'arrêtent le niveau des hautes mers maximales, hors conditions exceptionnelles. Cette limite correspond généralement à la limite de végétation littorale dense. Elle se localise souvent au pied de la dune, d'une falaise ou d'un ouvrage côtier. Sa mobilité provient des processus marins (houles, marées, courants, etc.), éoliens, mécaniques (gel/dégel), et anthropiques (développement d'infrastructures, circulation motorisée, etc.) qui agissent sur le déplacement des sédiments fins et lourds (sables, galets).

Trait de côte : Le trait de côte est la limite supérieure de l'influence directe des agents hydrodynamiques côtiers, incluant les tempêtes exceptionnelles. Cette limite correspond généralement au sommet des falaises, de la crête dunaire ou d'un ouvrage côtier.

ANNEXE 1 – Fiche de terrain et protocole associé

Fiche de suivi brèche dune 2019

Projet:

Nom géographique :				Date et heure :	
Observateur :				Référence Site :	
Nordant (x) :				Eastant (y) :	NoGPS
Etat général du site :					
Etage littoral :	plage	ligne de rivage		arrière plage	dune grise
Dynamique :	accumulation	érosion		stable	
Origine :	piétinnement	circulation VTT		éolienne	tempête autres
Status:	suivi	à restaurer		nouveau	
Besoins:	panneau plantation	capteur de sable		recharge	
Échéancier des travaux :		2019 _____		2020 _____	2021 _____
Végétation :	non végé (0%)	peu (1-25%)		semi (25-50 %)	végé (50-100%)
Type de végé:	Ammophile seulement			Ammophile et autres	
Photos du site (4) : brèche (regard vers la terre et vers la mer) puis de chaque côté (d'en haut):					
Brèche 1	Longueur	Hauteur		Profondeur	
Brèche 2	Longueur	Hauteur		Profondeur	

N° fascine	Longueur	Hauteur	Nb de poteaux	% sable	Etat général /10	Photo

Plantation	Longueur	Largeur	Etat CoirMat	% sable	% vivant	Photo

Haut de plage						
Présence	oui	non				
profondeur	devant la breche		plus grande mesure			plus petite mesure
Dynamique		accumulation				stable
Densité de végétation	non végé	peu	semi	végé		
Présence de débrits ligneux		oui		non		

commentaires

Fiche de suivi brèche dune 2019

Projet:

Proposition de restauration future et croquis:	Prioritaire	Secondaire

Protocole pour la fiche de terrain caractérisation des brèches-suivi

1. Points généraux importants

*Ne pas laisser de cases vides mettre **n/a ou nd** lorsque pas possible de répondre

prendre des mesures précises à l'aide d'un ruban à mesurer et mettre en forme **métrique si possible.

***Laisser autant de **commentaires** que possible

****Faire un croquis** à l'endos en tout temps (une image vaut mille mots) et mettre dans le croquis le côté mer avec un dessin de vague.

*****Faire des photos** (plus que pas assez) minimum 4 et en prendre de chaque angle pour assurer un suivi. Cette étape **est très très très importante**. Elles sont les yeux, la mémoire, le contexte, les mots qui ne sont pas exprimés dans le formulaire.

******Renommer les points les waypoints directement dans le GPS à chaque fois. Si le point est existant, toujours vérifiez s'il doit être repositionné. Si oui, l'indiquer sur la feuille. Toujours marquer les points à la main et les photographier aussi.

2. Indications formulaire (évolutives)

- **Nom géographique** : Nom de la brèche Ex. BC009 ou EDC001
- **Référence site** : Nom du secteur Ex : Baie Clarke ou plage de Grosse Île
- Mettre le numéro du GPS utilisé Ex : GPS #3
- **Coordonnées géographiques :** 47, ... -061, …… ***toujours inscrire.**
- **Étage littoral :** Là où la restauration devrait se faire
- **Dynamique :** Aperçu général autour de la brèche et dans la brèche
- **Origine de la brèche (perturbations, causes)**
- **% de recouvrement :** À l'intérieur de la brèche, peux dépasser 100%, car plusieurs strates ou différent étage végétal Ex : 75% lichen au sol, 50% ammo, 30% joncs….
- **Recouvrement végé :** Est un indice important de stabilité inclus surtout l'ammophile ou d'autres espèces stabilisatrices ligneuses.
- **Photo du site : TRÈS IMPORTANT 4 photo MINIMUM**
    - #1 photo du GPS avec la coordonnée du site
    - #2 photo face avec le haut de plage
    - #3 et #4 des deux côtés de la brèche, le photographe positionné sur le sommet de la dune avec une vue qui englobe le trait de côte générale, avec une vue plus loin.
    - #5 derrière la brèche vers la mer avec une vue générale du terrain

    - Toutes autres photos pertinentes qui parlent. Ex : accumulation de bois flotté sur le haut de plage
    - *******si photo lors des restaurations prendre 4 photos minimum AVANT et 4 photos minimum APRÈS. Prendre aussi des photos pendant l'ouvrage pour montrer les techniques de restauration, de plantation, de transport des matériaux, des faits cocasses, etc.**
- **Mesures initiales :** seulement lors de caractérisation de nouveaux sites si non N/A
- **Suivi restauration :** De la structure
    - Largeur : de la brèche sur le trait de côte, de la végétation dense ou de la microfalaise
    - Hauteur : au trait de côte
    - Nombre de poteaux visibles
    - % accumulation dans la restauration
    - État général de la restauration (si ça prend des retouches, c'est ici que ça doit paraître)
    - Photo : toutes les restaurations doivent être photographiées 4 fois.
- Haut de plage : En bas de la falaise dunaire ou du rempart, accumulation de débris et de bois flotté avec végétation pionnière.
    - Mesure : limite de la végétation la plus représentative, ni la plus longue, ni la plus courte.
    - Recouvrement de la végétation stabilisatrice : ammophile (indiquer si caquiller seulement)

Mettre autant de commentaires possibles, recommandations, ajustements proposés sur les structures, observation pertinente d'érosion, de passage de VTT, d'accumulation de débris, de submersion, etc…

*******Sur le croquis mettre autant d'information que possible, vague pour dessiner l'orientation du dessin par rapport à la mer, végétation sur le site végé, plan de structures (droite, zigzag) les pentes , les sentiers, les particularités du site, le plus possible bref…**

**********NE PAS OUBLIER QUE CETTE FICHE PEUT ÊTRE ANALYSÉE DANS 6 MOIS ET QUE CELLE-CI EST MA MÉMOIRE. ON GAGNE TOUS PLUS DE TEMPS À PRENDRE LE TEMPS DE METTRE UN MAXIMUM D'INFORMATIONS ET DE PHOTOS DANS CE DOCUMENT.**

MERCI,

ET BON TERRAIN :)

ANNEXE 2 - Document technique pour les levés effectués en drone

Réalisé par Sandrine Papageorges, avec la collaboration de Ronan Autret et Denys Dubuc
Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières

Pour Attention FragÎles

Protocole de suivis par drone

Projet FRC – Îles-de-la-Madeleine

Les relevés effectués par drone se font dans les secteurs terrestres où une dégradation des écosystèmes côtiers a été préalablement identifiée. Les images acquises avec un drone permettent de générer, à haute résolution spatiale et temporelle, des orthomosaïques et des modèles numériques de terrain (MNT). Les relevés par drone servent d'outils de base à la conception des mesures de restauration côtières ainsi qu'à évaluer leur efficacité.

Des analyses du bilan sédimentaire et de la végétation (superficie et couverture de végétation) permettront d'évaluer l'efficacité des mesures de restaurations mises en place.

Ces suivis environnementaux sont basés sur le modèle de suivi *Before-After-Control-Impact* (BACI) en incluant des suivis avant et après les interventions, ainsi qu'en suivant à la fois le site d'intérêt et des sites témoins (Smokorowski & Randall, 2017).

Objectifs

- Produire des orthomosaïques et des MNT à haute résolution spatiale et temporelle pour les secteurs de systèmes côtiers dunifiés dégradés
- Aider à la conception des mesures de restauration
- Quantifier les variations sédimentaires pour évaluer l'efficacité des mesures de restauration
- Numériser la superficie et la couverture de végétation pour évaluer l'état des écosystèmes étudiés et l'efficacité des mesures de restauration

Fréquence

- Avant la restauration (état initial pour élaborer la conception)
- Juste avant la restauration (jours précédents)
- Juste après la restauration (jours suivants)
- Suivis au printemps et à l'automne chaque année

Site d'intérêt, sites témoins

Pour chaque site d'intérêt restauré, deux sites témoins sont aussi suivis à la même fréquence :

- Site témoin impacté où aucune intervention n'a été effectuée

- Site témoin non perturbé

Les sites témoins doivent être situés à proximité du site d'intérêt et présenter des conditions environnementales similaires : mêmes types d'environnements, orientation, dynamique, etc.

Le site témoin impacté où aucune intervention n'a été effectuée doit présenter un état de dégradation similaire à celui du site d'intérêt avant les restaurations. Le suivi de l'évolution des deux sites sur quelques années, donc sous les mêmes conditions environnementales, pourra permettre de déterminer l'efficacité des mesures de restaurations au site d'intérêt selon qu'une différence est notée ou non dans leur évolution respective.

Le site témoin non perturbé présente pour sa part les caractéristiques vers lesquelles le site d'intérêt restauré devrait tendre si les restaurations mises en place sont efficaces. Il s'agit de l'état de référence souhaité pour le site d'intérêt.

Méthodologie terrain

Les relevés pris par drone s'effectuent en combinaison avec un DGPS afin d'obtenir un cadre de référence spatiale extrêmement précis (± 3 cm) et comparable d'un suivi à l'autre. Pour ce faire, des cibles sont préalablement disposées à l'intérieur de la zone d'intérêt et géoréférencées au DGPS.

Traitement des données

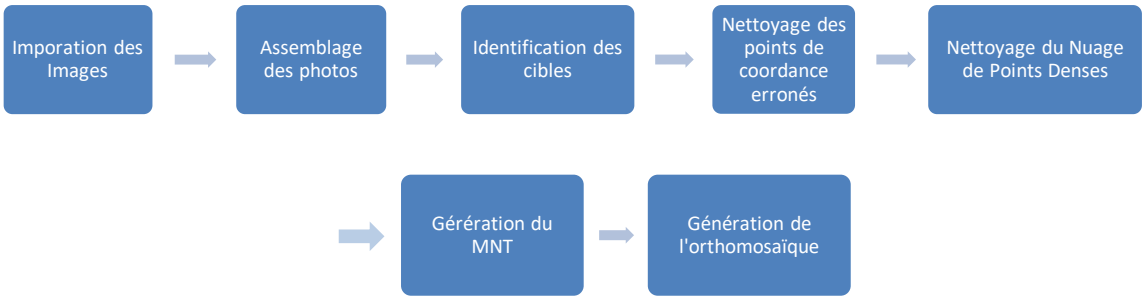
Les images acquises par drone sont traitées avec le logiciel de photogrammétrie Agisoft Metashape Professional (Version 1.6.2). Ce logiciel permet d'assembler de façon très efficace les images acquises qui présentent un recouvrement entre elles.

Les images sont d'abord importées dans le logiciel et grossièrement géoréférencées de façon automatique à partir des coordonnées GPS associées à chaque photo lors de l'acquisition. Un tri de la qualité des images est effectué à cette étape. Les photos ayant un indice de netteté inférieur à 70[2] sont supprimées.

L'assemblage des photos est effectué en mettant en relation des points de concordance présents sur plusieurs images. Des centaines de milliers de points sont générés, formant un nuage de points de concordance brut. Les coordonnées précises (planimétriques et altimétriques) des cibles relevées au DGPS sont associées aux cibles visibles sur les images, permettant d'obtenir un MNT très précis et comparable d'un suivi à l'autre. Un nettoyage des points de concordance erronés est ensuite effectué à l'aide de l'outil *Gradual selection* d'Agisoft Metashape. Le nuage de points dense est ensuite généré. Un dernier nettoyage des points est effectué pour finalement générer le MNT et l'orthomosaïque.

[2] L'indice de netteté est mesuré sur une échelle de 1-100.

Voici en résumé les étapes de traitement permettant de générer les MNT et les orthomosaïques :



Analyses

Deux types d'analyses seront effectuées : l'analyse des variations sédimentaires et celle des changements de la végétation.

Les variations sédimentaires seront mesurées en générant des MNT de différence (*DEMs of difference*) entre 2 suivis (Williams, 2012). Pour ce faire, les valeurs des cellules du MNT récent sont soustraites à celles du MNT précédent grâce à l'outil *Raster Calculator* de ArcGIS, permettant de générer un nouveau jeu de données matriciel mettant en relief seulement les zones d'érosion et d'accumulation entre les 2 suivis étudiés. Une attention particulière sera portée à la distinction entre les changements sédimentaires réels et ceux liés aux erreurs des MNT initiaux.

L'analyse des changements de végétation consiste en premier lieu à numériser la superficie et la couverture de la végétation à partir des orthomosaïques. Pour ce faire, la zone ciblée sera segmentée et classifiée à l'aide de l'outil *Object Analyst* du logiciel PCI Geomatica. Les polygones générés pourront ensuite être groupés selon des classes de couverture de la végétation, et des découpages manuels seront effectués pour atteindre un résultat final représentatif de la réalité. L'état du site pourra ensuite être déterminé selon la superficie et la couverture de la végétation. L'efficacité des mesures de restauration pourra être évaluée en comparant les données d'un suivi à l'autre et en les comparant aux deux types de sites témoins.

Références

Smokorowski, K. E., & Randall, R. G. (2017). Cautions on using the Before-After-Control-Impact design in environmental effects monitoring programs. *Facets*, 2(1), 212-232.

Williams, R. (2012). DEMs of difference. *Geomorphological Techniques*, 2(3.2).

ANNEXE 3 - Protocole de suivis pour les profils topographiques au DGPS

Protocole de suivis pour les profils topographiques au DGPS
Projet FRC – Îles-de-la-Madeleine

Des profils topographiques relevés au DGPS sont effectués dans les secteurs submergés où un ensablement est suspecté dans les lagunes et où la zostère marine est présente. Alors que le drone combiné au DGPS permet de quantifier les variations de la topographie en milieu terrestre, les profils topographiques permettent d'obtenir ces informations pour les secteurs submergés. Dans ces cas, un ensablement pourrait par exemple être causé par un apport éolien provenant des systèmes dunaires (caoudères, brèches et dunes actives), ou encore par des apports sédimentaires ayant lieu lors de débordements de tempêtes (larges brèches de tempête, tombolos et flèches littorales peu élevés présentant une végétation dégradée).

Un ensablement risquerait avec le temps de 1) diminuer la superficie occupée par la zostère marine par la progression d'un système dunaire vers les lagunes, ou 2) entraîner de la mortalité par un ensablement trop important de la surface foliaire de ces plantes (Mills & Fonseca, 2003).

Les données d'élévation provenant des profils peuvent être comparées d'un relevé à l'autre afin de déterminer s'il y a présence ou non d'un ensablement.

Objectifs

- Déterminer s'il y a présence d'un ensablement dans des zones submergées à risque
- Mesurer l'amplitude de l'ensablement si présent

Fréquence

Les profils sont réalisés 2 fois par année, au printemps et à l'automne, à effectuer à peu de jours près d'un relevé en drone du système sableux dunaire connexe (quelques jours avant ou après).

La fréquence pourra être ajustée au besoin, à la hausse ou à la baisse les années suivantes, selon si un ensablement est constaté ou non.

Site d'intérêt, site témoin

Pour chaque site d'intérêt, un site témoin est aussi suivi. Le site témoin doit être situé à proximité du site d'intérêt et présenter des conditions environnementales similaires : mêmes types d'environnements, orientation, dynamique, etc. La source d'ensablement présente au site d'intérêt doit toutefois être absente au site témoin afin de déterminer s'il y a présence d'un ensablement lié à un apport externe à la lagune.

Méthodologie terrain

Les profils topographiques s'effectuent au DGPS avec une pôle munie d'une roue, en suivant les mêmes lignes de référence (aussi appelées profils de base) à chaque relevé. Le DGPS est utilisé

en mode *topo continue* et prend un point à tous les 50 cm de façon automatique. Voici les points les plus importants à suivre pour la méthodologie terrain :

- Nom de l'étude (shapefiles qui seront exportés) : AAAAMMJJ_site_profils.
  Ex. : 20200519_BC_profils pour les profils effectués dans la Baie Clarke (BC) le 19 mai 2020.
- Nom de la série de points de profils : prxXX_001. Le *x* minuscule est remplacé par *i* pour les profils du site d'intérêt et par *t* pour les profils du site témoin. Les *XX* majuscule est remplacé par le numéro du profil de base correspondant. Les numéros des profils de base peuvent être identifiés au préalable dans le carnet de terrain ou consultés à même le DGPS.
  Ex1 : pri08_001 pour le profil numéro 8 du site d'intérêt.
  Ex2 : prt05_001 pour le profil numéro 5 du site témoin.
- Chaque point doit avoir un code associé, soit pour des points ponctuels ou pour des surfaces. Voici les principaux codes qui sont à utiliser dans le cadre des profils topographiques effectués pour le projet FRC :

Code	Éléments	Ponctuel ou surfacique	Détails
vgd	limite végétation dense	Ponctuel	Marque la fin de la végétation dense
flex	flexure	Ponctuel	Bris topographique entre le haut et le bas estran
sed	Surface de sédiments	Surfacique	Surface continue de sédiments
vg	Surface de végétation	Surfacique	Surface continue de végétation
dt	début terre	Ponctuel	Début du profil du coté terre
fm	fin mer	Ponctuel	Fin du profil du côté mer
dm	début mer	Ponctuel	Début du profil du côté mer
ft	fin terre	Ponctuel	Fin du profil du coté terre

Traitement et analyse des données

Les profils topographiques du site d'intérêt et du site témoin pourront être comparés afin de mesurer s'il y a un ensablement lié à un apport de sable extérieur à la lagune. Les données des profils seront rapportées sur un graphique d'élévation-distance dans Microsoft Excel. L'amplitude de l'ensablement, si présent, pourra alors être mesuré.

Références

Mills, K. E., & Fonseca, M. S. (2003). Mortality and productivity of eelgrass Zostera marina under conditions of experimental burial with two sediment types. *Marine Ecology Progress Series*, *255*, 127-134.

ANNEXE 4. Plan de restauration détaillé

Plan de restauration détaillé du secteur de Baie Clarke en 2019

Liste de matériel

Poteau de bois	222 x 4 pieds
Branches *	61 voyages
Plants	2 700 plants d'ammophile
Camion	2 + remorque
Véhicule tout terrain	1 + remorque

Évaluation des ressources humaines pour la mise en œuvre

Titre	Nombre	Tâches
Chargée de projet	1	Coordination équipe et planification des travaux
Technicien	1	Coordination travaux terrain
Ouvriers et citoyens	5	Opération, gestion du matériel

Temps évalué pour la mise en œuvre

Temps de visite sur le terrain et de caractérisation du site	16h
Temps pour la préparation des plans	70h
Temps de préparation du matériel	35h
Temps de transport	50h
Temps de mise en œuvre	12 jours
Temps pour le suivi terrain	16h

Guide général pour les matériaux communs

• Tapis de branche	1 camion plein de banches	6 à 8 mètres carrés
• Fascine	1 camion plein de banches	5 à 6 mètres linéaires
• Ganivelle	1 rouleau	15 mètres
• Tapis de coco	1 ballot	2 m x 50 m ou 100 mètres carrés
• (™CoirMat 700)		
• Plantation	4.85 mètres carrés/heures/1 pers.	20 plants/mètres carrés
• Recharge	1 camion-benne	15 tonnes / 7,5 mètres cubes.

Instruction de restauration BC009 située à la Baie Clarke (47,6230 -61,4767)

Informations générales
- Contribue à la propulsion du vent dans la dépression et érode le sol
- Transport : 800 m sur plage ou sentier + 1 h 00 route (aller-retour)
- 1 camion 4x4 et un VHR + remorque
- 40 poteaux de 4 pieds
- 2760 plants d'ammophile à ligule courte
- 19 voyages de branches (30 minutes par voyage)
- 3 jours de travail (voyage, construction, matériel, explications, présentation en classe, transport des élèves, etc.)
- Ressources humaines: 1 CP+ 1 Tech + 3 ouvriers + groupe d'élèves

- **BC009-01**
- Capteur de sable : Fascine
- 5 m linéaires
- Orientation N (perpendiculaire à la trace)
- 12 poteaux
- 1 voyage de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 1 h 00++ avec groupe

- **BC009-02**
- Capteur de sable : Tapis de branchage
- 30 x 3 m de surface (dans la trace profonde, entre BC009-01 et 03)
- 8++ voyages de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 2 h 00 ++ avec groupe

- **BC009-03**
- Capteur de sable : Fascine
- 7 m linéaires
- Orientation N
- 16 poteaux

- **BC009-03 (suite)**
- 2 voyages de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 1 h 15++ avec groupe

- **BC009-04**
- Capteur de sable : Fascine
- 5 m linéaires
- Orientation ONO
- 12 poteaux
- 1 voyage de branches (1 h 00)
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 1 h 00 ++ avec groupe

- **BC009-05**
- Capteur de sable : Tapis de branchage
- 5 x 5 m de surface (dans la trace)
- 2 voyages de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 1 h 00 ++ avec groupe

- **BC009-06**
- Plantation
- Site de prélèvement : Dune fixée de Old Harry
- 4 x 12 m de surface
- Nombre de plants : 960
- Temps nécessaire : 2 h 00 x 5 planteurs

- **BC009-07**
- Plantation
- Site de prélèvement : Dune fixée de Pointe-aux-Loups
- 3 x 30 m de surface
- Nombre de plants : 1 800
- Temps nécessaire : 3 h 30 x 5 planteurs

Instructions de restauration BC010 située à la Baie Clarke (47,62278 -61,47598)

Informations générales
- Contribue à la propulsion du vent dans la dépression et érode le sol
- Transport : 800 m sur plage ou sentier + 1h30 route (aller-retour)
- 1 camion 4x4 et un VHR + remorque
-50 poteaux de 4 pieds
- 14 voyages de branches (30 minutes par voyage)
- 2 jours de travail (voyage, construction, matériel, explications, sensibilisation, présentation en classe, transport des élèves, etc.)
- Ressources humaines: 1 CP+ 1 Tech + 3 ouvriers + groupe d'élèves

- **BC010-01**

- Capteur de sable : Fascine
- 5 m linéaires
- Orientation NE (perpendiculaire à la trace)
- 12 poteaux
- 1 voyage de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 1 h 00++ avec groupe

- **BC010-02**

- Capteur de sable : Fascine
- 7 m linéaires
- Orientation NE
- 16 poteaux
- 2 voyages de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 1 h 15++ avec groupe

- **BC010-03**

- Capteur de sable : Tapis de branchage
- 5 x 5 m de surface (dans la trace profonde, entre BC010-01 et 02)
- 2 voyages de branches

- **BC010-03 (suite)**

- Densité 80%
- Temps nécessaire : 1 h 00 ++ avec groupe

- **BC010-04**

- Capteur de sable : Fascine
- 10 m linéaires
- Orientation NE
- 22 poteaux
- 2 voyages de branches (1h00)
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 2 h 00 ++ avec groupe

- **BC010-05**

- Capteur de sable : Tapis de branchage
- 7 x 10 m de surface (dans la trace entre BC010-04 et 02)
- 7++ voyages de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 2 h 00 ++ avec groupe

Instructions de restauration BC011 (47,62304-61,47669), BC012 (47,62304 -61,47669) et BC013 (47,62304 -61,61,47669) située à la Baie Clarke

Informations générales
- Contribue à la propulsion du sable dans le marais et la Baie Clarke
- Transport : 1km sur plage ou sentier+ 1h30 route (aller-retour)
- 1 camion 4x4 et un VHR + remorque
-28 poteaux de 4 pieds
- 6 voyages de branches (30 minutes par voyage, 3 conteneurs de branches livrés sur le site de Old dump)
- 1 journée de travail (voyage, construction, matériel)
- Ressources humaines: 1 CP+ 1 Tech + 3 ouvriers

- **BC011-01**

- Capteur de sable : Fascine
- 4 m linéaires
- Orientation N (perpendiculaire à la trace)
- 10 poteaux
- 1 voyage de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 45 min

- **BC011-02**

- Capteur de sable : Tapis de branchage
- 3 x 4 m de surface (dans la trace)
- 1 voyage de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 30 min

- **BC012-01**

- Capteur de sable : Fascine
- 4 m linéaires
- Orientation N (perpendiculaire à la trace)
- 10 poteaux
- 1 voyage de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 45 min

- **BC012-02**

- Capteur de sable : Tapis de branchage
- 4 x 4 m de surface (dans la trace)
- 1 voyage de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 30 min

- **BC013-01**

- Capteur de sable : Fascine
- 3 m linéaires
- Orientation N (perpendiculaire à la trace)
- 8 poteaux
- 1 voyage de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 45 min

- **BC013-02**

- Capteur de sable : Tapis de branchage
- 2 x 2m de surface (dans la trace)
- 1 voyage de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 30 min

Instructions de restauration BC014 (47,62280 -61,47511), BC015 (47,62290 -61,47490) et BC016 (47,622792 -61,47480) située à la Baie Clarke

Informations générales
- Contribue à la propulsion du sable dans le marais et la Baie Clarke
- Transport : 1.2 km sur plage ou sentier +1h30 route (aller-retour)
- 1 camion 4x4 et un VHR + remorque
-34 poteaux de 4 pieds
- 8 voyages de branches (30 minutes par voyage)
- 1,5 jour de travail (voyage, construction, matériel)
- Ressources humaines: 1 CP+ 1 Tech + 3 ouvriers

- **BC014-01**

- Capteur de sable : Fascine
- 5 m linéaires
- Orientation NO (perpendiculaire à la trace)
- 12 poteaux
- 1 voyage de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 1 h 00

- **BC014-02**

- Capteur de sable : Tapis de branchage
- 3 x 5 m de surface
- 2 voyages de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 1 h 15

- **BC015-01**

- Capteur de sable : Fascine
- 5 m linéaires
- Orientation NNO (perpendiculaire à la trace)
- 12 poteaux
- 1 voyage de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 1 h 00

- **BC015-02**

- Capteur de sable : Tapis de branchage
- 3 x 5 m de surface
- 2 voyages de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 1 h 15

- **BC016-01**

- Capteur de sable : Fascine
- 4 m linéaires
- Orientation NO (perpendiculaire à la trace)
- 10 poteaux
- 1 voyage de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 45 min

- **BC016-02**

- Capteur de sable : Tapis de branchage
- 4 x 4 m de surface (dans la trace)
- 1 voyage de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 30 min

Instructions de restauration BC017 (47,62300 - 61,47432) situées à la Baie Clarke

Informations générales
- Contribue à la propulsion du sable dans le marais et la Baie Clarke
- Transport : 1.4 km sur plage ou sentier+1h30 route (aller-retour)
- 1 camion 4x4 et un VHR + remorque
-20 poteaux de 4 pieds
- 6 voyages de branches (30 minutes par voyage)
- 1,5 jour de travail (voyage, construction, matériel)
- Ressources humaines: 1 CP+ 1 Tech + 3 ouvriers

- **BC017-01**

- Capteur de sable : Fascine
- 4 m linéaires
- Orientation N (perpendiculaire à la trace)
- 10 poteaux
- 1 voyage de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 45 min

- **BC017-02**

- Capteur de sable : Tapis de branchage
- 3 x 4 m de surface
- 1,5 voyage de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 1 h 00

- **BC017-03**

- Capteur de sable : Fascine
- 4 m linéaires
- Orientation N (perpendiculaire à la trace)
- 10 poteaux
- 1 voyage de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 45 min

- **BC017-04**

- Capteur de sable : Tapis de branchage
- 3 x 4 m de surface
- 1,5 voyage de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 1 h 00

- **BC017-05**

- Capteur de sable : Tapis de branchage
- 5 x 5 m de surface
- 2 voyages de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 2 h 00

Instructions de restauration BC018 (47,62320 - 61,47360) situées à la Baie Clarke

Informations générales
- Contribue à la propulsion du sable dans le marais et la Baie Clarke
- Transport : 1.8 km sur plage ou sentier +1h30 route (aller-retour)
- 1 camion 4x4 et un VHR + remorque
- 50 poteaux de 4 pieds
- 8 voyages de branches (30 minutes par voyage)
- 3 jours de travail (voyage, construction, matériel)
- Ressources humaines: 1 CP+ 1 Tech + 3 ouvriers

- **BC018-01**

- Capteur de sable : Fascine
- 3 m linéaires
- Orientation O (perpendiculaire à la trace)
- 8 poteaux
- 1 voyage de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 30 min

- **BC018-02**

- Capteur de sable : Tapis de branchage
- 3 x 3 m de surface
- 1 voyage de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 30 min

- **BC018-03**

- Capteur de sable : Fascine
- 4 m linéaires
- Orientation OSO (perpendiculaire à la trace)
- 10 poteaux
- 1 voyage de branches
- Densité 80%

- **BC018-04**

- Capteur de sable : Tapis de branchage

- 4 x 5 m de surface
- 3 voyages de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 1 h 15

- **BC018-05**

- Capteur de sable : Fascine
- 4 m linéaires
- Orientation OSO (perpendiculaire à la trace)
- 10 poteaux
- 1 voyage de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 45 min

- **BC018-06**

- Capteur de sable : Tapis de branchage
- 3 x 4 m de surface
- 1.5 voyage de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 1 h 00

- **BC018-07**

- Capteur de sable : Fascine
- 10m linéaires
- Orientation O (perpendiculaire à la trace)
- 22 poteaux
- 2 voyages de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 2 h 00

- **BC018-08**

- Capteur de sable : Tapis de branchage
- 4 x 8 m de surface
- 4 voyages de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 2 h 00

Plan de restauration détaillé du secteur de L'Étang-des-Caps en 2019

Liste de matériel

Poteaux de bois	164
Branches *	16
Plants	0
Camions	2
Véhicules tout terrain	0

*Location d'espace pour le remisage des branches sur le terrain chez Ré-Utiles

Évaluation des ressources humaines pour la mise en œuvre

Titre	Nombre	Tâches
Chargée de projet	1	Coordination équipe et planification des travaux
Technicien	1	Coordination travaux terrain, gestion du matériel
Ouvriers	5	Opération

Temps évalué pour la mise en œuvre

Temps de visite sur le terrain et de caractérisation du site	16h
Temps pour la préparation des plans	35h
Temps de préparation du matériel	14h
Temps de transport	30h
Temps de mise en œuvre	7.5 jours

Instructions de restauration EDC001 (47.27806 -61.98472) et EDC002 (47.27778 -61.98500) située à la plage de L'Étang-des-Caps

Informations générales
- Submersion possible, ancrer profondément les poteaux au sol
- Transport : 6 km sur plage ou sentier+ 1 h 00 route
- 1 camion 4x4
-138 poteaux de 5 pieds
- 7 voyages de branches (1 h 00 par voyage)
- 3 jours de travail (voyage, construction, matériel, etc.)
- Ressources humaines: 1 CP+ 1 Tech + 3 ouvriers

- **EDC01-01**

- Capteur de sable : Fascine
- 40 m linéaires
- Orientation NO (parallèle au trait de côte)
- 82 poteaux (5 pieds, plantés 2 pieds)
- 4 voyages de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 3 h 30

- **EDC01-02**

- Capteur de sable : Fascine
- 14 m linéaires
- Orientation NNO installé à 45 degrés de EDC01 A' à 10 m de B
- 30 poteaux (5 pieds, plantés 2 pieds)
- 2 voyages de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 1 h 30

- **EDC01-03**

- Capteur de sable : Fascine
- 12 m linéaires
- Orientation NNO à 45 degrés de EDC01-01 A'' à 6 m de A'
- 26 poteaux (5 pieds, plantés 2 pieds)
- 2 voyages de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 1 h 30

Informations générales
- Submersion possible, ancrer profondément les poteaux au sol
- Transport : 3 km sur plage ou sentier
- 1 camion 4x4
- 10 poteaux de 5 pieds
- 7 voyages de branches (1 h 30 par voyage)
- 3 jours de travail (voyage, construction, matériel, etc.)
- Ressources humaines: 1 CP+ 1 Tech + 3 ouvriers

- **EDC02-01**

- Capteur de sable : Fascine
- 4 m linéaires
- Orientation NO
- 10 poteaux (5 pieds, plantés 2 pieds)
- 1 voyage de branches (1 h 00)
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 1 h 00

- **EDC02-01**

- Capteur de sable: Tapis de branchage
- 6 x 10 m de surface
- Orientation NO
- 2 voyages de branches (2 h 00)
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 1 h 00

Instructions de restauration pour EDC003 située à la plage de L'Étang-des-Caps (47,27309 -61,98948)

Informations générales

-Sentier et accès VHR dégradés à fermer
-contribue à fragiliser le trait de côte et favorise l'ensablement du marais salé
- Transport : 4,6 km sur plage ou sentier + 1 h 00 route (aller-retour)
- 1 camion 4x4
- 16 poteaux de 4 pieds
- 5 voyages de branches (1 h 00 par voyage)
- 1.5 jour de travail (voyage, construction, matériel, etc.)
- Ressources humaines: 1 CP+ 1 Tech + 3 ouvriers

- **EDC03-01**

- Capteur de sable : Fascine
- 7 m linéaires
- Orientation NO (parallèle au trait de côte)
- 16 poteaux
- 2 voyages de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 1 h 00

- **EDC03-02**

- Capteur de sable : Tapis de branchage
- 24 x 3 m surface
- Orientation NO derrière la fascine dans la trace
- 3 voyages de branches
- Densité 80%
- Temps nécessaire : 3 h 00

ANNEXE 5. Avis de non-assujettissement pour les restaurations en milieux dunaires

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
Québec
Direction régionale de l'analyse et de l'expertise

Sainte-Anne-des-Monts, le 2 octobre 2019

Madame Marie-Ève Giroux
Attention Fragiles
202-350, chemin Principal
Cap-aux-Meules (Québec) G4T 1C9

N/Réf. : 7430-11-01-0250802
401857640

Objet : Avis de non-assujettissement - Restauration de milieux dunaires

Madame,

Nous avons pris connaissance de votre demande reçue par courriel le 26 septembre 2019 relativement au projet suivant :

> Restaurer 43 brèches dans les dunes bordières à l'aide de techniques diversifiées. Les méthodes d'intervention, visant le captage de sable et favorisant la stabilité des dunes, peuvent être combinées, selon les besoins de chaque site. Ces méthodes visent l'installation de ganivelles, de fascines, de casiers à homard, de tapis de branchage, de tapis de coco et de plantation d'ammophiles à ligule courte.
>
> Les différentes méthodes d'intervention seront réalisées sur 43 sites localisés à l'Étang-des-Caps (6 sites), au pont du Détroit (17 sites) ainsi qu'à Bassin Est (9 sites), aux Îles-de-la-Madeleine. Elles seront aussi réalisées à la Baie Clarke (11 sites) sur la Grosse-Île.

Après avoir analysé le contenu de votre demande, nous vous avisons que votre projet n'est pas assujetti à l'obtention d'une autorisation en vertu de l'article 22 de la *Loi sur la qualité de l'environnement*.

Compte tenu de la nature des travaux, nous vous informons que votre projet n'est pas susceptible d'entraîner un rejet de contaminants dans l'environnement ou une modification de la qualité de l'environnement et qu'il n'est pas assujetti à l'obtention préalable d'une autorisation en vertu de l'article 22 de la *Loi sur la qualité de l'environnement* (LQE).

Cet avis de non-assujettissement concerne uniquement les projets décrits dans le document suivant :

- Courriel transmis au ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC), le 26 septembre 2019 par Catherine Leblanc Jomphe, géographe, B. Sc., chargée de projet, restauration et aménagement des écosystèmes côtiers, Attention Fragiles, concernant une demande d'avis sur le projet, 1 page et 5 annexes.

...2

Adresse bureau de Sainte-Anne-des-Monts
124, 1re Avenue Ouest
Sainte-Anne-des-Monts (Québec) G4V 1C5
Téléphone : 418 763-3301, poste 251
Télécopieur : 418 763-7810
Courriel : laurence.lapointe@environnement.gouv.qc.ca
Internet : www.environnement.gouv.qc.ca

Adresse bureau de Rimouski
212, avenue Belzile
Rimouski (Québec) G5L 3C3
Téléphone : 418 727-3511
Télécopieur : 418 727-3949
Internet : www.environnement.gouv.qc.ca

Ce papier contient des fibres recyclées après consommation.

En cas de divergence entre ces documents, l'information contenue au document le plus récent prévaudra. De plus, toute modification à ce projet entraînera une réévaluation du dossier. La modification devra préalablement nous être présentée par écrit, afin que nous puissions évaluer si le présent avis demeure valable.

En outre, cet avis de non-assujettissement concerne uniquement les travaux relatifs à la restauration des milieux dunaires et ne dispense pas la titulaire d'obtenir toute autre autorisation requise par toute loi ou tout règlement.

Nous vous rappelons que l'article 20 de la *Loi sur la qualité de l'environnement* (RLRQ, chapitre Q-2) s'applique toujours. Cela signifie que vous devez vous assurer que votre activité ne génère aucun rejet de contaminant susceptible de porter atteinte à la vie, à la santé, à la sécurité, au bien-être ou au confort de l'être humain, de causer du dommage ou de porter autrement préjudice à la qualité de l'environnement, aux écosystèmes, aux espèces vivantes ou aux biens.

Pour de plus amples renseignements, n'hésitez pas à communiquer avec moi au 418-763-3301, poste 251.

Veuillez agréer, Madame, nos salutations les meilleures.

La coordonnatrice de l'équipe analyse par intérim,

Laurence Lapierre

LL/mf

Laurence Lapierre, M. Sc., géogr.

c. c. David Brodeur Desbiens, chef du contrôle agricole, municipal, hydrique et naturel, par intérim, CCEQ – MELCC, Sainte-Anne-des-Monts

ANNEXE 6. Protocole d'entente pour location d'espace

Protocole d'entente
de location d'espace

Entre : Le Centre de récupération Ré-Utiles Inc.
565 chemin Principal
Cap-aux-Meules, G4T 1E7
Ci-après désigné « Ré-Utiles »

et : Attention Fragiles
200-350 chemin Principal,
Cap-aux-Meules, G4T 1C9
Ci-après désigné "Attention fragiles"

Lesquelles parties conviennent de ce qui suit :

1. Espace de location
Ré-Utiles convient de louer un espace extérieur dans la cour arrière de la Matériauthèque. La grandeur louée sera déterminée lors de l'arrivée des matériaux.

   Ré-Utiles est propriétaire et gestionnaire de la Matériauthèque localisée au 1444 chemin de la Martinique à l'Étang-du-Nord. Attention Fragiles est locataire d'un espace extérieur afin d'y mettre des matériaux : branches, cages et autres.

2. Responsabilités
Ré-Utiles est responsable de ses activités et services offerts à la Matériauthèque sur les heures d'ouverture. Ré-Utiles s'engage à donner un accès au terrain loué.
Le locataire est responsable des matériaux laissés sur le terrain de la Matériauthèque. Il s'assure que les matériaux soient installés de façon sécuritaire et qu'ils ne se retrouvent pas ailleurs sur le terrain ou chez les terrains voisins. Il s'assure de remettre le terrain en bon état après la location.

3. Durée de l'entente
Le contrat actuel est d'un durée de 9 semaines soit du 7 octobre au 5 décembre 2019. 3 semaines supplémentaires pourront être ajoutées au besoin.

4. Coût de location et facturation
Le coût de la location est de 250$ et 25$ par semaine supplémentaire
Une facture sera émise et envoyée par courriel au locataire.

   En cas de bris ou de nettoyage de terrain nécessaire, des frais pourraient s'appliquer.

5. Accès à l'espace
Le locataire est autorisé à accéder à l'espace en tout temps selon ses besoins. Tout en s'assurant de ne pas nuire aux activités régulières de la Matériauthèque.

Signé à Cap-aux-Meules, le 9 octobre 2019

Mylaine St-Onge
Directrice, Centre de récupération Ré-Utiles

Marie-Eve Giroux
Directrice, Attention Fragiles

ANNEXE 7. Communiqué de presse pour le lancement du projet FRC

COMMUNIQUÉ DE PRESSE
POUR DIFFUSION IMMÉDIATE

Lancement du projet *Intégration du savoir local et scientifique dans la restauration d'écosystèmes côtiers à forte valeur écologique dans le golfe du Saint-Laurent*

5 novembre 2019 – L'Université du Québec à Rimouski (UQAR) et l'organisme Attention FragÎles sont fiers d'annoncer le lancement du projet *Intégration du savoir local et scientifique dans la restauration d'écosystèmes côtiers à forte valeur écologique dans le golfe du Saint-Laurent*. Ce projet d'envergure, d'une durée de trois ans (2019-2022), vise à réhabiliter des habitats de grande valeur écologique (écosystème sableux, marais maritime et herbier à zostère) qui présentent un continuum côtier et qui sont dégradés aux Îles-de-la-Madeleine. Cet important projet est rendu possible grâce au soutien financier de 555 000 dollars de Pêches et Océans Canada par le biais du Fonds pour la restauration côtière, un programme du Plan de protection des océans.

Le projet sera réalisé par une équipe dont l'expertise est diversifiée (géomorphologie, hydrodynamique côtière, conception et restauration côtière, écologie côtière) et appuyé par les partenaires du milieu. L'équipe du Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières (UQAR), sous la direction de **Pascal Bernatchez**, PhD., en collaboration avec le chercheur **Mathieu Cusson** PhD. de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC), assureront le suivi scientifique et participeront à l'identification des approches de restauration. L'organisme Attention FragÎles, ayant développé au cours des 30 ans dernières années une expertise en restauration des milieux dunaires aux Îles-de-la-Madeleine, assurera la coordination et mise en œuvre des mesures de restauration en collaboration avec les partenaires locaux et scientifiques.

Pour les tombolos et flèches littorales dunifiées, les travaux seront réalisés avec des méthodes souples utilisées seules ou en combinaison selon l'état des sites visés. Ces techniques utilisant différents matériaux (branchages, ganivelles, cages à homards, etc.) favorisent l'accumulation de sable pour ainsi fermer les brèches dunaires problématiques d'origine anthropique ou naturelle. Pour des brèches plus profondes ou des secteurs dunaires fortement dégradés, l'utilisation de recharge de sable pourra être utilisée, en combinaison avec d'autres techniques, afin de favoriser la consolidation de la dune bordière. Dans certains secteurs, des mesures supplémentaires de fixation de sable pourront s'avérer nécessaires, telles que des ajouts de structures, des tapis de fibres de végétales, des plantations d'Ammophile à ligule courte. Pour ce qui est des secteurs d'herbiers de zostère et de marais maritimes, la restauration des milieux dunaires, par la fermeture de brèches et la consolidation de la dune bordière, favorise leur protection en diminuant le risque de submersion, d'ensablement et de perte de superficie. Dans certains secteurs, où ces écosystèmes sont dégradés, des transplantations de végétation seront effectuées afin de favoriser l'amélioration de leur état et le maintien de leurs fonctions écosystémiques. La communauté sera invitée à participer aux travaux de restauration côtière avec les équipes en place.

« Les suivis scientifiques mis en place permettront de mesurer l'efficacité des techniques de restauration mises en œuvre ainsi que les gains d'habitats anticipés, soit les gains en superficie, le fonctionnement biologique augmenté des portions aménagées ainsi que les services écosystémiques augmentés des sites aménagés (accumulation et stabilisation des sédiments, atténuation de l'érosion et de la submersion, etc.) », précise le professeur Pascal Bernatchez.

« Premier rempart de protection face à l'érosion, la dune bordière est inlassablement modelée par les mouvements du vent et de la mer. Elle forme une barrière naturelle d'une importance capitale pour les terres et plans d'eaux intérieures en les protégeant contre l'ensablement et la submersion marine. Les cordons dunaires, reliant les îles entre elles, soutiennent également la vie socio-économique, notamment en supportant le réseau des transports, les services de télécommunication et les services d'électricité ainsi que de nombreuses activités récréotouristiques. La fragilité de nos dunes entraîne la plupart du temps des incidences néfastes sur notre environnement naturel ou bâti situé en amont. Le maintien de leur intégrité ainsi que l'adoption de comportements favorables à leur protection de la part de tous sont donc primordiaux », souligne **Marie-Ève Giroux**, directrice générale d'Attention FragÎles.

- 30 –

Sources :

Marie-Ève Giroux
Directrice générale Attention FragÎles
418 986-6644

Jean-François Bouchard
Service des communications de l'UQAR
418 723-1986, poste 1426

ANNEXE 8. Panneau promotionnel





De gauche à droite : Mathieu Cusson, Professeur au Laboratoire des sciences aquatiques de l'UQAC, Sandrine Papageorges, Professionnelle de recherche au LDGIZC de l'UQAR, Marie-Ève Giroux, Directrice générale d'Attention FragÎles, Catherine Leblanc Jomphe, Chargée de projet pour Attention FragÎles et M. Pascal Bernatchez Ph. D. et directeur du LDGIZC de l'UQAR.

Merci !