

**RESTAURATION DE LA PLAGE DE  
LA HALTE MARINE DU GROS-RUISSEAU,  
SAINTE-FLAVIE**



Joan Sullivan Photographe

**RAPPORT DES TRAVAUX ET SUIVI  
RÉALISÉ PAR  
LE COMITÉ ZIP DU SUD-DE-L'ESTUAIRE**

**Étienne Bachand**

**Géomorphologue M.Sc**

**Juillet 2013**

## TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES .....	2
LISTE DES TABLEAUX .....	2
LISTE DES FIGURES .....	3
1. MISE EN CONTEXE.....	4
2. DESCRIPTION DU SITE .....	5
3. TRAVAUX RÉALISÉS.....	6
3.1 CARACTÉRISATION DU SITE.....	6
3.2 PERMIS ET AUTORISATIONS.....	7
3.3 RECHARGEMENT SÉDIMENTAIRE .....	8
3.4 POSE D'UN FILET STABILISATEUR.....	10
3.5 PLANTATION DE VÉGÉTAUX INDIGÈNES .....	11
4. SUIVI.....	15
4.1 PLANTATION.....	17
4.2 RECHARGE SÉDIMENTAIRE.....	20
5. RECOMMANDATIONS.....	23
6. BIBLIOGRAPHIE .....	25

### Liste des tableaux

Tableau 1. Indice de bilan sédimentaire de plage (IBSP) (m<sup>3</sup>) qui fut ajouté le 29 mai 2012 pour les 5 profils.....23

## Liste des figures

Figure 1. Localisation du secteur de la plage de la halte marine du Gros-Ruisseau, Sainte-Flavie .....	5
Figure 2. Aménagements municipaux endommagés, microfalaïse et débris mis en place lors de la tempête du 6 décembre 2010.....	6
Figure 3. Localisation du trait de côte, de la ligne de rivage, de la ligne des hautes eaux (LHE) et des profils topographiques.....	7
Figure 4. Profil actuel de la plage de la halte marine du Gros-Ruisseau ainsi que les projections des profils après la recharge en sable et le reprofilage naturel.....	8
Figure 5. Balisage de la zone des travaux entre la ligne de rivage et la microfalaïse .....	9
Figure 6. Mise en place des sédiments .....	9
Figure 7. Compactage des sédiments à l'aide d'un compacteur manuel.....	9
Figure 8. Installation d'un filet stabilisateur en fibre de coir, maintenue à l'aide de piquets de bois .....	11
Figure 9. Plants d'élyme des sables d'Amérique en caissettes de 98 multicellules. ....	12
Figure 10. Plants d'élyme des sables d'Amérique en format 500 ml.....	12
Figure 11. Transport des plants d'élyme des sables avec un véhicule de location de style cargo.....	12
Figure 12. Arrosage du substrat avant la plantation d'élyme.....	12
Figure 13. Bénévoles au travail à l'aide d'un poinçon afin de façonner les trous et pour la plantation de l'élyme....	14
Figure 14. Bénévoles au travail, réalisant la plantation au travers du filet stabilisateur.....	13
Figure 15. Plantation de rosiers rugueux espacés de 50 cm.....	13
Figure 16. Carte des travaux de recharge en sable et revégétalisation en mai et juin 2012 .....	14
Figure 17. Nomenclature des sections de plage en fonction des niveaux de grandes marées et de la ligne des hautes eaux (LHE).....	15
Figure 18. Impact de la tempête sur la recharge en sable .....	16
Figure 19. Microfalaïse verticale suite à la tempête du 26 mai .....	16
Figure 20. Érosion totale de la recharge en sable au 27 mai 2013 : après un suivi (en bleu) et après la tempête du 26 mai 2013 (en rouge).....	17
Figure 21. Plants d'élyme des sables suite à la plantation du 5 juin 2012 .....	17
Figure 22. Plants d'élyme des sables au 9 octobre 2012. Encerclés rouge : Plants d'élyme de format 500 ml.....	18
Figure 23. Plants d'élyme des sables après un an de suivi.....	18
Figure 24. Nombre de tiges d'élyme des sables d'Amérique dénombrées dans 4 parcelles et relevées à 3 reprises..	18
Figure 25. Carte de suivi de travaux de restauration à la fin du projet en juin 2013 .....	19
Figure 26. Évolution de la plage de la halte marine du Gros-Ruisseau illustrés grâce à 5 profils de plage relevés avant, après les travaux de restauration et durant le suivi.....	21
Figure 27. Largeur de plage (haute plage et haut estran) par profils et relevé à 7 reprises .....	22
Figure 28. Indice du bilan sédimentaire de plage (IBSP) (m <sup>3</sup> ) par profils et relevé à 7 reprises.....	22

## Remerciements

Nous tenons à remercier la municipalité de Ste-Flavie, ses employés, et le comité de protection des berges pour leur collaboration pendant la mise en œuvre des travaux, ainsi que les jeunes Katimavik pour leur aide chaleureuse et courageuse pendant la plantation.

## 1. MISE EN CONTEXE

Dans le cadre du projet, *Aménagement et restauration du littoral au Bas-Saint-Laurent : Les bonnes pratiques en milieu côtier*, le Comité de la Zone d'Intervention Prioritaire (ZIP) du Sud-de-l'Estuaire avait pour objectif de favoriser le transfert de connaissances et le renforcement des capacités d'adaptation des communautés à l'évolution de la zone côtière. Le projet dans son ensemble visait une plus grande considération des caractéristiques naturelles dans le développement et l'aménagement du territoire.

La municipalité de Sainte-Flavie, comme la plupart des communautés côtières de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent auront beaucoup de travail dans l'avenir pour s'adapter aux conditions climatiques changeantes, notamment l'augmentation de la fréquence des tempêtes, la diminution du couvert de glace et l'augmentation du niveau marin. Les changements climatiques ont des impacts directs sur la côte, les riverains et les infrastructures côtières.

La tempête du 6 décembre 2010 a démontré la vulnérabilité des côtes du Bas-Saint-Laurent. Contre vents et marées, les terrains qui avaient conservé leurs plages dans leur état naturel ont subi moins de dégâts que les terrains enrochés avoisinants. Malgré cela, à la suite de la tempête de décembre 2010 et encore aujourd'hui de nombreux citoyens optent pour les techniques de protection rigide (muret en béton ou en bois, enrochement). Or les études le démontrent, les protections rigides ont des conséquences négatives sur les habitats côtiers, notamment les plages (Bernatchez et Fraser, 2012; Bernatchez et coll. 2008; 2011). L'ensemble des structures de protection rigide entraîne l'abaissement et voir même la disparition des plages. Si l'érosion représente une menace à court terme pour les constructions humaines, l'installation d'ouvrages de protection rigide et leur implantation à grande échelle représentent une perspective certaine de détérioration du littoral et d'un appauvrissement des paysages côtiers.

Avec le projet *Aménagement et restauration du littoral au Bas-Saint-Laurent : Les bonnes pratiques en milieu côtier*, le Comité de la ZIP du Sud-de-l'Estuaire a voulu mettre de l'avant les techniques douces et promouvoir les avantages de ces techniques. Les techniques douces offrent plusieurs avantages écologiques et économiques et sont de plus les seules techniques de protection qui respectent les principes du développement durable.

Les travaux réalisés à Sainte-Flavie à la plage de la halte marine du Gros-Ruisseau (Figure 1) représentent un exemple de bonne pratique d'aménagement et de restauration d'une plage (Juneau et coll. 2012). Les travaux ont permis de restaurer les habitats côtiers sensibles de ce secteur tout en contribuant à atténuer les impacts des vagues lors des tempêtes. Les travaux réalisés sont une recharge sédimentaire accompagnée d'une végétalisation (élyme des sables d'Amérique et rosier rugueux) et de l'installation d'un filet stabilisateur Coir MAT fait de fibre de noix de coco. Une caractérisation biophysique a été réalisée préalablement aux travaux. Conformément à la loi sur la qualité de l'environnement, une demande de certificat d'autorisation a été adressée au Ministère du Développement durable, de l'Environnement de la Faune et des Parcs.

Enfin, un suivi mensuel des travaux a été réalisé jusqu'en juin 2013, notamment au niveau de la vitalité des plants, mais aussi au niveau du déplacement des sédiments face aux perturbations naturelles et anthropiques. Cette information permettra entre autres de déterminer la fréquence des recharges subséquentes.

## 2. DESCRIPTION DU SITE



Figure 1. Localisation du secteur de la plage de la halte marine du Gros-Ruisseau, Sainte-Flavie

Le site de la Halte marine du Gros-Ruisseau est situé sur un terrain public municipal au numéro de lot 4 071 484 et, selon le plan d'affectation du territoire, ce secteur est à vocation urbaine. Cependant, ce terrain offre aussi une vocation récréotouristique puisqu'on y retrouve une aire de repos, un point d'observation d'oiseaux, une halte marine et un site de la Route Bleue du Sud-de-l'Estuaire. Au cours des dernières années, la municipalité a réalisé certains aménagements (kiosque, stationnement, panneaux d'interprétation). La Halte marine du Gros-Ruisseau est située au niveau de la plaine côtière. Le site à l'étude est bordé à l'est par un cours d'eau nommé Gros-Ruisseau et à l'ouest par un petit ruisseau de drainage. On retrouve un élément d'intérêt historique à proximité soit le Vieux Moulin.

L'interaction entre les eaux des ruisseaux et les eaux du Saint-Laurent crée des conditions idéales pour plusieurs espèces d'oiseaux aquatiques qui s'alimentent, s'abreuvent et se reposent sur le site en période de migration. Le site est une aire de concentration d'oiseaux aquatiques (ACOA). De plus, ce secteur accueille des espèces à statut particulier. Enfin, les plages de Sainte-Flavie sont fréquentées chaque printemps par le capelan qui vient y frayer la nuit.

Le site a été identifié comme un secteur vulnérable à l'érosion et à la submersion à l'intérieur du plan directeur d'intervention de Sainte-Flavie en termes de sécurité civile. Lors de la tempête du 6 décembre 2010, ce secteur a subi des dégâts importants au niveau de la côte et des aménagements (Figure 2).



Figure 2. Aménagements municipaux endommagés, microfalaise et débris mis en place lors de la tempête du 6 décembre 2010.

### 3. TRAVAUX RÉALISÉS

#### 3.1 Caractérisation du site

Un rapport de caractérisation biophysique du système côtier de la halte marine du Gros-Ruisseau a été réalisé dans le but d'évaluer la technique de restauration la mieux adaptée à ce type de côte et ayant le moins d'impact sur les habitats côtiers (Bachand, 2012). De plus, ce rapport fournit des recommandations afin d'y réduire la vulnérabilité aux risques côtiers. Le rapport de caractérisation a été réalisé par le comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire et remis à la municipalité de Sainte-Flavie en janvier 2012.

Le travail de caractérisation du site comprend une étape d'acquisition de données sur le terrain (levés topographiques, échantillonnages de sédiments, analyses stratigraphiques des dépôts, plusieurs observations géomorphologiques) qui s'est déroulé lors de trois visites 21, 22 septembre 2011 et le 13 octobre 2011 sur le site. La réalisation de levés topographiques permettra de faire le suivi de l'évolution du profil de la plage avant et après les travaux et suites à des perturbations naturelles (tempêtes) ou anthropiques (piétinement). Cinq profils perpendiculaires à la côte ont été positionnés à une distance moyenne de 20 mètres entre eux et relevés au GPS, leur point de départ a été déterminé à l'aide de deux

piquets afin de conserver l'alignement des profils (Figure 3). Lors des visites terrains, les partenaires de la MRC et de la municipalité ont participé aux travaux. Par la suite, il y a eu analyse et traitement des données et enfin, la rédaction du rapport synthèse et des recommandations de travaux ont été émises.



Figure 3. Localisation du trait de côte, de la ligne de rivage, de la ligne des hautes eaux (LHE) et des profils topographiques.

### 3.2 Permis et autorisations

#### Fédéral

Aucun certificat ne fut nécessaire de la part du Ministère des Pêches et des Océans, mais une évaluation environnementale a été réalisée en vertu de la loi canadienne sur l'évaluation environnementale (LCEE). Ce rapport d'évaluation mentionne que le projet est peu susceptible d'entraîner des effets environnementaux négatifs significatifs pourvu que les mesures d'atténuation soient respectées.

#### Provincial

Dans l'article 22 de la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE), il est stipulé qu'il faut obtenir un certificat d'autorisation préalablement à la réalisation de certains travaux ou activités exécutés dans la rive. Ainsi, cette disposition s'avérait nécessaire avant d'entamer les travaux de restauration préconisés par le

comité ZIP sur la plage de la halte marine du Gros-Ruisseau, soit la réalisation d'une recharge sédimentaire suivie d'une revégétalisation de la haute plage. La demande de certificat d'autorisation fut écrite par le comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire à titre de consultant pour la municipalité de Sainte-Flavie. La demande fut déposée au bureau du Ministère du Développement durable de l'Environnement de la Faune et des Parcs (MDDEFP) au bureau de Rimouski, le 29 février 2012 et fut acceptée le 5 avril 2012, reçu le 24 avril et est valide 10 ans soit jusqu'au 24 avril 2022.

Le certificat d'autorisation émis par (MDDEFP), autorise la municipalité de Sainte-Flavie à réaliser les travaux de recharge sédimentaire et de végétalisation en respectant les plans et profils fournis dans ladite demande.

Bénéficiant d'un guichet unique, le Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF) à la même demande, a donné son approbation au projet, puisqu'il n'est pas susceptible de modifier l'habitat du poisson du fleuve Saint-Laurent.

### Municipal

La MRC de la Mitis a délivré un certificat de conformité à la réglementation de la MRC. Le projet ne contrevient pas à la réglementation en vigueur. Aucun permis n'a été nécessaire auprès de la MRC.

### 3.3 Rechargement sédimentaire

Tel que mentionné dans le rapport de caractérisation « RESTAURATION DE LA PLAGE DE LA HALTE DU GROS-RUISSEAU, SAINTE-FLAVIE » réalisé par le Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire et remis à la municipalité de Sainte-Flavie en janvier 2012, le rechargement sédimentaire d'une plage consiste à déposer des sédiments similaires à ceux déjà en place, sur la haute plage afin de créer une source sédimentaire artificielle qui sert à nourrir la plage (Dean 2002, 2004, Pupier-Daucher, 2008). Le principal objectif est de rehausser et de reprofiler la pente de la plage pour ainsi recréer artificiellement une zone de perte d'énergie des vagues (Figure 4). **Puisque cette source sédimentaire est artificielle, elle n'est pas permanente et la source finit par se tarir en fonction des processus hydrodynamiques, des conditions climatiques,** et des effets anthropiques (piétinement, VTT). **Des recharges subséquentes sont donc à planifier par la suite.** Le suivi de ce projet sur un an permettra entre autres d'apporter des informations afin de connaître la fréquence des recharges subséquentes.

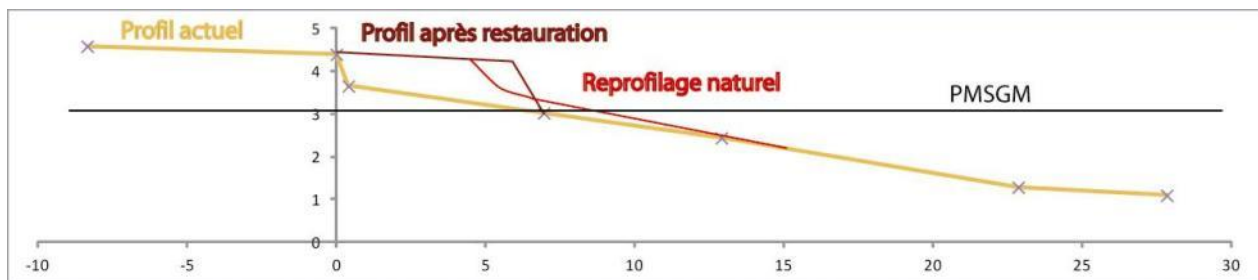


Figure 4. Profil actuel de la plage de la halte marine du Gros-Ruisseau ainsi que les projections des profils après la recharge en sable et le reprofilage naturel.



Les travaux de recharge sédimentaire ont été réalisés après la période de dégel, afin de diminuer les coûts de transport, soit les 28 et 29 mai 2012. Ils ont été réalisés à marée basse.

Avant de procéder aux travaux, le Comité ZIP a procédé au balisage de la zone d'intervention à l'aide de piquet de bois conformément au devis technique soit entre la ligne de rivage et la microfalaise (Figure 5.) afin de limiter tout empiètement de la machinerie sous la ligne de rivage.

Les travaux de recharge sédimentaire comprenaient le transport des sédiments au site de la restauration, la mise en place (Figure 6.) ainsi que le compactage des sédiments sur la haute plage et la vérification du profil de la plage (Figure 7.). Le transport des sédiments a été réalisé par un entrepreneur local recommandé par la municipalité de Sainte-Flavie, « Les Excavations Léon Chouinard & fils Itée », tandis que la mise en place ainsi que le compactage des sédiments ont été réalisés par les employés de la municipalité de Sainte-Flavie à l'aide d'un tracteur chargeur et d'un compacteur manuel.



Figure 5. Balisage de la zone des travaux entre la ligne de rivage et la microfalaise.



Figure 6. Mise en place des sédiments



Figure 7. Compactage des sédiments à l'aide d'un compacteur manuel.

La superficie totale touchée par la recharge sédimentaire représente 420 m<sup>2</sup> (carte). Le volume de sédiment nécessaire est de 275 m<sup>3</sup> (550 tonnes). La superficie totale de 645 m<sup>2</sup> représente la superficie maximale d'intervention soit jusqu'à la ligne de rivage. Cette zone a pu être affectée durant la réalisation de la recharge par un empiètement de la machinerie.

La municipalité de Sainte-Flavie a exécuté les travaux de recharge sédimentaire en se référant aux plans et coupes établis dans le devis technique (Bachand 2012-A). Les travaux comprenaient, l'aménagement de l'accès au site, la fourniture des matériaux de sablière, la mise en place selon les profils définis, le nivellement et le nettoyage. Trente-trois voyages de camions-bennes de 15, 16 et 20 tonnes ont été nécessaires afin de transporter les sédiments du banc d'emprunt au site à restaurer.

Les sédiments utilisés provenant du banc d'emprunt situé sur le 2<sup>e</sup> rang de Sainte-Flavie, au numéro de lot 432 du Groupe Lechasseur ltée, autorisé par le MDDEFP. Ces sédiments répondaient aux spécifications identifiées dans le rapport de caractérisation (Bachand, 2012). C'est-à-dire, des graviers sableux similaires à ceux déjà en place ce qui veut dire qu'ils doivent contenir entre 13 % de graviers et 87 % de sable et une grosseur médiane des grains de 0,7 mm. Cette condition était indispensable afin de respecter le certificat d'autorisation émis par le MDDEP pour la réalisation des travaux.

Avant la mise en place des sédiments, un nettoyage de la plage a été réalisé, les matériaux contenant des clous ou de la peinture ont été retirés du site ainsi que les billots et les branches de forts diamètres. En contrepartie, les débris organiques de petite taille sont demeurés sur le site et étendus au sol sur l'ensemble de la zone de rechargement.

Les travaux de recharge ont débuté à l'est du site, et les sédiments ont été déposés directement sur la haute plage à partir du stationnement lorsque possible et étendus à l'aide d'un tracteur chargeur John Deere 310 SG. Lorsqu'il était impossible de déposer les sédiments directement sur la haute plage, l'entrepreneur les déposait sur le stationnement et étaient déplacés à l'aide du tracteur chargeur. La restauration du site s'est exécutée vers l'ouest. Les sédiments ont été déposés et étendus par couches successives et uniformes et nivelés à l'aide de la pelle du tracteur chargeur et ont été compactés à l'aide d'un compacteur manuel à essence. Le nivellement avait pour objectif de rendre les profils conformes aux lignes théoriques des profils présentés dans le rapport de caractérisation. Le suivi des profils a été réalisé par le comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire à l'aide d'un laser rotatif automatique Leica NA724, d'une règle graduée munie d'un récepteur laser, appartenant à la municipalité de Sainte-Flavie. Les travaux de rechargement sédimentaire se sont échelonnés sur une journée et demie.

### **3.4 Pose d'un filet stabilisateur**

Nous avons utilisé 200 m<sup>2</sup> de filet stabilisateur (CoirMAT # 400) fait de coir (fibre de noix de coco) afin de recouvrir la recharge sédimentaire. Cette membrane est 100 % biodégradable, sans aucun additif et contrôlée par Écocert et est distribuée par Multi-formes environnement inc. Elle a été mise en place manuellement selon les directives du fabricant, parallèlement à la côte (Figure 8). Les ancrages de métal du fabricant n'ont pas été utilisés, mais plutôt des piquets de bois de 24 à 36 pouces afin de maintenir au sol le filet. Nous avons jugé que les ancrages métalliques de 6 ou 8 pouces étaient trop courts pour implanter dans les sédiments meubles et ainsi n'offraient pas une solidité adéquate. Cette membrane a été utilisée principalement afin de diminuer les impacts du ruissellement que pourraient causer les pluies durant les premiers mois, soit durant l'implantation des végétaux. Par la suite, leur système racinaire

prendra le relais en termes de stabilisation lorsqu'ils seront bien établis. C'est pour cette raison que le filet a été installé que sur la partie supérieure de la recharge. La partie inférieure de la recharge sera beaucoup plus affectée et remaniée par l'action des vagues. C'est grâce à ce remaniement que la plage se reprofilera et atténuera l'effet des vagues à la côte.



Figure 8. Installation d'un filet stabilisateur en fibre de coir, maintenue à l'aide de piquets de bois.

### 3.5 Plantation de végétaux indigènes

Les travaux de plantation des végétaux ont été réalisés le 5 juin 2012 sous la responsabilité du Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire. Cette plantation a été réalisée à l'aide d'élyme des sables d'Amérique (*Leymus mollis mollis*) et de rosiers rugueux (*Rosa rugosa*). Ces végétaux présentent un système racinaire fortement développé et un feuillage qui agissent comme un filet, ce qui permet de retenir les grains de sable et de contribuer à stabiliser le sol. Le principe de la revégétalisation est d'utiliser les végétaux comme capteurs de sédiments sur la haute plage afin de maintenir cette section qui agit comme une zone de perte d'énergie des vagues et une source de sédiments. Les plants d'élymes des sables d'Amérique proviennent d'un organisme local, Les Jardins de Métis dans des formats multicellules comprenant 98 plants par caissettes, ces plantules ont amorcé leur croissance en serre au cours de l'hiver 2012. (Figure 9.) La production 2012 n'ayant pas été aussi productive que prévu, Les Jardins de Métis ont aussi fourni des plants d'élyme résiduels de leur production 2011 en format de 500 ml qui ont été divisé en 3 ou 4 plants selon le nombre de tiges par plant (Figure 10.). Les plants d'élymes ont été transportés sur le site à l'aide d'un véhicule de location de style cargo (Figure 11). Les rosiers rugueux ont été récoltés par un employé municipal, sur un terrain appartenant à la municipalité, loin de la côte et n'ayant aucun problème d'érosion.



Figure 9. Plants d'élyme des sables d'Amérique en caissettes de 98 multicellules.



Figure 10. Plants d'élyme des sables d'Amérique en format 500 ml.



Figure 11. Transport des plants d'élyme des sables avec un véhicule de location de style cargo.



Figure 12. Arrosage du substrat avant la plantation d'élyme

L'élyme des sables d'Amérique (*Leymus mollis* sp. *mollis*) a été positionné à environ 1 à 2 m au-dessus de la ligne des hautes eaux sur 200 m<sup>2</sup>, à une densité de 14 plants au m<sup>2</sup>, donc 2 800 plants ont été nécessaires. 1 900 plants d'élymes provenaient de la production 2012 en format multicellules, tandis que 900 plants provenaient de la production 2011 en format 500 ml. Juste en amont de la plantation d'élyme, 100 plants de rosiers rugueux (*rosa rugosa*) ont été implantés sur 60 m<sup>2</sup> à une densité de 0,5 plant au m<sup>2</sup>. Lors de la plantation, deux chargés de projet du Comité ZIP étaient présents, accompagnés d'un employé municipal et de 12 bénévoles Katimavik. Les 2 400 plants ont été plantés durant l'avant-midi ainsi que les 100 plants de rosiers. Durant l'après-midi les 400 plants d'élymes restants ont été plantés par les deux chargés de projet du Comité ZIP. Les méthodes de plantation sont différentes pour ces deux espèces. Pour l'élyme des sables, il est préférable de bien arroser le substrat avant la plantation afin que les grains de sable se maintiennent plus facilement entre eux (Figure 12). Ensuite, à l'aide d'un poinçon ou d'un bâton on réalise les trous espacés de 25 cm et on insère les plants que l'on recouvre de sable (Figure 13 et 14). Par la suite, il est recommandé de procéder à un bon arrosage dans les semaines suivantes en fonction des conditions météorologiques. La municipalité de Sainte-Flavie a procédé à deux arrosages durant l'été 2012. Les rosiers rugueux ont été plantés en réalisant une tranchée de 20 cm à la base supérieure de la recharge, en respectant une distance de 50 cm entre eux (Figure 15).



Figure 13. Bénévoles au travail à l'aide d'un poinçon afin de façonner les trous et pour la plantation de l'élyme.



Figure 14. Bénévoles au travail, réalisant la plantation au travers du filet stabilisateur.



Figure 15. Plantation de rosiers rugueux espacés de 50 cm.

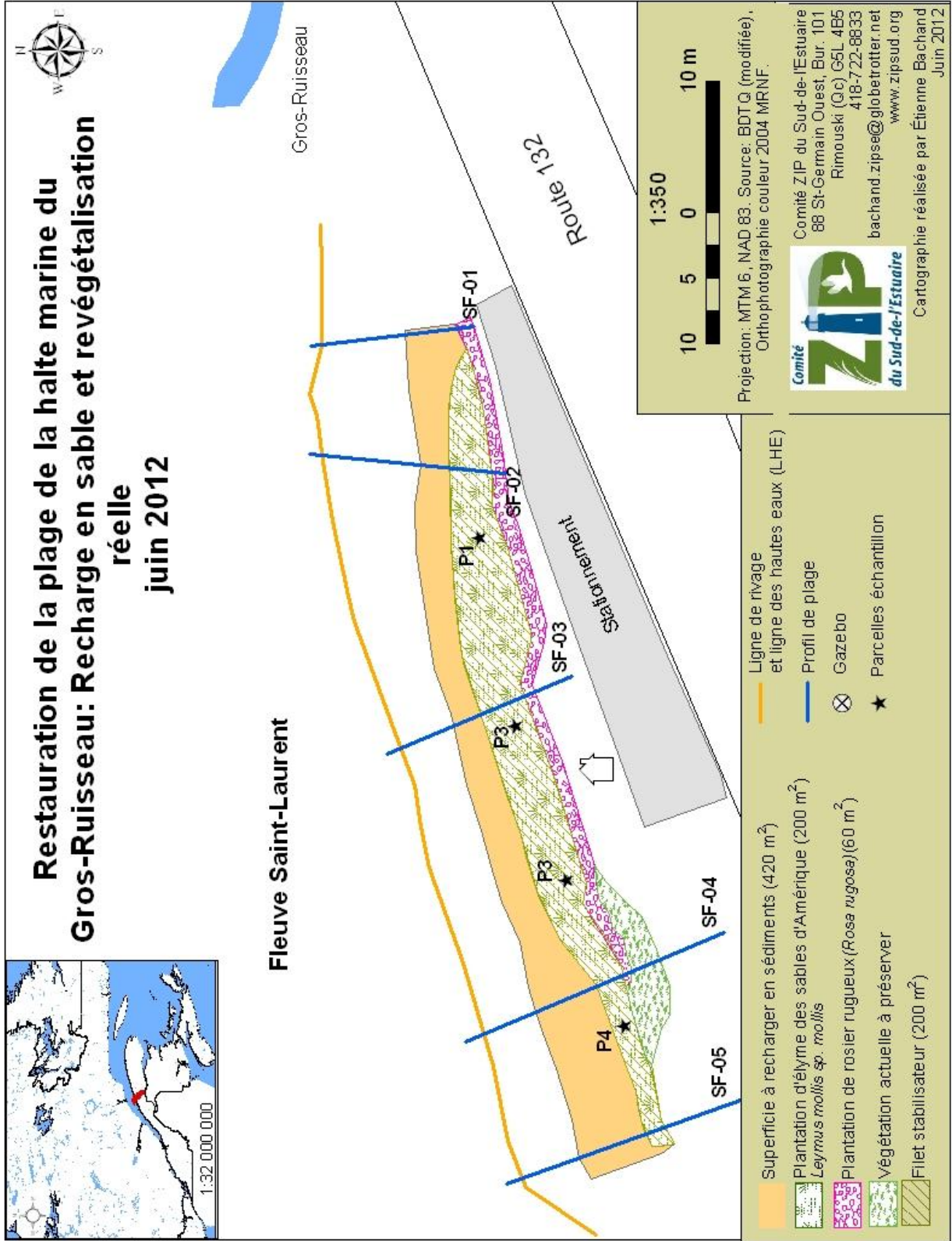


Figure 16. Carte des travaux de recharge en sable et revégétalisation en mai et juin 2012.

#### 4. SUIVI

Le Comité ZIP a réalisé un suivi d'un an sur le site. Le taux de reprise et l'expansion des plants d'élyme des sables ainsi que des rosiers rugueux ont été notés grâce à quatre parcelles de 1 m<sup>2</sup>. Celles-ci ont été installées aléatoirement, suite aux travaux et identifiées à l'aide d'un piquet de bois central. Ces parcelles ont été relevées à l'aide d'une corde de 56 cm correspondant au rayon d'un cercle de 1 m<sup>2</sup> de surface. Ces parcelles ont permis de dénombrer à trois reprises les plants d'élyme vivants, de mesurer le plant le plus long et le plus court et de dénombrer les nouvelles tiges. Afin de déterminer l'évolution de la côte et le bilan sédimentaire du site, cinq profils transversaux ont été relevés avant et après les travaux. À l'aide d'un niveau laser fourni par la municipalité de Sainte-Flavie, les cinq profils ont été relevés à six reprises après les travaux. Tous les relevés ont été réalisés sur l'ensemble de la plage soit la haute plage (recharge en sable) et le haut estran jusqu'au point d'inflexion (Figure 17). Ces données topographiques ont permis d'obtenir des valeurs de largeur de la plage (haute plage et haut estran) et de calculer un indice du bilan sédimentaire de la plage (IBSP) à chacun des profils (Bernatchez et coll, 2010 ; Morissette et Joyal 2012). L'IBSP a été obtenu grâce au calcul de l'aire sous la courbe des profils multipliée par un facteur de multiplication 1. Cette formule permet d'obtenir des volumes sédimentaires par profil comparables entre eux.

$$IBSP = \frac{(H \times L)}{2} \times 1$$

où H est l'altitude d'un point sur le profil à partir du point d'inflexion

L est la largeur entre deux points sur le profil

et 1 est un facteur de multiplication afin d'obtenir des m<sup>3</sup>

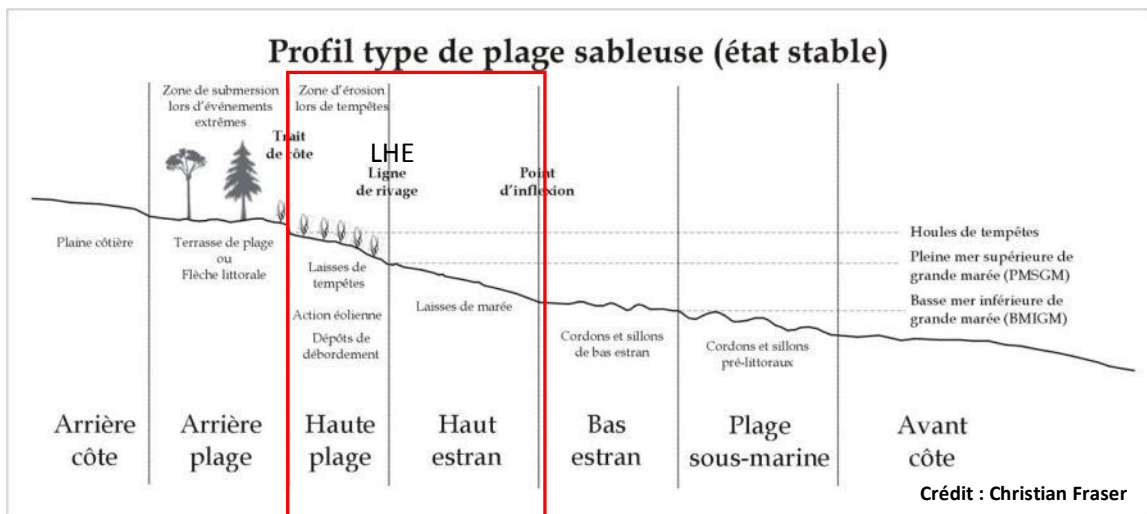


Figure 17. Nomenclature des sections de plage en fonction des niveaux de grandes marées et de la ligne des hautes eaux (LHE).

#### 4.1 Grande marée du 26 mai 2013

Le 26 mai 2013 à 2 h 24 une marée de 4,8 m était prévue à la station Pointe-au-Père située à environ 20 km du site restauré. Cette marée de vives-eaux était accompagnée de vents soufflant du nord-nord-est à des vitesses moyennes variant entre 40 et 48 km/h (Environnement Canada - Station Mont-Joli) avec des rafales allant jusqu'à 70 km/h et d'une pression atmosphérique descendante. Cette combinaison de facteurs a eu pour effet de créer une onde de tempête et de générer à la côte des vagues déferlantes de forte envergure. Au lendemain de cette tempête, des dégâts étaient notables au niveau de la recharge en sable (Figure 18 et 19). En effet, on note une érosion de la recharge en sable qui varie de 0 m (SF-01 et SF-03) à 1,8 m (SF-05) (Figure 20). Tandis que l'érosion de la recharge sur un an de suivi varie de 0,1 m (SF-01) à 0,85 m (SF-03). Cela montre que l'érosion a été importante dans la portion ouest du site durant la tempête tandis que l'érosion a été plus importante au centre de la recharge durant l'année de suivi. Au niveau de la plantation d'élyme des sables, elle n'a subi que de légers dommages à l'extrémité ouest du site et du profil SF-02. Les rosiers rugueux n'ont subi aucun dommage. L'érosion de la recharge en sable a été de quelques dizaines de centimètres et la microfalaise est très verticale. À la suite de la tempête, le comité ZIP a procédé à un relevé des cinq profils de plage et au dénombrement des plants d'élyme des sables dans les parcelles-échantillons.



Figure 18. Impact de la tempête sur la recharge en sable



Figure 19. Microfalaise verticale suite à la tempête du 26 mai



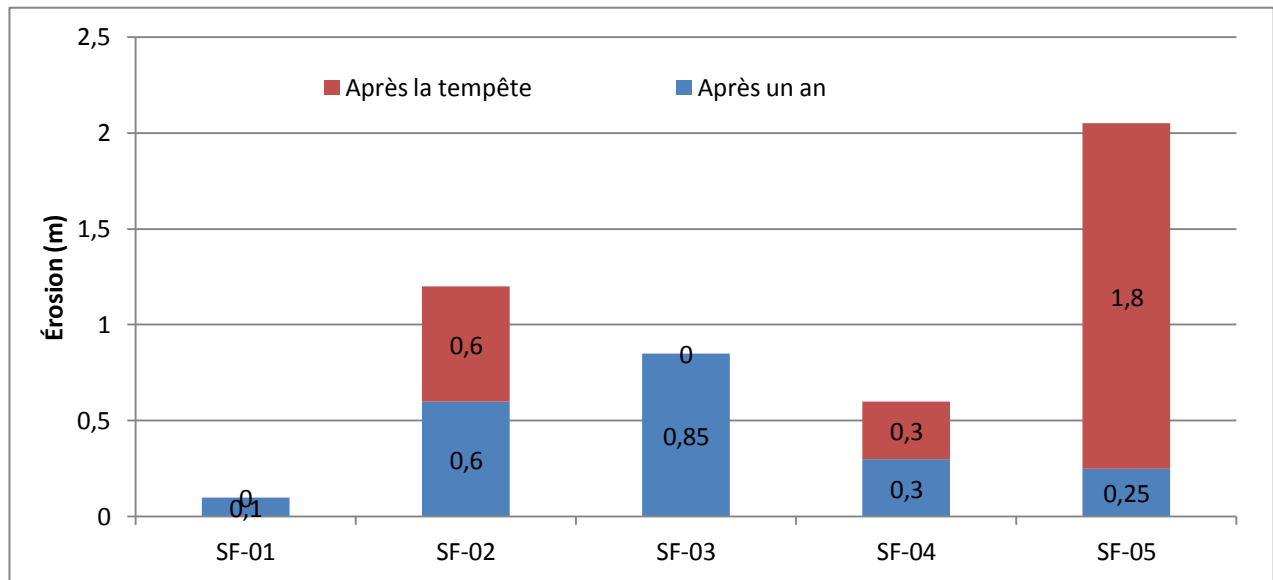


Figure 20. Érosion totale de la recharge en sable au 27 mai 2013 : après un de suivi (en bleu) et après la tempête du 26 mai 2013 (en rouge).

#### 4.2 Plantation

Le premier dénombrement a été réalisé suite à la plantation et varie entre 12 et 18 plants/m<sup>2</sup> ce qui représente une moyenne de 14 plants/m<sup>2</sup>. Cela est légèrement sous le taux de plantation prévue de 15 plants/m<sup>2</sup> (Figure 21). Le dénombrement des parcelles échantillons a permis de déterminer que durant la première saison (été 2012) le taux de reprise des plants a été excellent, aucune mortalité n'a été notée dans les quatre parcelles lors des relevés du 9 octobre 2012. Nous avons remarqué que les plants en format 500 ml ont évolué beaucoup plus rapidement lors de la première saison (Figure 22 et 23). Lors du premier relevé de la deuxième saison, le 22 mai 2013, le dénombrement a permis de constater que sur l'ensemble des parcelles le nombre de plants d'élyme a au moins doublé (p4), et au mieux a été multiplié par huit (p1) (Figure 24). Une légère perte d'élyme des sables a été notée à la suite de la tempête du 26 mai 2013 que nous estimons à une quinzaine de plants. Cela n'a pas eu d'impact sur la superficie revégétalisée (Figure 25)



Figure 21. Plants d'élyme des sables suite à la plantation du 5 juin 2012.



Figure 22. Plants d'élyme des sables au 9 octobre 2012.  
encadré rouge : Plants d'élyme de format 500 ml.



Figure 23. Plants d'élyme des sables après un an de suivi

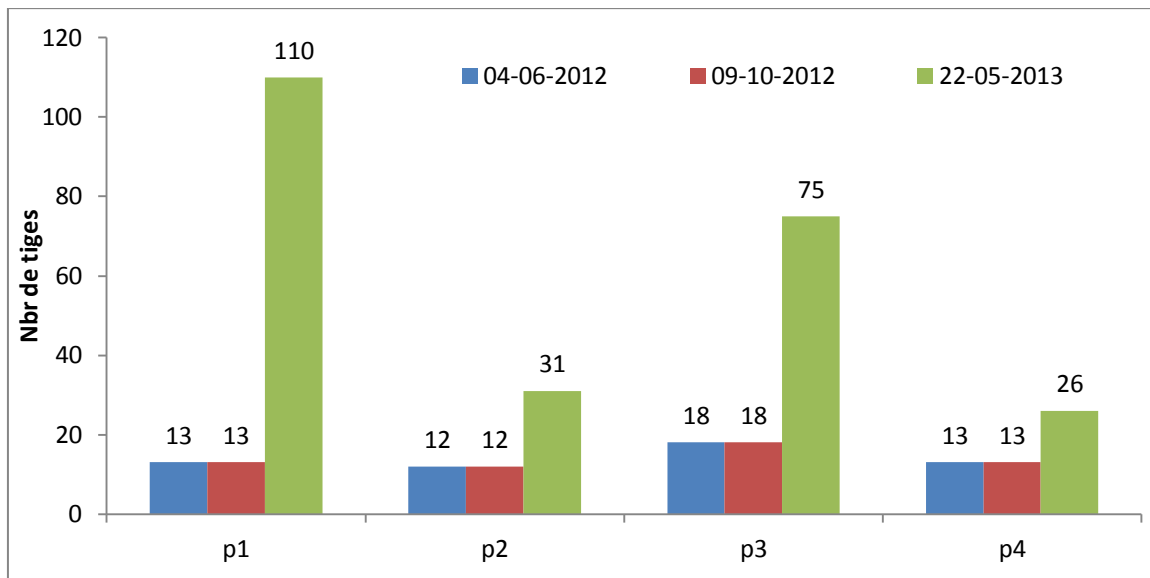


Figure 24. Nombre de tiges d'élyme des sables d'Amérique dénombrées dans 4 parcelles et relevées à 3 reprises.

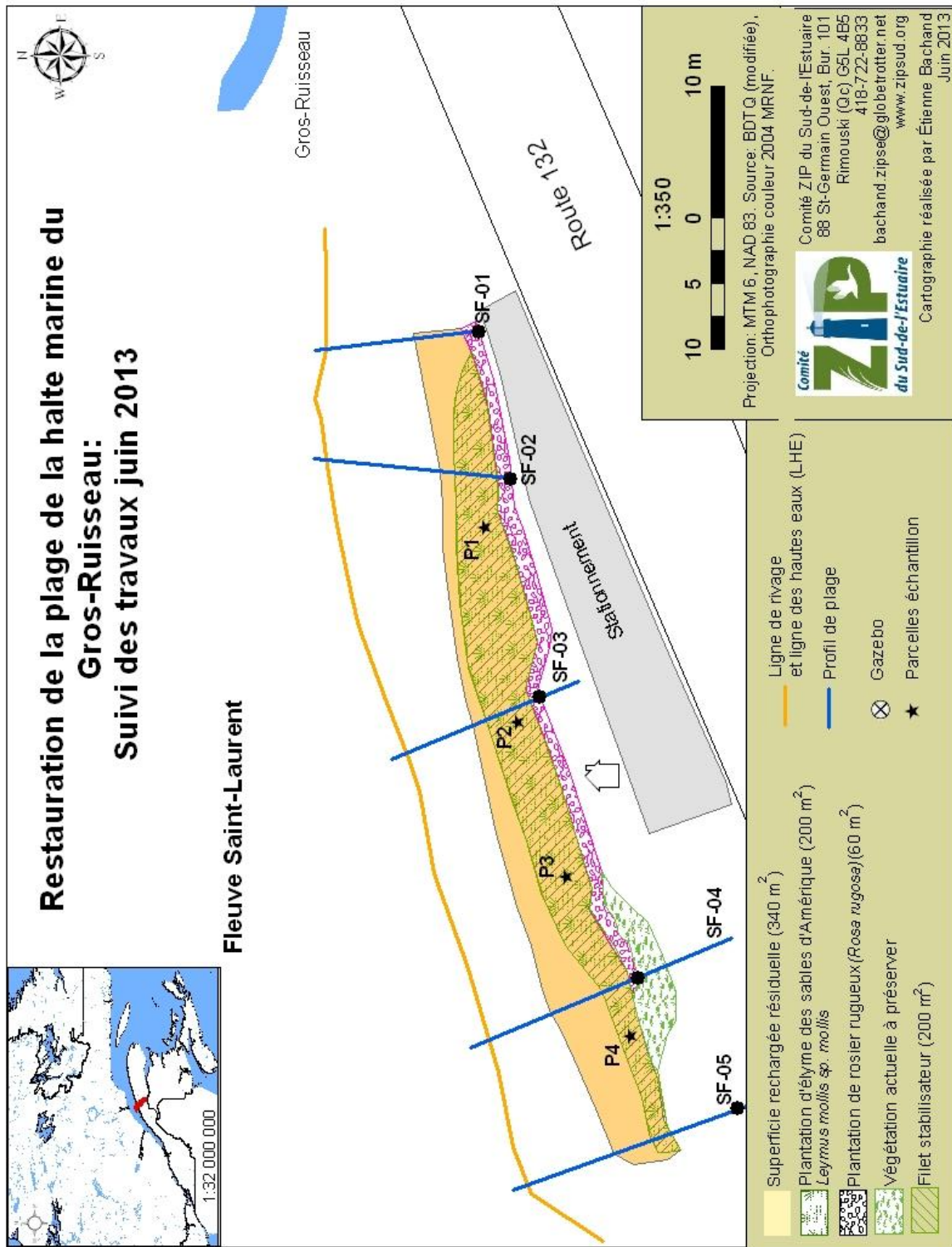


Figure 25. Carte de suivi de travaux de restauration à la fin du projet en juin 2013.

### 4.3 Recharge sédimentaire

Les relevés topographiques des cinq profils permettent de représenter graphiquement l'évolution de la plage en fonction du relevé initial du 13 octobre 2011, à la suite des travaux de recharge en sable du 28 et 29 mai 2012, en août, octobre et novembre. En 2013, deux relevés ont été réalisés le 22 et le 27 mai (Figure 26). Le suivi des superficies permet de constater une diminution de la superficie couverte par la recharge en sable. La superficie initiale de la recharge était de 420 m<sup>2</sup> (Figure 16). À la fin du suivi, la superficie de la recharge représente 340 m<sup>2</sup> (Figure 25). Cette diminution de superficie est causée par des causes naturelles et anthropiques tel que le sapement par les vagues, la submersion des terres, la déflation éolienne et le piétinement. Cependant, la diminution de la superficie rechargée en sable a été principalement causée par la tempête du 26 mai 2013 qui a provoqué de l'érosion par les vagues et une légère submersion de la recharge en sable. Au niveau des volumes de sédiments, on estime qu'entre 60 m<sup>3</sup> et 80 m<sup>3</sup> (120 et 160 tonnes) de sédiments ont été remaniés, soit environ le tiers de la recharge en sable initiale.

Cependant, il est important de quantifier et de caractériser l'ensemble de la plage (haute plage et haut estran) afin de connaître l'évolution du profil de la plage et du transit sédimentaire et non seulement la partie qui fut rechargée en sable. Les relevés topographiques permettent d'obtenir des valeurs de largeurs de la plage ainsi qu'un indice du budget sédimentaire de la plage (IBSP). Ces paramètres sont utilisés dans de nombreuses études (Bernatchez et Fraser 2012, Bernatchez et coll. 2010, Bernatchez et coll. 2011) et permettent de quantifier l'évolution et le dynamisme du secteur.

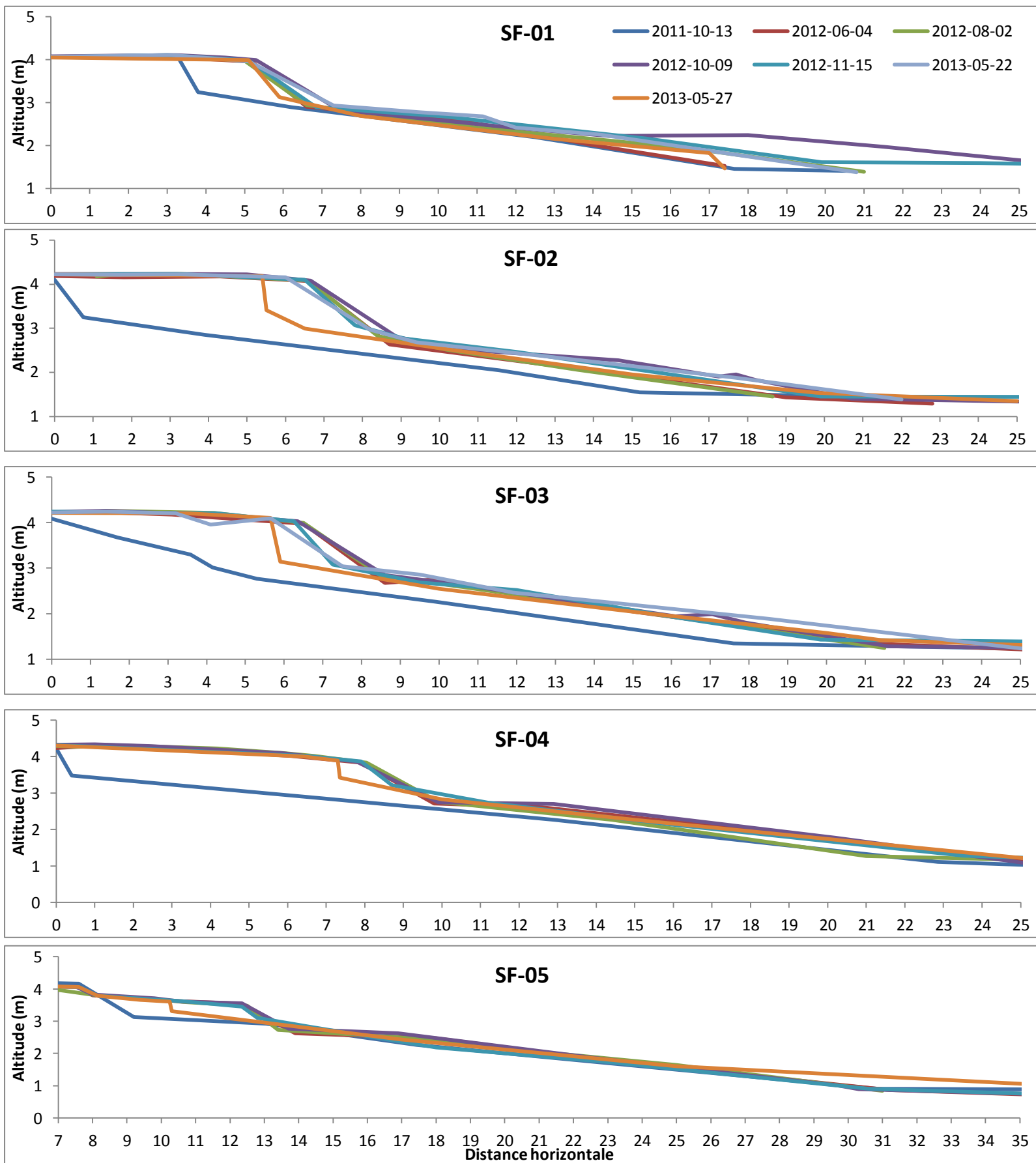


Figure 26. Évolution de la plage de la halte marine du Gros-Ruisseau illustré grâce à 5 profils de plage relevés avant, après les travaux de restauration et durant le suivi

Le suivi sur un an du site de la plage de la halte marine du Gros-Ruisseau a permis de constater qu'il y a une variabilité interannuelle importante (Figure 27). En effet, lors de la première saison de suivi (2012) on note une diminution de la largeur de la plage jusqu'au relevé du mois d'août pour les profils SF-01 et SF-02. Par la suite, ces deux profils présentent une augmentation de la largeur de plage lors des relevés des mois d'octobre et de novembre. Les profils SF-03, SF-04 et SF-05, présentent au cours de la saison 2012 une faible variabilité de la largeur de la plage. Lors du premier relevé au printemps 2013, on note une augmentation de la largeur de la plage sur l'ensemble des profils par rapport au relevé de novembre 2012. Le dernier relevé est suite à la tempête du 26 mai et on note une diminution de la largeur de plage des profils SF-01 et SF-03 tandis qu'on observe une augmentation significative de la largeur de plage des profils SF-02, SF-04 et SF-05. La forte augmentation de la largeur de plage du profil SF-01 suite au relevé du mois d'octobre est causée par une migration latérale du chenal du Gros-Ruisseau à la suite d'une crue qui a transporté une forte quantité de sédiments.

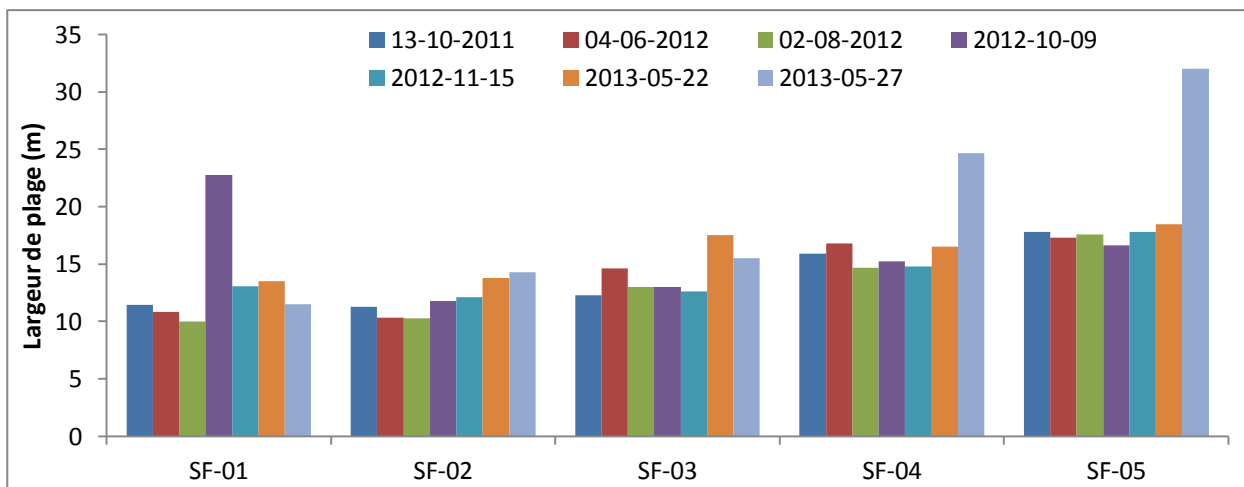


Figure 27. Largeur de plage (haute plage et haut estran) par profils et relevé à 7 reprises.

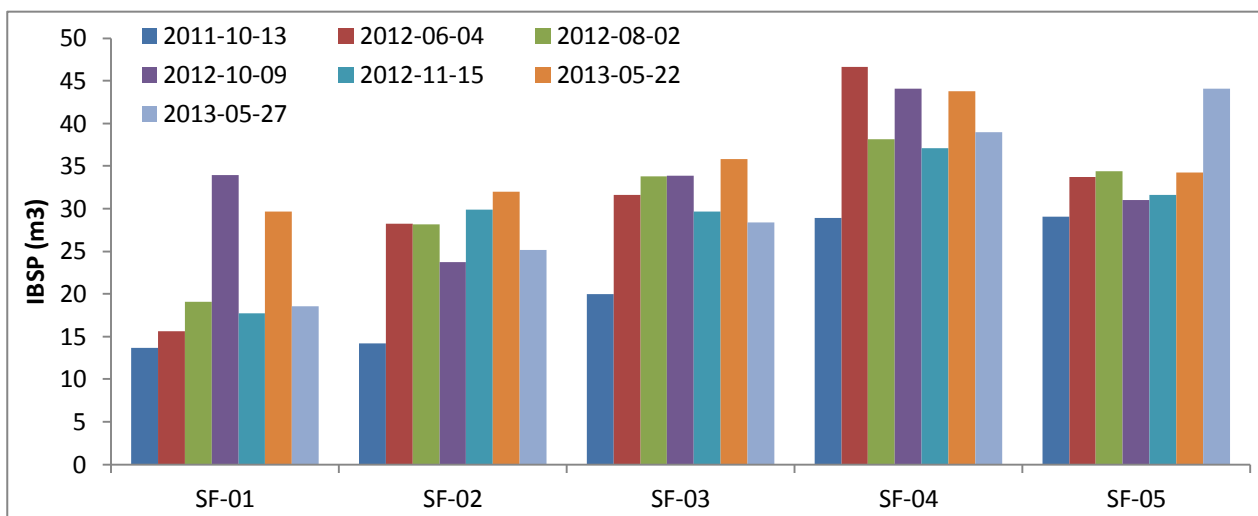


Figure 28. Indice du bilan sédimentaire de plage (IBSP) (m³) par profils et relevé à 7 reprises.

L'indice de bilan sédimentaire de plage (IBSP) démontre une variabilité interannuelle et un bilan positif par rapport à l'indice de bilan sédimentaire initial (Figure 28). En effet, l'ensemble des profils présente un IBSP plus élevé que le volume initial. Par exemple, le profil SF-02 a un IBSP de 14,2 m<sup>3</sup> avant les travaux et au 27 mai 2013 ce même profil a un IBSP de 25,2 m<sup>3</sup>. La plus forte augmentation de l'IBSP est observée dans le profil SF-05, on observe une augmentation de 15,0 m<sup>3</sup>. Le relevé du 4 juin 2012 représente la part de l'IBSP qui fut ajoutée dans le système lors de la recharge en sable et varie de 1,9 à 17,7 m<sup>3</sup> par profil (Tableau 1.) Par la suite, à la suite de la recharge sédimentaire on note une légère augmentation de l'ISBP au profil SF-02, une stabilité pour le profil SF-03 et une tendance à la diminution de l'ISBP pour le profil SF-04. Enfin, entre les relevés du 22 mai et du 27 mai 2013 l'ensemble des profils on subit une diminution, tandis que le profil SF-05 présente une forte augmentation à la suite de la tempête.

Profils	IBSP (m3)
SF-01	1,9
SF-02	14,0
SF-03	11,6
	17,7
SF-04	
SF-05	4,7

Tableau 1. Indice de bilan sédimentaire de plage (IBSP) (m3) qui fut ajouté le 28 et 29 mai 2012 par profils.

Il est intéressant de constater que les valeurs de largeur de plage et de l'IBSP démontrent des tendances similaires, la largeur de la plage ainsi que la valeur de l'IBSP ont augmenté significativement à l'extrémité ouest de la plage (SF-05). Le profil SF-01 présente une variabilité qui est principalement causée par la proximité du Gros-Ruisseau et à la migration latérale du chenal qui transporte beaucoup de sédiments.

En observant l'érosion de la recharge suite à la tempête, on constate que la portion ouest a été la plus affectée soit le profil SF-05 (Figure 20). En effet, un recul de la recharge de cette section de 1,8 m a été enregistré. On peut en déduire que le sable érodé s'est déplacé par les vagues et comme l'indiquent les résultats, semble être descendu sur le haut estran au niveau du profil SF-05 où l'on observe un élargissement de la plage et une augmentation de l'IBSP. Cela permet d'affirmer que le sable s'est déplacé vers l'ouest en suivant la dérive littorale. Cependant, la quantité de sédiments ajoutée lors des travaux de recharge sur l'ensemble du site ne peut expliquer la totalité de la variabilité du budget sédimentaire de la plage de la halte marine. En effet, une part de l'augmentation de l'IBSP est due à de la sédimentation naturelle sur la plage. Il est difficile avec un suivi d'un an seulement de départager la part de sédimentation naturelle versus l'apport artificiel.

## 5. RECOMMANDATIONS

Tel que mentionné dans le rapport de caractérisation de la plage de la halte marine du Gros-Ruisseau (Bachand, 2012), les travaux de recharge en sable demandent des recharges subséquentes. Il est difficile d'évaluer la fréquence des recharges d'entretien puisqu'ils sont fonction des conditions climatiques futures, de la fréquence des tempêtes. De plus, actuellement aucune étude n'est encore disponible sur le sujet puisque les recharges sédimentaires ont encore peu été utilisées sur les plages de l'estuaire et du

golfe du Saint-Laurent. Une étude réalisée aux Îles-de-la-Madeleine en 2011 propose des prévisions de **recharge d'entretien aux 3 à 7 ans et de l'ordre du tiers de la recharge initiale** (Roche, 2011). Dans le cas de la plage de la halte marine du Gros-Ruisseau, entre 60 m<sup>3</sup> et 80 m<sup>3</sup> (120 à 180 tonnes) de la recharge initiale ont été déplacés vers l'ouest et sur le haut estran. **Nous recommandons qu'entre 50 et 100 m<sup>3</sup> (100 et 200 tonnes) de sédiments sableux soient remis sur la haute plage** avant les grandes marées de septembre 2013 (Figure 23). Afin que les végétaux actuellement en place ne soient pas affectés par la recharge d'entretien, il est suggéré d'utiliser les accès au site à chacune des extrémités afin de déposer les sédiments. De plus, les sédiments doivent être mis en place à l'aide du tracteur chargeur de la municipalité en poussant les sédiments vers le centre du site, en suivant les plans et devis initiaux. La compaction des sédiments à l'aide du compacteur manuel n'est pas nécessaire pour la recharge d'entretien. Il est important de faire les travaux de recharge d'entretien à marée basse au-dessus de la ligne de rivage et de limiter la circulation au minimum sur la plage. Les sédiments doivent provenir du banc d'emprunt du 2e rang de Sainte-Flavie, au numéro de lot 432 du Groupe Lechasseur ltée, puisqu'ils répondent aux spécifications identifiées dans le rapport de caractérisation (Bachand 2012).

**Le certificat d'autorisation émis le 24 avril 2012 par le Ministère du Développement durable et de l'Environnement de la Faune des Parcs est valide 10 ans** soit jusqu'au 24 avril 2022. Donc, les recharges d'entretien n'ont pas besoin de demande d'auprès du MDDEFP pourvu que les travaux respectent les plans initiaux inclus dans le plan et devis remis à la municipalité en avril 2012.

**Pour les prochaines années, nous recommandons à la municipalité de poursuivre les recharges d'entretien afin de limiter les impacts de l'érosion de la recharge en sables.** La recharge en sable présente actuellement une microfalaise verticale et en la laissant ainsi, elle est vulnérable au sapement par la vague. En réalisant les recharges d'entretien, on assure de limiter l'érosion de la recharge tout en permettant d'ajouter du sédiment à la plage. En se basant sur une estimation, le tiers de la recharge initiale représente 100 m<sup>3</sup> (200 tonnes) (300m<sup>3</sup>/3). **Nous recommandons à la municipalité de prévoir un montant approximatif pour des recharges d'entretien annuel moyen de 30 m<sup>3</sup> (30 m<sup>3</sup> x 16 \$/tonne = 480 \$/an).** Selon les conditions climatiques, il pourrait advenir que durant les deux prochaines années, aucun événement de tempête ne vienne endommager les travaux donc aucuns frais d'entretien nécessaire. En contrepartie, il pourrait advenir que les dommages surviennent lors d'une seule année ou d'un seul événement.

Enfin, avec la tendance à l'augmentation de la fréquence des tempêtes et la vulnérabilité de la plage **nous recommandons que les recharges d'entretien s'emploient seules** afin de diminuer les investissements dans une zone à risque. En rechargeant ponctuellement ce secteur de la plage suite aux événements de tempêtes répétitifs, la municipalité pourra ainsi limiter les dommages liés à l'érosion.



## 6. BIBLIOGRAPHIE

- Bachand, E. (2012-A). *Devis Technique – Projet pilote – Restauration de la plage de la halte marine du Gros-Ruisseau à Sainte-Flavie*, Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, Rimouski, Québec, 6 p.
- Bachand, E. (2012). *Rapport de caractérisation, restauration de la plage de la halte marine du Gros-ruisseau*, Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, Rimouski, Québec, 25 p.
- Bernatchez, P. et J.-M. Dubois (2004). *Bilan des connaissances de la dynamique de l'érosion des côtes du Québec maritime laurentien*, Géographie physique et quaternaire, vol. 58, n° 1, p. 45-71.
- Bernatchez, P., Toubal, T., Van-Wierst, S., Drejza, S. et Friesinger, S. (2010). *Caractérisation géomorphologique et sédimentologique des unités hydrosédimentaires de la baie de Plaisance et de Pointe-aux-Loups, route 199, Îles-de-la-Madeleine. 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 2010, 177 p.
- Bernatchez, P. et C. Fraser, (2012). *Evolution of coastal defense structures and consequences for beach width trends*, Québec, Canada, Journal of coastal research, Vol 28, n° 6, p 1550-1566.
- Bernatchez, P., Fraser, C., Lefavre, D., Dugas, S., 2011. *Integrating anthropogenic factor, geomorphological indicators and local knowledge in the analysis of coastal flooding and erosion hazards*. Ocean & Coastal Management, vol. 54, p. 621-632.
- Bernatchez, P., Fraser, C., Lefavre., 2008. *Effets des structures rigides de protection sur la dynamique des risques naturels côtiers : Érosion et submersion*. Comptes rendus de la 4<sup>e</sup> conférence canadienne sur les géorisques : des causes à la gestion. Presse de l'Université Laval, Québec, 594 p.
- Dean, Robert G. (2002). *Beach nourishment: theory and practice*, River Edge, N.J.: World Scientific, Advanced series on ocean engineering; v. 18, 399 p.
- Dean, R.G. et R.A. Dalrymple (2004). *Coastal processes: with engineering applications*, Cambridge, U.K. New York : Cambridge University Press, 475 p.
- Juneau, M-N. Bachand, É. et Lelièvre-Mathieu, A., 2012. *Restauration et aménagement du littoral; Guide des bonnes pratiques du Bas-Saint-Laurent*, Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, Rimouski, Québec, 40 p.
- Morissette, A., Joyal G. (2012) *Caractérisation hydrogéomorphologique et sédimentologique de la plage de la Pointe-à-Boisvert, Longue-Rive, Haute-Côte-Nord*. Rapport final remis au comité ZIP de la rive nord de l'estuaire, Baie-Comeau, 86 p.
- Pupier-Dauchez, S. (2008). « Le rechargement sédimentaire des plages charentaises et vendéennes : vers une gestion globale du littoral? », *Actes du colloque international pluridisciplinaire « Le littoral : subir, dire, agir »*, Lille, France, 11 p.
- Savard J-P., Bernatchez P., Morneau F., Saucier F., Gachon P., Senneville S., Fraser C., Jolivet Y. (2008) *Étude de la sensibilité des côtes et de la vulnérabilité des communautés du golfe du Saint-Laurent aux impacts des changements climatiques - Synthèse des résultats*. OURANOS, Consortium sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatique.