

Recharge en sable et revégétalisation de 2 plages de l'estuaire du Saint-Laurent, Québec

Étienne Bachand et Sophie Comtois

Résumé

En 2012, le comité ZIP (Zone d'intervention prioritaire) du Sud-de-l'Estuaire a réalisé 2 projets de recharge en sable sur des plages du Bas-Saint-Laurent. C'est respectivement 275 m³ et 295 m³ de sédiments qui ont été déposés sur une plage de Sainte-Flavie et de Rivière-Ouelle. Les recharges en sable étaient accompagnées d'une revégétalisation à l'aide d'espèces indigènes possédant une forte capacité de rétention des sols. Ces techniques souples de restauration des berges s'appuient sur le principe de la dynamique naturelle des écosystèmes côtiers pour atténuer les effets de l'érosion littorale et diminuer les dégâts liés à la submersion marine. Sur chacun des sites, 100 m linéaires de plage ont été restaurés pour une fraction (453 \$/m linéaire) des coûts nécessaires à la construction d'un enrochement (7 000 \$/m linéaire). Après 3 années de suivi, on a noté un engraissement et un élargissement des plages ainsi qu'un développement rapide des végétaux dans le milieu. La restauration des écosystèmes littoraux est une solution durable, écologique, peu coûteuse et accessible aux communautés côtières.

MOTS CLÉS : aléas côtiers, élyme des sables, érosion, plantation, restauration

Abstract

In 2012, the Sud-de-l'Estuaire ZIP (Zones d'intervention prioritaire — Areas of Prime Concern) Committee conducted 2 beach replenishment projects in the Bas-Saint-Laurent region (Québec, Canada). Approximately 275 m³ of sediment were deposited on the beach at Sainte-Flavie, and 295 m³ at Rivière-Ouelle. This was followed by revegetation work, using native plants with a high substrate retention capacity. This soft habitat restoration technique relies on the natural dynamics of coastal ecosystems to reduce erosion and protect infrastructures from flooding. At each site, 100 linear m of beach were restored for a fraction of the costs (\$453/m) that would have been required to construct a rock seawall (\$7,000/m). The restored beaches were monitored for 3 years. During this period, the beach profiles increased in height and length, and the plants that were used rapidly colonized the sites. This shows that soft approaches to coastal ecosystem restoration can offer durable, ecological and low-cost solutions for coastal communities.

KEYWORDS: American dune grass, coastal restoration, coastal risk, erosion, plantation

Introduction

La tempête du 6 décembre 2010 a laissé des marques dans le paysage côtier du Québec maritime, notamment au Bas-Saint-Laurent (Quintin et collab., 2013). La solution habituellement envisagée en réaction aux aléas côtiers (submersion et érosion) consiste à ériger des structures de protections rigides (murs, enrochements, déflecteurs de vagues) qui procurent un sentiment illusoire de sécurité et de durabilité (Friesinger et Bernatchez, 2010). En plus d'être coûteuse aux plans économique et environnemental, cette technique peut avoir des conséquences négatives sur le littoral en dégradant les plages (abaissement, rétrécissement, voire disparition) et en augmentant le risque de submersion (Bernatchez et collab., 2011; Bernatchez et Fraser, 2012).

Le Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, en partenariat avec 2 municipalités côtières du Bas-Saint-Laurent, a voulu expérimenter une technique alternative de protection côtière. Deux projets pilotes de recharge en sable ont été réalisés sur une plage de Sainte-Flavie et de Rivière-Ouelle. La recharge en sable consiste à ajouter du matériel au système côtier en érosion. Une plage plus large et rehaussée possède une meilleure capacité de dissipation de l'énergie des vagues, ce qui permet de réduire les dommages engendrés par des tempêtes

et de protéger les infrastructures adjacentes (Bird et Lewis, 2015). La recharge peut s'accompagner d'une revégétalisation dont le principe consiste à utiliser les végétaux pour capter et stabiliser les sédiments ajoutés. Au Québec, le recours à cette méthode reste encore marginal. Le manque de connaissances concernant le fonctionnement et la mise en œuvre des recharges, l'entretien récurrent requis, les investissements nécessaires et le doute quant aux résultats escomptés peuvent expliquer la réticence de la population à se tourner vers les techniques souples comme solution aux problématiques côtières. Pourtant, des analyses coûts-avantages rapportent que les structures de protections rigides se révèlent globalement

Étienne Bachand possède une maîtrise en géographie réalisée au sein de la chaire en géoscience côtière de l'Université du Québec à Rimouski et travaille au comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire depuis 2010 sur des projets de sensibilisation et de restauration d'habitats côtiers.

Sophie Comtois est titulaire d'une maîtrise en océanographie de l'Institut des Sciences de la Mer de Rimouski. Elle est chargée de projet au comité ZIP depuis 2 ans et coordonne un projet de restauration d'habitat côtier et de sensibilisation auprès des riverains.

bachand.zipse@globetrotter.net

moins avantageuses que des options plus souples comme les recharges de plage (Tecsult, 2008; Circé et collab., 2015).

Les travaux de restauration effectués par le Comité ZIP sur les plages de Sainte-Flavie et de Rivière-Ouelle avaient pour but de :

1. proposer des méthodes de protection côtière alternatives aux structures rigides;
2. illustrer les avantages et les bienfaits de la recharge en sable combinée à une revégétalisation comme technique souple d'atténuation de l'érosion et de la submersion côtière;
3. documenter et faire connaître aux communautés côtières les étapes de mise en œuvre des recharges en sable accompagnées de revégétalisation;
4. démontrer l'accessibilité de telles mesures d'atténuation des risques côtiers aux petites municipalités.

Localisation et description des sites

Les 2 sites à l'étude sont localisés le long de la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent, dans la région du Bas-Saint-Laurent (figure 1). Selon l'évolution historique récente, ces sites ont subi un recul persistant depuis le début des années 2000 (Bachand, 2012a, b). Lors de la tempête du 6 décembre 2010, la côte fut submergée et ensevelie de débris ligneux à Rivière-Ouelle, alors qu'une forte érosion fut constatée à Sainte-Flavie.

Rivière-Ouelle

Située dans l'estuaire moyen, la plage des Jésuites s'étire sur 100 m linéaires au fond d'une petite anse encaissée entre 2 affleurements rocheux (figure 1a). L'arrière-plage (figure 2), partiellement végétalisée, est limitée par le chemin des Jésuites situé à quelques mètres au sud de la ligne de rivage (figures 1a, 3a, b). Une microfalaise active et de nombreux débris de tempête marquent la ligne de rivage. À l'ouest du site, la côte est rocheuse, naturelle et végétalisée. À l'est, elle est artificialisée avec un muret de béton vertical ayant entraîné un rétrécissement de la portion est de la plage des Jésuites (effet de bout). Le courant de dérive littorale local engendre un transit sédimentaire net le long de la côte du nord-est vers l'ouest-sud-ouest (Drejza et collab., 2014).

L'orientation nord-est des affleurements rocheux encadrant la plage expose la rive aux vagues de tempête provenant de ce secteur, mais la protège des vagues du nord-ouest. Les affleurements peuvent aussi faire obstacle à la dérive littorale, favorisant la sédimentation d'une partie du matériel en transits sur la plage.

Sainte-Flavie

Située dans l'estuaire maritime, la plage de la halte marine du Gros-Ruisseau s'étend sur 100 m (figure 1b). Elle est bordée par le Gros-Ruisseau à l'est et par un petit ruisseau de drainage à l'ouest. Une microfalaise d'érosion d'une hauteur moyenne de 0,5 m caractérise la ligne de rivage sur l'ensemble du secteur. L'étroite arrière-plage, limitée par la route 132, a été aménagée par la municipalité (halte routière) (figures 3c, d). On trouve

une plateforme rocheuse sous la flexure. Une avancée rocheuse à environ 150 m au nord-ouest du site limite l'impact des vagues de cette provenance. Cependant, la plage est pleinement exposée aux vagues de tempête arrivant du nord-est. L'exutoire du Gros-Ruisseau est un agent d'érosion supplémentaire qui affecte particulièrement la portion est du secteur et qui agit surtout en période de crue et de grandes marées (figure 1b). La dérive littorale induit un mouvement net des sédiments du nord-est vers l'ouest-sud-ouest (Drejza et collab., 2014).

Méthode

Recharge en sable

Les travaux de recharge en sable comprennent le transport, l'aménagement, le nivellement et le compactage des sédiments sur la haute plage (figures 2 et 3). Avant le début des travaux, les demandes d'autorisation ont été effectuées auprès des autorités responsables (municipale, provinciale, fédérale).

Les travaux ont été réalisés à marée basse, au printemps 2012, soit les 9 et 10 mai à Rivière-Ouelle et les 28 et 29 mai à Sainte-Flavie (Bachand 2013a, b). L'exécution des travaux, effectués par un entrepreneur local dans le cas de Rivière-Ouelle et par la municipalité à Sainte-Flavie, nécessitait de la machinerie lourde restreinte au-delà de la limite des pleines mers supérieures de grandes marées (PMSGM, figure 2). Un nettoyage grossier du site avant la mise en place des sédiments a permis d'éliminer les gros débris. Les sédiments utilisés pour le rechargement doivent être exempts de polluants ou contaminants et posséder une granulométrie similaire ou légèrement plus élevée que celle des sédiments présents sur la haute plage. Deux bancs d'emprunts à proximité des sites ont fourni 295 m³ et 275 m³ de matériaux pour, respectivement, Rivière-Ouelle et Sainte-Flavie.

Revégétalisation

L'élyme des sables d'Amérique (*Leymus mollis* ssp. *Mollis*) a été ciblée pour la plantation. Cette espèce indigène résistante aux aléas côtiers possède un système racinaire étendu qui contribue à stabiliser les sols (Juneau et collab., 2012).

La pose d'un filet stabilisateur biodégradable sur la partie supérieure de la recharge sédimentaire a servi à stabiliser cette dernière pendant la période nécessaire à l'implantation des végétaux (1 à 2 ans) (figure 3b, d). Les semis d'élyme provenaient des Jardins de Métis, un organisme local. Ils ont été plantés en quinconce et séparés d'au plus 0,25 m afin d'obtenir une densité moyenne de 15 plants/m². Les plants ont été disposés 1 à 2 m en amont de la ligne de rivage, ce qui offrait une marge de sécurité pour protéger la nouvelle plantation d'un éventuel événement de tempête. Au total, 4 500 semis furent plantés à Rivière-Ouelle et 2 800 à Sainte-Flavie. Les plantations ont été arrosées abondamment immédiatement après les travaux et au besoin au cours de l'été 2012 (Bachand 2013a, b).

Suivi

L'acquisition de données topographiques a été effectuée avant et après les travaux (2011 à 2015), le long de 5 profils de plage perpendiculaires à la côte (figures 1a, b). Les levés

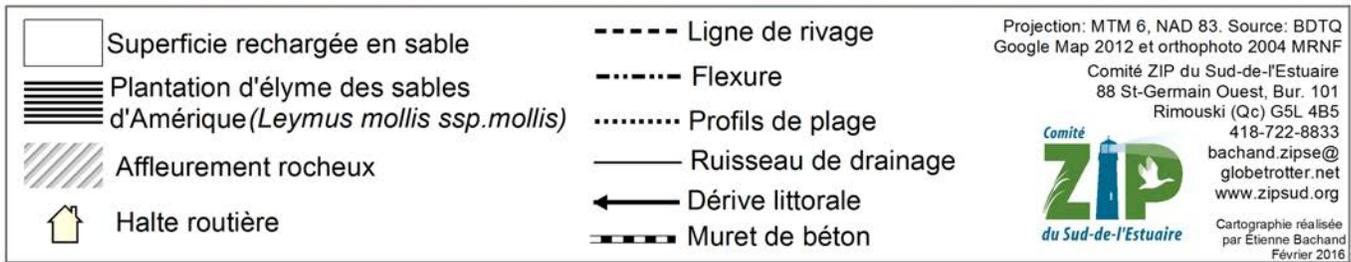
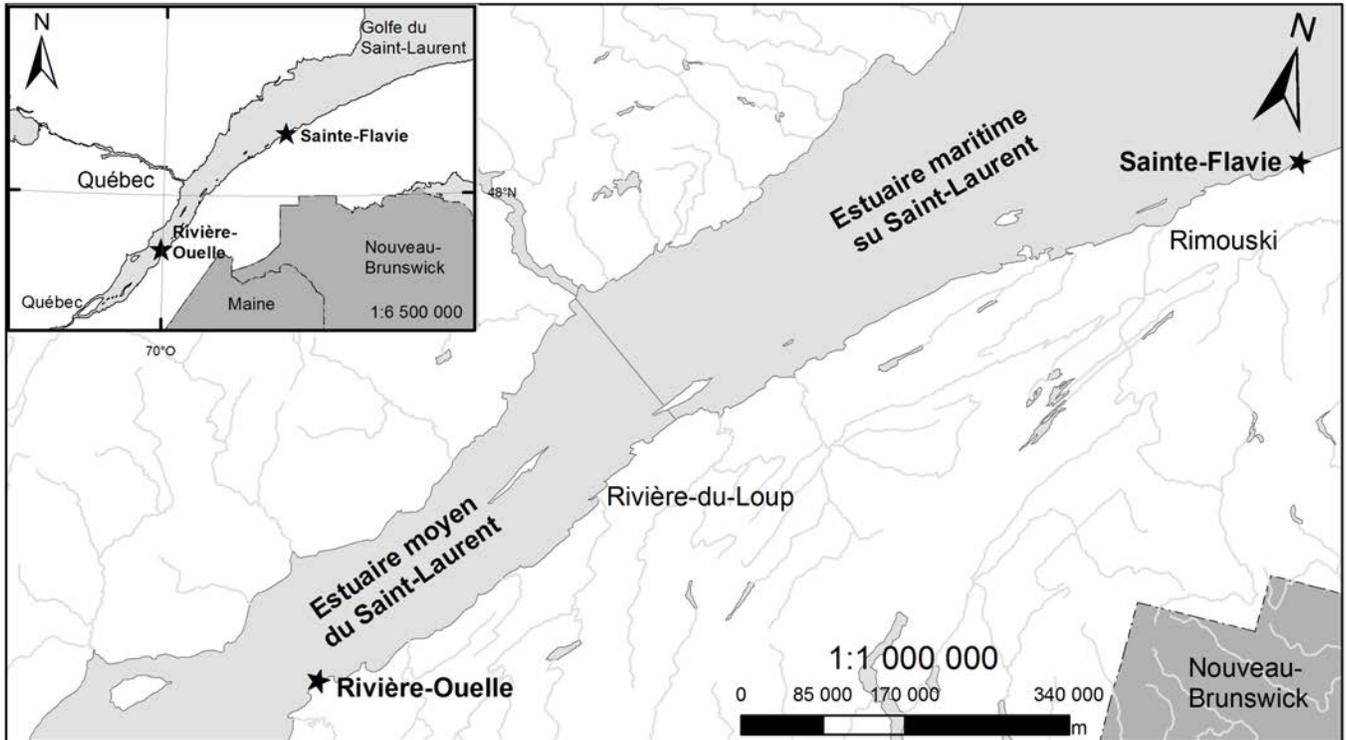


Figure 1. Localisation des plages de a) Rivière-Ouelle et b) Sainte-Flavie sur la côte sud de l'estuaire du Saint-Laurent.

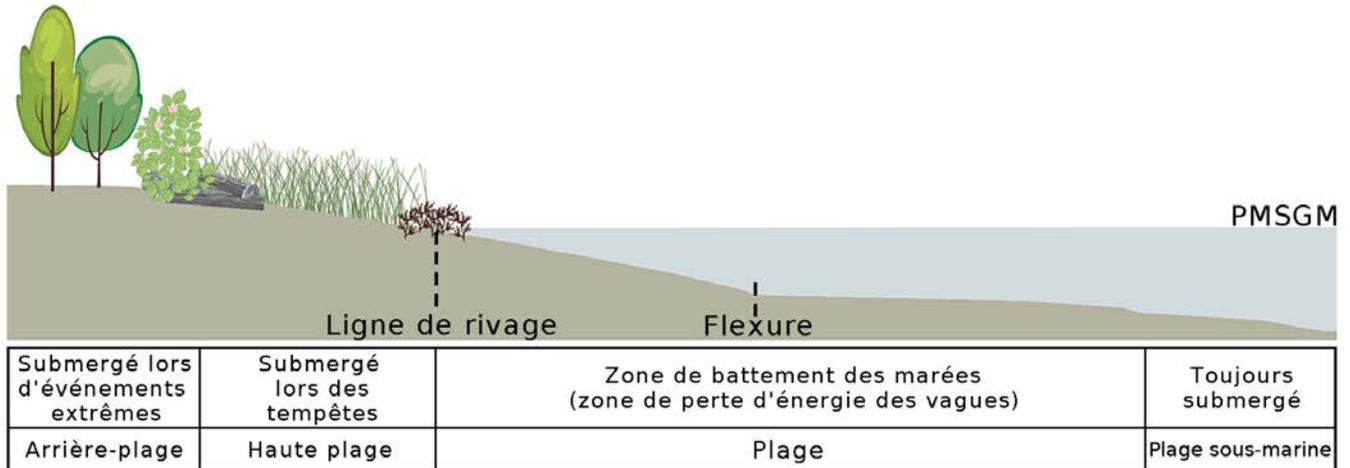


Figure 2. Profil type de plage, nomenclature associée et localisation de la ligne de rivage, de la limite des pleines mers supérieures des grandes marées (PMSGM) et de la flexure.



Figure 3. Plage de Rivière-Ouelle avant A) et après B) les travaux de restauration. Plage de Sainte-Flavie avant C) et après D) les travaux de restauration. La ligne de rivage, qui correspond aussi à la fin de la recharge (B et D), est indiquée en pointillé (source: Comité Zip du Sud-de-l'Estuaire).

ont été effectués à l'aide d'un laser rotatif automatique, d'une règle graduée munie d'un récepteur laser et d'un ruban gradué de 60 m. La comparaison des profils ainsi obtenus permet de suivre l'évolution de la largeur de plage (distance entre un point fixe localisé en amont de la recharge et la flexure), de la ligne de rivage (distance entre un point fixe en amont de la recharge et la ligne de rivage) et du volume sédimentaire. Les volumes sédimentaires sont obtenus en calculant l'aire sous la courbe (en m²) des profils topographiques (entre un point fixe localisé en amont de la recharge et la flexure) multipliée par 1 m afin d'obtenir des volumes.

Le suivi de la plantation consistait en un dénombrement des plants à l'intérieur de 5 quadrats (1 m²) positionnés aléatoirement dans la plantation.

Une compilation détaillée des sommes engagées dans la réalisation des travaux de restauration pour chacun des sites a permis de calculer le coût moyen par mètre linéaire de côte.

Résultats

À Rivière-Ouelle, les largeurs moyennes de la plage obtenues entre 2013 et 2015 (67,4 m, 68,9 m et 68,3 m respectivement) étaient très similaires à celles mesurées avant la recharge (68,8 m en 2011 : figure 4a). La plus faible valeur de largeur moyenne de plage (62,3 m) a été obtenue après les travaux de restauration, en 2012. À Sainte-Flavie, la largeur moyenne de la plage est passée de 19,5 m en 2011 à 23,4 m en 2012, après le rechargement (figure 4d). Entre 2013 et 2015, cet élargissement est demeuré relativement stable (25,2 m, 24,1 m et 25,7 m respectivement). À la suite de la recharge, le profil le plus court mesuré annuellement à Sainte-Flavie s'est généralement élargi et l'écart entre les extrêmes s'est réduit, sauf en 2013.

La distance moyenne de la ligne de rivage mesurée à Rivière-Ouelle a augmenté progressivement chaque année, sauf en 2013 où un recul fut noté (figure 4b). Un patron similaire fut observé à Sainte-Flavie (figure 4e).

À Rivière-Ouelle, le volume total mesuré a diminué entre 2011 (687,3 m³) et 2012 (639,1 m³). L'augmentation la plus marquée a été observée entre 2012 et 2013 (726,9 m³) et s'est poursuivie ensuite (745,3 m³ en 2014 et 751,8 m³ en 2015; figure 4c). À Sainte-Flavie, le volume sédimentaire total a augmenté de façon notable après la recharge (129,7 m³ en 2011 versus 187 m³ en 2012). Cette hausse du volume sédimentaire total a persisté de 2013 à 2015 (182,2 m³, 186,8 m³ et 193,5 m³ respectivement; figure 4f). Il est à noter que la variabilité interannuelle des volumes sédimentaires des profils pris individuellement fut beaucoup plus grande que la tendance générale.

À la suite de la plantation, une densité moyenne de 15 tiges/m² (moyenne des 5 quadrats échantillonnés) a été obtenue à Rivière-Ouelle et de 14 tiges/m² pour Sainte-Flavie. L'été suivant, les densités moyennes atteignaient 49 tiges/m² et 60,5 tiges/m² respectivement (détail des résultats non présentés).

La restauration des 2 sites a nécessité un investissement total de 90 500 \$, ou 453 \$/m linéaire de côte restaurée. Les salaires ont représenté environ la moitié de cet investissement. Un montant prévisionnel alloué à la réalisation de recharges d'entretien futures a également été considéré dans le bilan financier (tableau 1).

Discussion

Les plages naturelles sont d'excellents systèmes de défense côtière. Elles contribuent à la protection des côtes, notamment en réduisant l'impact érosif des vagues et en

Tableau 1. Budget détaillé de la réalisation des travaux de recharge en sable et végétalisation pour les plages de Sainte-Flavie et de Rivière-Ouelle.

	Poste budgétaire	Rivière-Ouelle	Sainte-Flavie	
Salaires et traitement	Recherche, caractérisation, demande de certificat d'autorisation	8 405 \$	8 405 \$	
	Préparation et mise en œuvre des travaux de restauration	7 778 \$	7 593 \$	
	Main-d'œuvre plantation	592 \$	777 \$	
	Suivi des travaux	4 255 \$	4 255 \$	
	Total salaires et traitement	21 030 \$	21 030 \$	42 060 \$
Matériel et déplacement	Déplacements	3 540 \$	3 540 \$	
	Certificat autorisation – MDDELCC	538 \$	538 \$	
	Sédiments	5 485 \$	5 030 \$	
	Machinerie et transport	1 200 \$	3 000 \$	
	Végétaux	4 805 \$	4 250 \$	
	Filet stabilisateur	765 \$	750 \$	
	Entretien	7 500 \$	7 500 \$	
	Total matériel et déplacement	23 833 \$	24 608 \$	48 441 \$
Grand total		44 863 \$	45 638 \$	90 501 \$
Total par mètre linéaire de côte (\$/m)		449 \$	456 \$	453 \$

CHANGEMENTS CLIMATIQUES

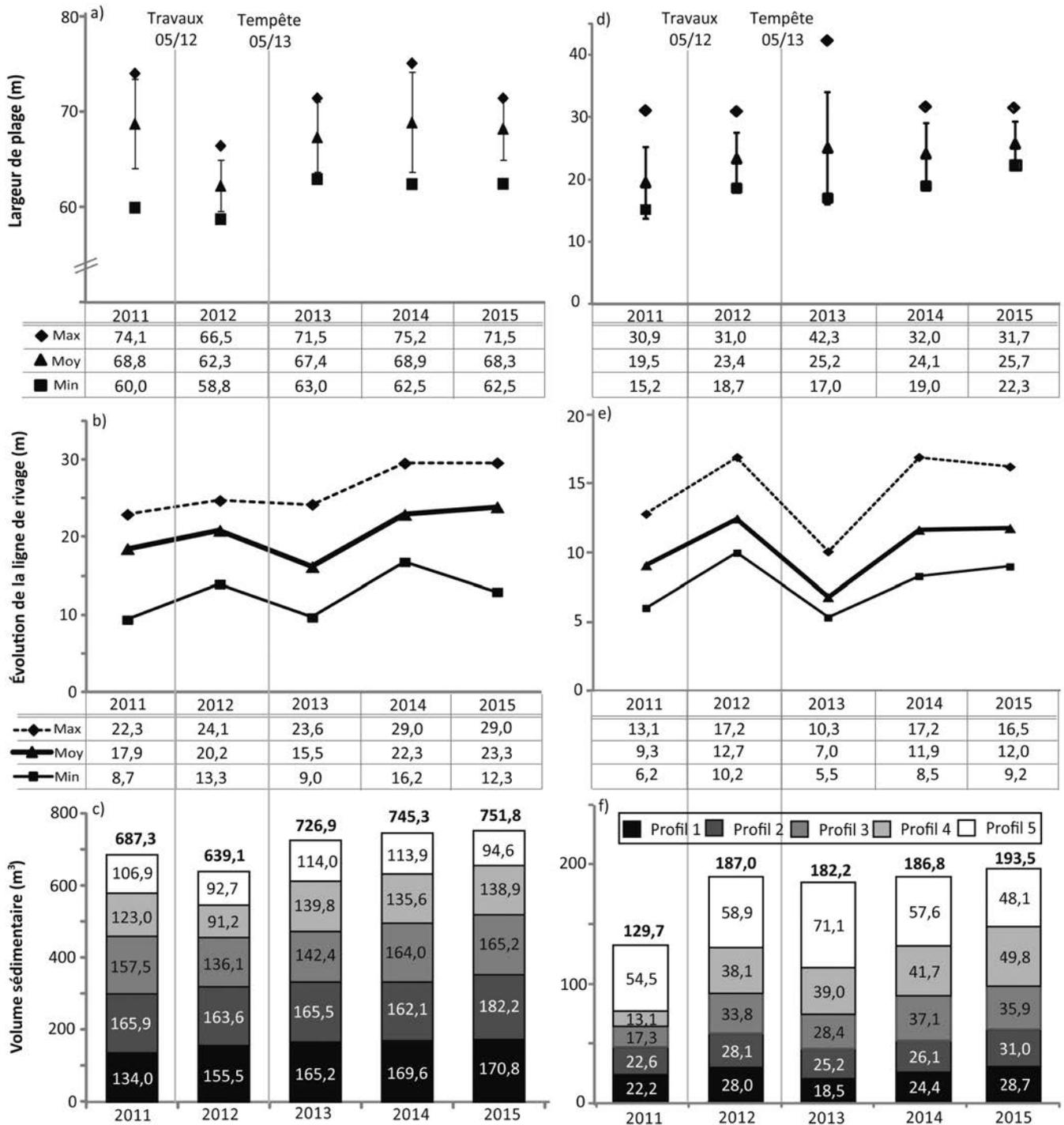


Figure 4. Largeur de plage, évolution de la ligne de rivage et volumes sédimentaires par profil pour a), b) et c) Rivière-Ouelle et d), e) et f) Sainte-Flavie. Pour les volumes sédimentaires, le total annuel est écrit en gras et détaillé par profil dans la colonne sous-jacente. Le moment des travaux de restauration et d'un évènement de tempête important est désigné par une ligne grise sur la figure.

limitant les risques de submersion côtière (Bird et Lewis, 2015). Les plages sont de nature dynamique, constamment modulées par les conditions hydrodynamiques (vague, marée, courant) sans cesse changeantes. Leur évolution morphologique est donc cyclique, alternant entre des périodes d'accumulation et des périodes d'érosion, lors d'événements de tempêtes ou lorsque les conditions environnementales sont plus dynamiques (Paskoff, 2012; Bird et Lewis, 2015). La stabilité des plages dépend fortement du bilan sédimentaire. Lorsqu'une plage se trouve en déficit sédimentaire, sa capacité de résilience diminue (Paskoff, 2012).

Les recharges en sable visent à corriger le déficit sédimentaire d'une plage (Dean, 2002; Bird et Lewis, 2015). Cette technique de protection côtière souple tient compte de la réponse des plages aux conditions hydrodynamiques plutôt que de chercher à figer la ligne de rivage à la manière des structures rigides (Bernatchez et collab., 2011; Paskoff, 2012). Les sédiments ajoutés sur la haute plage et l'arrière-plage seront redistribués sous l'effet des conditions hydrodynamiques afin de favoriser un élargissement ou un rehaussement de la zone de perte d'énergie des vagues (figure 2 : Dean, 2002; Bird et Lewis, 2015). La recharge en sable favorise donc la capacité de résilience côtière tout en conservant l'état naturel des plages et, conséquemment, leurs valeurs esthétiques et récréotouristiques.

La largeur de la plage, le déplacement de la ligne de rivage et le volume sédimentaire sont de bons indicateurs de la dynamique côtière (Bernatchez et collab., 2011; Bernatchez et Fraser, 2012). Un élargissement ou un rehaussement de la plage ainsi que la migration de la ligne de rivage vers la mer sont des indices d'un système en accumulation tandis que des résultats inverses laissent présager un système côtier en érosion. Globalement, les résultats du suivi de l'évolution côtière montrent une amélioration de la plupart des indicateurs pour les 2 plages à la suite des travaux de restauration. Toutefois, les 2 sites n'ont pas réagi de la même façon au rechargement en sable. La plage de Sainte-Flavie est beaucoup plus étroite et exposée que celle de Rivière-Ouelle. Ces différences majeures dans la configuration des systèmes côtiers à l'étude pourraient expliquer les divergences constatées lors du suivi.

À Sainte-Flavie, la mise en place de la recharge explique la hausse initiale de tous les indicateurs mesurés en 2012. Cet élargissement initial de la plage s'est maintenu, voire s'est poursuivi légèrement par la suite, sauf en 2013. À Rivière-Ouelle, un signal similaire était attendu. Cependant, seule la ligne de rivage a montré des signes positifs (avancée) en 2012 par rapport à 2011. Il est possible qu'une combinaison de conditions hydrodynamiques couplée à un couvert de glace limité ait occasionné un transport sédimentaire et causé la réduction de la largeur de la plage et du volume sédimentaire entre les suivis de 2011 et 2012. La vérification de cette hypothèse aurait nécessité un suivi saisonnier plus régulier. Bien que la plage de Rivière-Ouelle ne se soit pas élargie 3 ans après les travaux de restauration, l'augmentation du volume sédimentaire et l'élargissement de la haute plage (indiqué par

la migration de la ligne de rivage vers la mer) suggèrent un rehaussement du système côtier.

Le 26 mai 2013, au moment des marées de vives-eaux, une dépression atmosphérique accompagnée de vents soufflants du nord-nord-est à des vitesses moyennes avoisinant les 40 km/h (avec des rafales à 61 km/h) a généré une onde de tempête dans l'estuaire (Environnement Canada, 2013). Cette combinaison de facteurs a provoqué le déferlement de vagues de forte envergure sur les recharges et les plantations d'élyme des sables. À Sainte-Flavie, cet événement a entraîné une réduction de la haute plage (recul de la ligne de rivage) et produit un remaniement important des sédiments de la plage. Une partie du matériel a été transportée hors des limites du suivi de la plage (réduction du volume sédimentaire total) et un transport sédimentaire vers l'ouest, provoqué par la tempête, explique l'engraissement significatif des profils 4 et 5 au détriment des profils 1 et 2. Malgré cela, les indicateurs mesurés montrent tous des signes de rétablissement dès 2014. À Rivière-Ouelle, l'onde de tempête s'est manifestée différemment. Des signes de submersion et d'érosion ont été constatés sur le terrain, ce qui explique d'ailleurs le recul de la ligne de rivage. Cependant, les affleurements rocheux orientés vers le nord-est ont probablement agi comme une barrière physique freinant le transport sédimentaire occasionné par les vagues de tempête et provoqué une accumulation sur la plage. Cela expliquerait l'augmentation du volume sédimentaire et de la largeur de plage obtenue en 2013.

Trois années après les travaux de restauration, les plages de Rivière-Ouelle et de Sainte-Flavie montrent donc des signes encourageants de rétablissement et une résilience face aux aléas côtiers. Cependant, l'ajout artificiel de sédiment n'est pas permanent et la source finit par se tarir. La pérennité de la restauration reste conditionnelle aux recharges de sable d'entretien qui, elles-mêmes, sont principalement dépendantes des événements de tempête (Dean, 2002).

L'ajout de végétation indigène résistante aux aléas côtiers sur la recharge en sable permet de constituer un filet végétal qui participe à stabiliser les sédiments (Juneau et collab., 2012). Les bénéfices sur l'investissement ont été rapides. En un an, le nombre de tiges implantées a triplé. Malgré la perte du tiers de la plantation à Rivière-Ouelle lors de la tempête de mai 2013 (résultats non présentés), le site est maintenant complètement végétalisé et les traces de l'événement ne sont presque plus visibles. La forte multiplication de l'élyme des sables d'Amérique permet d'affirmer que pour un effort minimal, les résultats sont remarquables et que la combinaison d'une telle plantation aux travaux de recharge en sable pourrait contribuer à réduire la fréquence des recharges d'entretien.

La période de réalisation des travaux de restauration semble être un facteur prépondérant dans la réussite d'un tel projet. Des rechargements réalisés tard en automne aux Escoumins (Écogénie, 2006) et à Clark City (Radio-Canada, 2016) sur la Côte-Nord ont été sérieusement altérés par les tempêtes hivernales quelque temps seulement après leur mise en place. La réalisation des travaux au printemps permettrait

aux sédiments de se stabiliser et aux végétaux de s'implanter suffisamment avant l'arrivée des conditions hydrodynamiques automnales et hivernales plus intenses (Bernatchez et collab., 2008). Les recharges effectuées en mai à Rivière-Ouelle et Sainte-Flavie semblent d'ailleurs avoir bien résisté et donnent d'excellents résultats.

Dans le choix d'une technique de protection des berges, les recharges en sable et les plantations sont souvent considérées comme coûteuses, surtout à cause de l'entretien requis ultérieurement. Pourtant, un enrochement nécessite un investissement de l'ordre de 7 000 \$/m linéaire (Roche, 2011). Avec un coût moyen au mètre linéaire de 453 \$, incluant un montant pour l'entretien, ces techniques souples sont définitivement beaucoup plus abordables pour les petites municipalités ou les regroupements de riverains.

Remerciements

Ce projet a été rendu possible grâce à une contribution du *Programme Interactions communautaires*, lié au Plan d'action Saint-Laurent 2011-2026, et mis en œuvre par les gouvernements du Canada et du Québec. Le comité ZIP tient à remercier les MRC de Kamouraska et de la Mitis ainsi que les municipalités de Sainte-Flavie et de Rivière-Ouelle pour leur participation au projet. De sincères remerciements aux lecteurs de l'article Antoine Morissette et Chantal Quintin. ◀

Références

- BACHAND, E. 2012a. Rapport de caractérisation, restauration de la plage de Jésuites. Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, Rimouski, 26 p.
- BACHAND, E. 2012b. Rapport de caractérisation, restauration de la plage de la halte marine du Gros-ruisseau. Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, Rimouski, 25 p.
- BACHAND, E. 2013a. Rapport des travaux et de suivi de la plage de Jésuites. Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, Rimouski, 26 p.
- BACHAND, E. 2013b. Rapport des travaux et de suivi de la plage de la halte marine du Gros-ruisseau. Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, Rimouski, 26 p.
- BERNATCHEZ, P. et C. FRASER, 2012. Evolution of coastal defence structures and consequences for beach width trends, Québec, Canada. *Journal of Coastal Research*, 28: 1550-1566.
- BERNATCHEZ, P., C. FRASER, S. FRIESINGER, Y. JOLIVET, S. DUGAS, S. DREJZA et A. MORISSETTE, 2008. Sensibilité des côtes et vulnérabilité des communautés du golfe du Saint-Laurent aux impacts des changements climatiques. LDGIZC, UQAR, Rimouski, 256 p.
- BERNATCHEZ, P., C. FRASER, D. LEFAIVRE et S. DUGAS. 2011. Integrating anthropogenic factors, geomorphological indicators and local knowledge in the analysis of coastal flooding and erosion hazards. *Ocean and Coastal Management*, 54: 621-632.
- BIRD, E et N. LEWIS, 2015. *Beach nourishment*. Springer, New York, 137 p.
- CIRCE, M., L. DA SILVA, X. MERCIER et F. MORNEAU, 2015. Analyses coûts-avantages d'options d'adaptation en zone côtière à Percé. Présentation PowerPoint. Disponible en ligne à : <http://ville.perce.qc.ca/wp-content/uploads/2015/03/MCirce1.pdf>. [Visité le 16-02-22].
- DEAN, R. G., 2002. *Beach nourishment: Theory and practice*. World Scientific, River Edge, 399 p.
- DREJZA, S., S. FRIESINGER, et P. BERNATCHEZ. 2014. Vulnérabilité des infrastructures routières de l'Est du Québec à l'érosion et à la submersion côtière dans un contexte de changements climatiques : caractérisation des côtes, dynamique hydrosédimentaire et exposition des infrastructures routières à l'érosion et à la submersion, Est du Québec, Volume I, Projet X008.1. LDGIZC, UQAR, Rimouski, 226 p. + annexes.
- ÉCOGÉNIE, 2006. Devis technique, Banc d'essai des Escoumins : rechargement et végétalisation du haut de plage, Municipalité des Escoumins, Projet 633. Écogénie, Québec, 6 p. + annexes.
- ENVIRONNEMENT CANADA, 2013. Données climatiques. Disponible en ligne à : <http://climat.meteo.gc.ca/>. [Visité le 16-02-01].
- FRIESINGER, S. et P. BERNATCHEZ, 2010. Perceptions of Gulf of St. Lawrence coastal communities confronting environmental change: Hazards and adaptation, Québec, Canada. *Ocean and Coastal Management*, 53: 669-678.
- JUNEAU, M-N., É. BACHAND et A. LELIÈVRE-MATHIEU, 2012. Restauration et aménagement du littoral. Guide de bonnes pratiques du Bas-Saint-Laurent. Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, Rimouski, 40 p.
- PASKOFF, R., 2012. *Les littoraux; impact des aménagements sur leur évolution*. Armand Colin, Paris, 257 p.
- QUINTIN, C., P. BERNATCHEZ et Y. JOLIVET, 2013. Impacts de la tempête du 6 décembre 2010 sur les côtes du Bas-Saint-Laurent et de la baie des Chaleurs. LDGIZC et Chaire de recherche en géoscience côtière, UQAR, Rimouski, Volume I, 48 p.; Volume II, 170 p.
- RADIO-CANADA, 2016. De nouveaux travaux d'ensablement dans le secteur de Clarke City. Disponible en ligne à : <http://ici.radio-canada.ca/regions/est-quebec/2016/02/09/005-ensablement-sept-iles-clarke-city-val-marguerite.shtml>. [Visité le 16-02-09].
- ROCHE, 2011. Analyse des solutions en érosion côtière dans la Baie de Plaisance, Îles-de-la-Madeleine, Étude en hydraulique maritime, N° 61933. Roche, Québec, 219 p. + annexes.
- TECSULT, 2008. Analyse coûts-avantages de solutions d'adaptation à l'érosion côtière pour la Ville de Sept-Îles. TecSult, Montréal, 150 p.

Sélection Laminard inc.

Diane Lemay et Pierre Savard, prop.

- Encadrement
- Laminage
- Matériel d'artiste
- Cours de peinture
- Galerie d'art

254, rue Racine
Loretteville (Québec)
G2B 1E6

Tél. : (418) 843-6308
Fax. : (418) 843-8191

Courriel : selection.laminard@videotron.ca
www.selectionart.com

www.iagto.ca



Gervais Comeau
Conseiller en placement

1040, avenue Belvédère, bureau 101
Québec (Québec) G1S 3G3

Téléphone : 418 681-2442
Sans frais : 1 800 207-2445
Cellulaire : 418 882-8282
Télécopieur : 418 681-7710
gervais.comeau@iagto.ca



Industrielle Alliance
Valeurs mobilières inc.
est membre du FCPE.

VOTRE PARTENAIRE DE CONFIANCE.



Comptables agréés | Société en nom collectif

5300, boul. des Galeries, bur. 200, Québec QC G2K 2A2
Tél.: 418 622-4804 | Téléc.: 418 622-2681



Les Presses de l'Université Laval

20 %
sur tout le catalogue
en entrant ce code

NATURCAN20

Valide jusqu'au 30 septembre 2016

www.pulaval.com



1435 rue Provancher
Québec, QC
G1Y 1R9

LA MAISON
LÉON-PROVANCHER
www.maisonleonprovancher.com

Dr MICHEL COUVRETTE
Chirurgien-dentiste

5886 St-Hubert
Montréal (Québec)
Canada H2S 2L7

sur rendez-vous
seulement
274-2373

LE SAINT-LAURENT, UNE RICHESSE NATURELLE UNIQUE



Apprenez-en plus sur ce que nous faisons pour le conserver et le mettre en valeur

Canada

www.planstlaurent.qc.ca

Québec

La faune, notre mission, notre passion.



Depuis 1987, la Fondation de la faune a soutenu plus de **5 000 projets** visant à protéger, améliorer et valoriser des milieux naturels essentiels à la faune dans toutes les régions du Québec : un investissement de **70 millions de dollars** pour la biodiversité du Québec !

> Consultez nos programmes d'aide : fondationdelafaune.qc.ca



Fondation
de la faune
du Québec



Indigo, la pépinière de plantes et de semences indigènes

*alpina, americana, borealis, canadensis, grandiflorum,
laurentiana, maritima, odoratus, palustris,
terrestris, versicolor et plus encore...*

horticulture-indigo.com

Virtuoso indigenae, parlez-nous latin!



Groupe Hemispheres

L'heure juste en environnement!

- Aménagement écosystémique et génie environnemental
- Caractérisation et cartographie des écosystèmes
- Conservation des lacs et cours d'eau
- Évaluation environnementale
- Gestion des eaux usées
- Communication et gestion environnementale



QUÉBEC
5731, rue Saint-Louis, bureau 201
Lévis (Qc) G6V 4E2
Téléphone : 418 903-9678
Sans frais : 1 866 574-7032

MONTRÉAL
1453, rue Beaubien Est, bureau 301
Montréal (Qc) H2G 3C6
Téléphone : 514 509-6572
Sans frais : 1 866 569-7140

info@hemis.ca | www.hemis.ca

le naturaliste canadien

La plus ancienne revue francophone en sciences naturelles publiée en Amérique

Le *Naturaliste canadien* offre – sur papier et en ligne – un vaste auditoire à tous les professionnels de l’environnement et aux naturalistes qui désirent partager le fruit de leur travail avec ceux qui se préoccupent des sciences naturelles au Québec.

Auteur potentiel ? Soumettez un manuscrit :

- Évaluation par les pairs
- Aucun frais de publication
- Tirés à part électroniques gratuits
- Diffusion en deux formats : imprimé et en ligne (plateforme Érudit)

(www.provancher.qc.ca/fr/publication/naturaliste/soumettre-un-article)

Publié depuis 1869, le *Naturaliste canadien* paraît grâce au soutien de la Société Provancher d’histoire naturelle du Canada, un organisme voué à la conservation des milieux naturels, à l’éducation environnementale et à la diffusion des connaissances en sciences naturelles.

Lecteur potentiel ? Devenez membre :

Faites d’une pierre deux coups : Adhérez à la Société Provancher et recevez gratuitement tous les numéros du *Naturaliste* !

(<http://www.provancher.qc.ca/fr/societe/devenir-membre>)



le naturaliste
canadien