



CLIMAtlantic

Boîte à outils d'adaptation côtière

Adaptation aux changements climatiques
dans les collectivités côtières du Canada
atlantique

Partie 3 – Options d'intervention en zone
côtière et considérations techniques

Janvier 2023

Partie 3 – Options d'intervention en zone côtière et considérations techniques

Auteurs

Vincent Leys, CBCL; Sarah van den Heuvel, CBCL; Aline Kaji, CBCL

Remerciements

Merci à tous ceux qui ont apporté des idées et des informations à l'outil original, ainsi qu'à cette version actualisée.

Avis de non-responsabilité

La boîte à outils est destinée uniquement à des fins d'information. Les informations fournies ne remplacent pas les conseils professionnels propres à un site, et les informations contenues dans les outils ne remplacent pas non plus la consultation de professionnels de l'ingénierie, de l'aménagement du territoire ou des sciences de la terre. Les informations fournies n'excluent pas la nécessité de s'engager avec les juridictions compétentes dans les processus de réglementation et d'octroi de permis. Les auteurs ne font aucune déclaration quant à son exactitude et aux affirmations des articles dont elle est tirée.

Janvier 2023

This project was undertaken with the financial support of:
Ce projet a été réalisé avec l'appui financier de :



Environment and
Climate Change Canada

Environnement et
Changement climatique Canada

Appuyé par le programme [Renforcer la capacité et l'expertise régionale en matière d'adaptation](#)



Natural Resources
Canada

Ressources naturelles
Canada

Canada

Partie 3 – Options d'intervention en zone côtière et considérations techniques

Avant-propos

Les provinces atlantiques du Canada ont mis en place des modes d'utilisation et d'aménagement du territoire durables sur la côte. Toutes les collectivités côtières de la région sont vulnérables aux aléas côtiers et aux impacts des changements climatiques : leur avenir repose sur l'adaptation à ces impacts.

S'adapter aux changements climatiques en zone côtière au Canada atlantique : guide d'aménagement du territoire et des moyens techniques et naturels fournit des stratégies et des outils de gestion de l'élévation du niveau de la mer, des inondations côtières et de l'érosion dues aux changements climatiques. Cette série de trois guides complète [l'Outil d'adaptation côtière en ligne \(https://climatlantic.ca/fr/outil-dadaptation-cotiere-2/\)](https://climatlantic.ca/fr/outil-dadaptation-cotiere-2/) de CLIMAtlantic. Ensemble, ces ressources aident les décideurs et les propriétaires à définir leurs besoins d'atténuation des risques et à choisir les options qui conviennent le mieux au contexte côtier de leur collectivité et aux effets des changements climatiques qui la touchent.

La **Partie 1 – Guide de sélection des moyens d'adaptation** présente l'adaptation aux changements climatiques en zone côtière dans les provinces de l'Atlantique. Elle définit les cinq principaux moyens d'adaptation, décrit les impacts des changements climatiques dans la région de l'Atlantique, caractérise les milieux côtiers, donne des critères pour appuyer la prise de décision et relie les outils et stratégies d'adaptation aux contextes côtiers des provinces de l'Atlantique.

La **Partie 2 – Moyens d'adaptation : outils d'aménagement du territoire** présente plus de 50 outils d'aménagement du territoire pour s'adapter aux changements climatiques en zone côtière. Les outils et exemples qui y sont présentés sont tirés des options d'aménagement du territoire de [l'Outil d'adaptation côtière CLIMAtlantic en ligne](#). On y donne également un aperçu des cadres de gestion et de la législation en matière d'aménagement du territoire qui pourraient soutenir l'adaptation côtière aux changements climatiques dans chacune des quatre provinces et des Premières Nations de l'Atlantique.

La **Partie 3 – Options d'intervention en zone côtière et considérations techniques** présente plus de vingt mesures d'intervention en gestion des inondations et de l'érosion côtières. On y décrit leur pertinence selon les différents contextes et objectifs d'adaptation aux changements climatiques (à court ou à long terme; coût faible, moyen ou élevé), et on y établit les exigences techniques et facilitantes des différents moyens d'adaptation. Les mesures et exemples d'intervention qui y sont présentés sont tirés des options techniques de [l'Outil d'adaptation côtière CLIMAtlantic en ligne](#).



Table des matières

| | |
|--|----|
| Avant-propos..... | 3 |
| Préface..... | 6 |
| Chapitre 1 – Stratégies d'adaptation aux aléas côtiers..... | 7 |
| Chapitre 2 – Considérations techniques | 9 |
| 2.1 Caractéristiques côtières, processus physiques et impacts des changements climatiques..... | 9 |
| 2.2 Avantages collatéraux des solutions naturelles | 10 |
| 2.3 Connaissances générales nécessaires et considérations techniques | 11 |
| 2.4 Considérations réglementaires..... | 12 |
| 2.5 Considérations de base sur le coût | 14 |
| 2.6 Stratégies d'intégration des projections en matière de changements climatiques..... | 15 |
| 2.7 Guide de conception et de mise en œuvre | 18 |
| Chapitre 3 – Inventaire des mesures d'intervention..... | 19 |
| 3.1 Entretien, réparation ou remplacement d'une infrastructure existante | 20 |
| Cas 1 : La structure est endommagée | 20 |
| Cas 2 : La structure cause de l'érosion ou des dommages attribuables aux inondations... .. | 22 |
| 3.2 Littoral vivant (restauration des milieux humides côtiers et des marais salés) | 23 |
| 3.3 Stabilisation par la végétation ou la bio-ingénierie..... | 25 |
| 3.4 Restauration ou stabilisation des dunes..... | 27 |
| 3.5 Recharge de plage..... | 29 |
| 3.6 Plage perchée (seuil)..... | 32 |
| 3.7 Récif artificiel..... | 34 |
| 3.8 Revêtement artificiel | 36 |
| 3.9 Revêtement enfoui (dune artificielle)..... | 38 |
| 3.10 Perré (enrochement)..... | 40 |
| 3.11 Épi | 41 |
| 3.12 Brise-lames attaché (perpendiculaire)..... | 43 |
| 3.13 Brise-lames détaché | 45 |
| 3.14 Mur de soutènement..... | 47 |
| 3.15 Ouvrage longitudinal..... | 49 |
| 3.16 Digue..... | 51 |
| 3.17 Protection contre l'affouillement | 53 |
| 3.18 Coupe-marées/aboteau | 55 |
| 3.19 Dragage | 57 |
| 3.20 Mur d'endiguement/protection contre les inondations à sec..... | 59 |
| 3.21 Protection contre les inondations par voie humide | 61 |
| 3.22 Infrastructure surélevée | 63 |
| 3.23 Bâtiment flottant/fondations amphibies | 65 |
| 3.24 Gestion des eaux pluviales – réduction du ruissellement..... | 67 |
| 3.25 Gestion des eaux pluviales – augmentation de l'adduction d'eau (fossé de drainage) | 69 |
| 3.26 Gestion des eaux pluviales – augmentation du stockage (bassin de rétention) | 71 |
| 3.27 Gestion des eaux pluviales – jardin pluvial/milieu humide artificiel | 72 |
| 3.28 Retrait planifié / déplacer les infrastructures | 74 |
| Chapitre 4 – Études de cas | 75 |
| 4.1 Projet de stabilisation des berges et de littoral vivant à Shelburne (N.-É.) | 75 |

| | | |
|--|--|----|
| 4.2 | Stabilisation de la route et des plages du parc national Fundy (N.-B.) | 76 |
| 4.3 | Projet de restauration des dunes de la plage Carters, Port Mouton (N.-É.)..... | 77 |
| 4.4 | Restauration des dunes du terrain de golf de Crowbush Cove (Î.-P.-É.) | 78 |
| 4.5 | Revêtement en pierre de carapace le long de la route en remblai de Cow Bay, Cole Harbour (N.-É.) | 79 |
| 4.6 | Récifs intertidaux, Souris (Î.-P.-É.) | 80 |
| 4.7 | Restauration du marais salé de Stratford Point (États-Unis)..... | 81 |
| 4.8 | Dragage et recharge de plage, North Topsail Beach (États-Unis) | 82 |
| 4.9 | Ouvrage longitudinal écologique à North Turrumurra (Australie) | 83 |
| 4.10 | Épis du parc provincial Basin Head (Î.-P.-É.)..... | 84 |
| 4.11 | Déplacement de la station de traitement des eaux usées de North Rustico (Î.-P.-É.) | 85 |
| 4.12 | Large digue verte autour de l'estuaire de l'Ems-Dollard (Pays-Bas)..... | 86 |
| 4.13 | Aboiteau de la rivière La Planche, baie de Fundy, Amherst (N.-É.)..... | 87 |
| 4.14 | Protection anti-inondations obligatoire des infrastructures des villes de l'État du Maine (États-Unis)..... | 88 |
| 4.15 | Protection contre les inondations par voie humide à Sea Bright (États-Unis)..... | 90 |
| 4.16 | Village flottant de Canoe Pass, Ladner (C.-B.) | 91 |
| 4.17 | Jardin pluvial (zone de biofiltration) à Debert (N.-É.)..... | 92 |
| Chapitre 5 – Glossaire | | 93 |
| Chapitre 6 – Lectures complémentaires..... | | 94 |
| Annexe – Tableaux récapitulatifs | | 96 |

Préface

La *boîte à outils d'adaptation côtière, Adaptation aux changements climatiques dans les collectivités côtières du Canada atlantique, Partie 3 – Options d'intervention en zone côtière et considérations techniques* présente plus de vingt mesures d'intervention en gestion des inondations et de l'érosion côtières. Ce guide aidera les décideurs à choisir les outils d'aménagement du territoire et les mesures d'intervention qui conviennent à la collectivité. Le chapitre 5 – *Glossaire* définit les termes techniques utilisés dans ce rapport. Les outils décrits dans ce document d'orientation sont également tirés des options d'aménagement du territoire de [l'Outil d'adaptation côtière CLIMAtlantic en ligne](#).

Le chapitre 6 – *Lectures complémentaires* propose un complément de ressources.

La Partie 3 – *Options d'intervention en zone côtière et considérations techniques* résume tout d'abord l'adaptation et la relation entre changements climatiques, processus côtiers et aléas côtiers. L'adaptation vise à réduire le risque et la vulnérabilité aux impacts des changements climatiques. La Partie 1 – *Guide de sélection des moyens d'adaptation* décrit en détail l'adaptation, les processus côtiers et les systèmes côtiers.

La Partie 3 répertorie les interventions en zone côtière et leur application dans la gestion des inondations ou de l'érosion – exemples illustrés à l'appui – et fournit des tableaux récapitulatifs permettant de comparer les différentes mesures selon :

- le lieu où l'intervention est nécessaire (type de côte et exposition aux vagues);
- la fonction de l'intervention;
- les exigences réglementaires (quel ministère détermine les interventions permises dans la région visée);
- le coût approximatif en fonction du matériel disponible et de la durabilité de la mesure d'intervention.

Ce guide sommaire se veut une liste de vérification informative qui permet d'évaluer les solutions potentielles et qui complète la Boîte à outils d'adaptation côtière en ligne. Il ne s'agit pas de lignes directrices pour la conception ni d'un substitut à l'expertise en ingénierie et en planification propre à un site.

Chapitre 1 : Stratégies d'adaptation aux aléas côtiers

Les processus côtiers deviennent dangereux s'il y a occupation de la zone côtière sans égard à l'espace nécessaire au vent, aux vagues et aux marées et à l'interaction de ces forces avec le relief, la géologie et l'habitat naturel. Les aléas côtiers et leurs répercussions sur la population et l'environnement découlent de l'érosion, des défaillances structurales et des inondations. Ces processus s'accroissent et s'intensifient. Ils deviennent donc plus dangereux dans certaines régions, en raison des changements climatiques. Dans les provinces de l'Atlantique, ces changements comprennent l'élévation du niveau de la mer, l'augmentation des précipitations, l'intensification des tempêtes et la diminution de la glace marine.

Les stratégies d'adaptation côtière visent à réduire – voire à éliminer – le danger ou à réduire l'impact des aléas côtiers. On compte quatre grandes stratégies d'adaptation : **éviter, retrait, aménagement adaptatif et protection**. Avant de choisir une approche, les parties concernées doivent bien comprendre les risques (**conceptualisation**). La Partie 1 – *Guide de sélection des moyens d'adaptation* détaille plus avant ces stratégies.

Il faut savoir que les différentes stratégies d'adaptation ne peuvent être mises en œuvre sans tenir compte de l'ensemble du système dont fait partie un site donné. Les processus systémiques naturels doivent être intégrés pour que les mesures d'intervention en zone côtière soient durables et résilientes aux perturbations. La définition des conditions de référence et des changements potentiels du système naturel d'un site côtier est cruciale à la conception des mesures d'intervention. Les approches « systémiques » tiennent compte de ces interactions (physiques, biologiques, sociales) et des échelles temporelles et spatiales dans la conception de mesures informées et efficaces. Pour en savoir plus sur les approches systémiques, consulter le rapport *Nature-Based Solutions for Coastal and Riverine Flood and Erosion Risk Management* de l'Association canadienne de normalisation (en anglais)¹.

La **conceptualisation** (compréhension du risque) se fait par des initiatives et activités éducatives qui visent à : informer la population sur les changements climatiques et leurs effets sur les zones et les collectivités côtières, recueillir des données sur le climat et la zone côtière concernée afin de guider les décisions d'adaptation, organiser l'information de sorte qu'elle soit facile à consulter et à comprendre (p. ex., cartes) et rendre les collectivités résilientes aux changements climatiques en instaurant des politiques et en planifiant l'utilisation du territoire. Ces activités peuvent être réalisées de façon indépendante (p. ex., programme d'éducation), mais elles viennent généralement appuyer les autres stratégies ou encadrer la planification de l'adaptation.

L'**éviter** est une stratégie visant à décourager ou à empêcher l'aménagement de lieux dangereux ou appelés à le devenir. Cette stratégie suppose le recensement de telles zones et des risques liés à l'aménagement futur. L'évitement peut entraîner des avantages supplémentaires comme la protection de l'environnement et l'amélioration de l'accès public à la côte.

Le **retrait**, ou le retrait planifié, consiste à déplacer résidents et infrastructures des zones côtières dangereuses vers des zones plus sûres. Il s'agit d'une stratégie d'adaptation à long terme en zone dangereuse. Le retrait accroît la sécurité publique et permet d'éviter de

¹ I. Vouk, V. Pilechi, M. Provan et E. Murphy, *Nature-Based Solutions for Coastal and Riverine Flood and Erosion Risk Management* (en ligne), Toronto (Ont.), Association canadienne de normalisation, <https://www.csagroup.org/article/research/nature-based-solutions-for-coastal-and-riverine-flood-and-erosion-risk-management/>.

remplacer les mesures de protection coûteuses au fil du temps. On en compte deux types : le retrait planifié et l'abandon. Dans le cas du retrait planifié, on détermine ce qu'on déplace et ce qu'on rend aux systèmes naturels. Dans le cas de l'abandon, on ne planifie pas de relocalisation. L'abandon peut s'avérer nécessaire en cas d'urgence et en l'absence d'autre option. Aux fins du présent document, le retrait désigne presque toujours le retrait planifié.

L'**aménagement adaptatif** pérennise l'utilisation des terres côtières, mais modifie l'utilisation du territoire (p. ex., changement au mode d'accès au rivage) ou les infrastructures (p. ex., bâtiments à l'épreuve des inondations, surélevés ou flottants).

La **protection** se fait souvent en réaction à l'érosion côtière ou aux inondations. Forme d'adaptation la plus utilisée dans les zones côtières autour du monde, elle suppose presque toujours une forme d'intervention. Elle vise à permettre la poursuite de l'utilisation actuelle des terres sans modification. Les moyens de protection sont généralement des solutions à court terme aux problèmes côtiers, et il faut les renouveler au fil du temps. À long terme, la protection s'avère habituellement coûteuse et risque de le devenir encore plus à mesure que s'élèvera le niveau de la mer au cours des cent prochaines années en raison des changements climatiques. La protection peut se faire au moyen d'**ouvrages durs**, typiquement là où l'espace est restreint le long d'une côte aménagée, ou **de méthodes douces** (naturelles) là où l'espace le permet entre la mer et les infrastructures à protéger. On devrait toujours envisager des méthodes douces pour l'intégration des aspects écologiques et des ouvrages techniques.

Ces stratégies ne s'excluent pas mutuellement; l'adaptation passe souvent par une combinaison d'approches. En outre, compte tenu de l'incertitude inhérente aux projections climatiques, les parties prenantes et les décideurs devront créer une vision stratégique de l'avenir et entreprendre des actions à court terme tout en établissant un cadre d'orientation des actions future. On trouvera des exemples de ces approches de planification adaptative dans le guide *Dynamic Adaptive Policy Pathways* (en anglais)².

² M. Haasnoot, J. H. Kwakkel, W. E. Walker et J. ter Maat, « Dynamic Adaptive Policy Pathways: A Method for Crafting Robust Decisions for a Deeply Uncertain World », *Global Environmental Change*, vol. 23, n° 2 (2013), p. 485-498.



Chapitre 2 : Considérations techniques

Ce chapitre décrit les différentes considérations qui entrent dans l'évaluation des options d'intervention visant à atténuer les impacts des changements climatiques en zone côtière, notamment : les processus côtiers, les impacts des changements climatiques, la planification des projets techniques, les méthodes de construction, les effets des projets sur les processus côtiers et le milieu, le cadre réglementaire, le coût et les avantages collatéraux possibles. Ces aspects sont traités sous chacune des interventions conceptuelles décrites au chapitre 3 et résumées dans les tableaux en annexe.

2.1 Caractéristiques côtières, processus physiques et impacts des changements climatiques

Les stratégies techniques d'adaptation aux changements climatiques en zone côtière tiennent compte de la nature dynamique du milieu et des changements anticipés. La Partie 1 – *Guide de sélection des moyens d'adaptation* présente un aperçu des processus côtiers et des impacts des changements climatiques dans les provinces de l'Atlantique. La première étape pour déterminer les interventions qui conviennent à un lieu donné consiste à comprendre les caractéristiques côtières et les processus physiques locaux.

En bref, la stratégie technique vise à atténuer les aléas côtiers (inondations et érosion) en prévenant ou en atténuant l'effet des vagues et de l'élévation du niveau de la mer sur les infrastructures et l'utilisation des terres le long de la côte. La conception technique tient compte des éléments suivants : relief et géologie de la zone côtière, niveaux d'eau actuels et projetés (marée haute, ondes de tempête, seiche [variation temporaire du niveau d'eau], élévation du niveau de la mer et jet de rive), courants littoraux, force des vagues et des marées et variation de cette force due aux changements climatiques, cycle de transport des sédiments côtiers (érosion, transport et dépôt).

Les changements climatiques se traduiront, dans les régions côtières des provinces de l'Atlantique, par l'élévation du niveau de la mer, l'intensification possible des tempêtes, l'augmentation des précipitations et la perte de la couverture de glace marine. Ces impacts entraîneront à leur tour l'élévation des niveaux d'eau, ce qui augmentera la portée et la fréquence des inondations ainsi que la force des vagues. Le transport des sédiments côtiers et le taux d'érosion s'en trouveront accélérés. Les inondations et l'érosion menacent la sécurité publique et les infrastructures (figure 3.1).

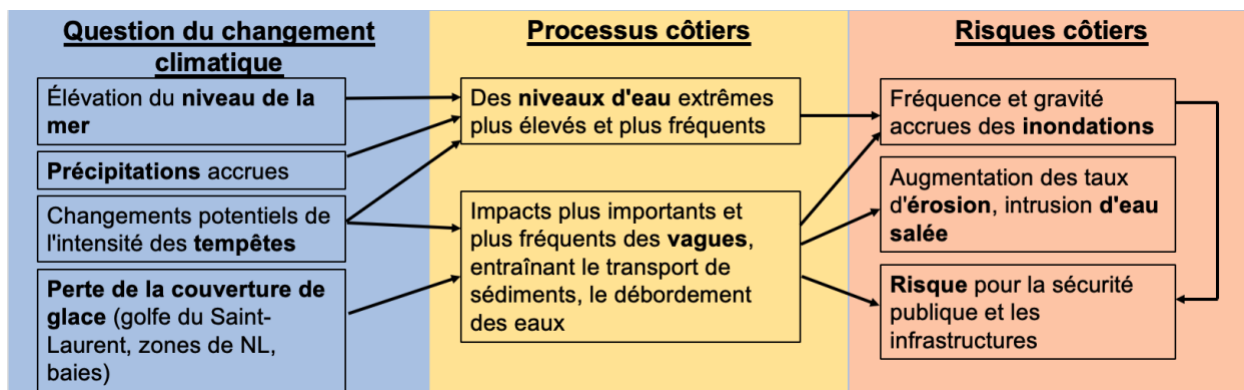


Figure 3.1 Impacts des changements climatiques sur les aléas côtiers (d'après Vincent Leys, CBCL Limited)

2.2 Avantages collatéraux des solutions naturelles

Les mesures techniques de protection côtière supposent souvent des approches conventionnelles comme les structures en béton (p. ex., ouvrages longitudinaux). On les appelle « infrastructures grises » ou « mesures de protection côtière dures ». En revanche, on appelle « infrastructures vertes » les mesures dites naturelles de protection côtières, qui imitent ou utilisent le milieu ou les systèmes naturels pour assurer la protection. Elles peuvent aider à gérer les risques d'inondation et d'érosion tout en contribuant à restaurer les écosystèmes et à renforcer la biodiversité. Ces infrastructures de protection côtière se situent sur un continuum du vert au gris, et leur association donne des mesures hybrides.

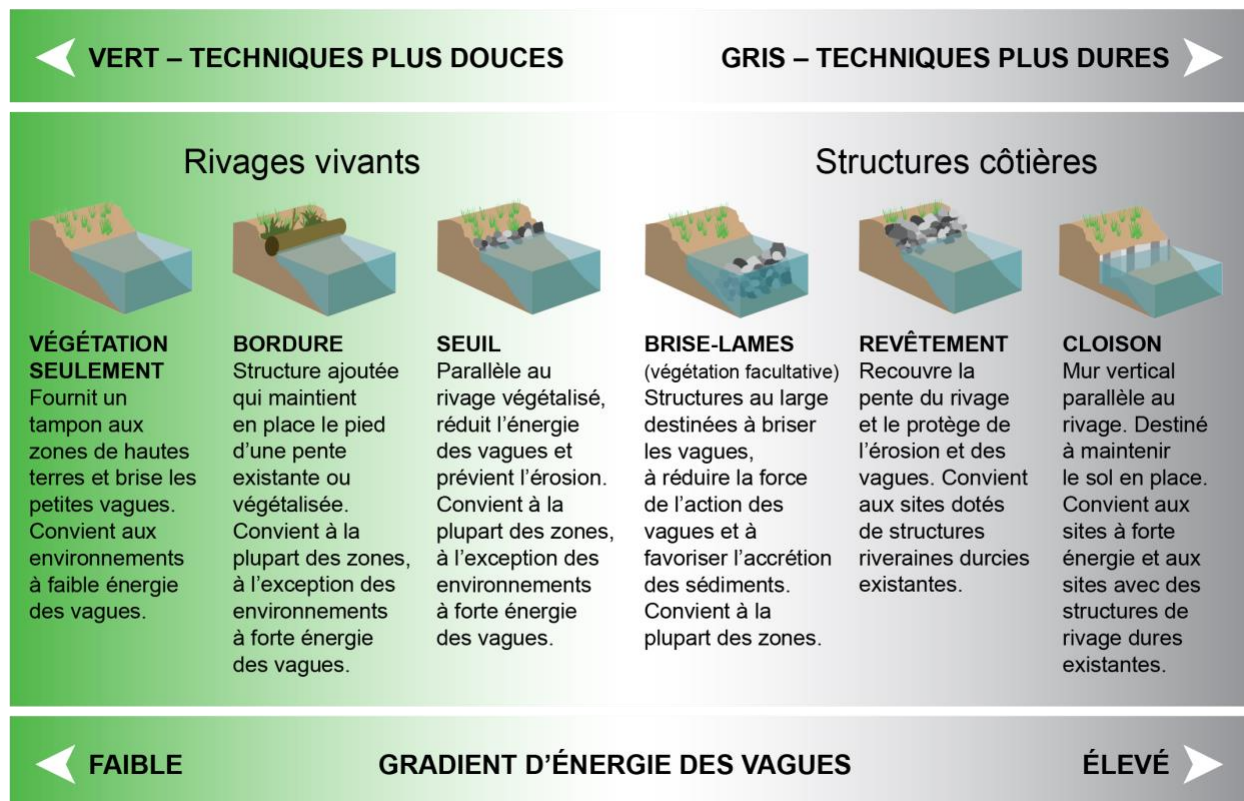


Figure 3.2 Continuum des moyens de protection de la ligne de rivage du vert (interventions douces) au gris (interventions dures) (modifié d'après *Guidance for Considering the Use of living shorelines*, NOAA)

L'association de solutions vertes et grises peut accroître la protection contre les aléas côtiers si on suit une approche systémique comme le décrit le chapitre 1 : Stratégies d'adaptation aux aléas côtiers. Pour en savoir plus sur les solutions naturelles de protection des côtes, consulter le guide *International Guidelines for Natural and Nature Based Features for Flood Risk Management*³ du U.S. Army Corps of Engineers (en anglais) ou le guide *Nature-Based Solutions for Coastal and Riverine Flood and Erosion Risk Management*⁴ de l'Association canadienne de normalisation (en anglais).

³ T. S. Bridges, J. K. King, J. D. Simm, M. W. Beck, G. Collins, Q. Lodder et R. K. Mohan, dir., *International Guidelines on Natural and Nature-Based Features for Flood Risk Management* (en ligne), Vicksburg (Miss.), U.S. Army Engineer Research and Development Center, 2021, https://ewn.ercd.dren.mil/?page_id=4351.

⁴ I. Vouk, V. Pilechi, M. Provan et E. Murphy, *Nature-Based Solutions for Coastal and Riverine Flood and Erosion Risk Management* (en ligne), Toronto (Ont.), Association canadienne de normalisation, <https://www.csagroup.org/article/research/nature-based-solutions-for-coastal-and-riverine-flood-and-erosion-risk-management/>.

2.3 Connaissances générales nécessaires et considérations techniques

De la planification à la construction, les projets d'infrastructure côtière doivent tenir compte de nombreux facteurs, dont voici des exemples.

La **planification et les objectifs du projet** comprennent entre autres :

- la fonction, incluant l'atténuation des inondations et de l'érosion;
- la durée de vie;
- les considérations liées à la rentabilité et à l'entretien, incluant les sources de financement pour la construction et l'entretien;
- les considérations socio-économiques;
- les aspects esthétiques.

La combinaison de tous les facteurs locaux fait en sorte que chaque projet est unique et nécessite l'adoption d'une vision globale.

Les considérations liées à la **construction** comprennent entre autres :

- la disponibilité et la compatibilité des matériaux;
- les enjeux liés à la stabilité et à l'érosion (affouillement) durant la construction;
- la séquence de construction;
- la planification liée aux conditions météorologiques et aux permis en fonction de la saison.

Les **impacts du projet sur les processus côtiers** comprennent entre autres :

- le bilan sédimentaire régional (blocage potentiel du mouvement des sédiments);
- les changements potentiels aux courants, aux marées ou à la qualité de l'eau.

Les **impacts des processus côtiers sur le projet** comprennent entre autres :

- l'élévation par rapport aux niveaux d'eau extrêmes;
- la stabilité structurale en cas de tempête ou d'impact avec la glace;
- la stabilité du plancher océanique et du sol;
- le transport des sédiments et le taux d'érosion;
- la prise en compte à même la conception des conditions variables dues à l'élévation du niveau de la mer.

Les sections qui suivent approfondissent les enjeux à long terme des changements climatiques pour la planification et la conception d'infrastructures côtières.

2.4 Considérations réglementaires

Les exigences en matière d'approbation réglementaire associées aux moyens d'adaptation techniques aux changements climatiques présentées dans ce rapport varient en fonction de nombreux facteurs, notamment la présence de zones écologiques sensibles, l'intérêt du public, la source de financement, la propriété des terres et les répercussions des moyens choisis sur la région. On trouvera ici une évaluation qualitative des exigences réglementaires selon la nature de la perturbation du moyen d'adaptation (ministère devant approuver le projet selon l'impact de l'intervention sur le milieu naturel).

On tiendra compte des délais et des exigences réglementaires, en particulier pour les interventions en zone écosensible qui suscitent l'inquiétude du public. La **Partie 2 – Moyens d'adaptation : outils d'aménagement du territoire** fait une compilation exhaustive des règlements et politiques.

Compétence réglementaire : Le pouvoir réglementaire régissant les projets côtiers est complexe et diffère d'une province à l'autre. La compétence fait référence au territoire ou à l'activité que régit un organisme gouvernemental ou autre. Les limites de la compétence réglementaire côtière distinguent généralement les zones terrestre (terre) et maritime (mer). Conformément à la *Loi sur les océans*, une loi fédérale, le gouvernement fédéral a compétence sur les eaux marines dans la zone maritime de la laisse de basse mer jusqu'à la limite extérieure de la zone économique exclusive, soit à 200 milles marins (370 km) côté mer.⁵ La *Loi sur les océans* divise la zone maritime en différentes zones⁶:

- les eaux intérieures (toutes les eaux situées en deçà de la ligne de base sous la compétence de l'État côtier);
- la mer territoriale (0 à 12 milles marins);
- la zone contiguë (12 à 24 milles marins);
- la zone économique exclusive (12 à 200 milles marins);
- le plateau continental (12 à 200 milles marins – il peut s'étendre plus loin dans certaines circonstances);
- la haute mer (zone au-delà de la limite extérieure du plateau continental d'un État côtier).

Certaines lois provinciales réglementent aussi les activités dans la zone marine. La législation provinciale contredit souvent l'assertion de compétence fédérale de la *Loi sur les océans* et revendique la compétence sur la mer territoriale et au-delà, comme dans la baie de Fundy. Les limites spatiales de la compétence provinciale concernant la gestion des ressources naturelles, de l'aquaculture, des terres de la Couronne et de la protection de l'environnement varient et sont explicitement détaillées dans la législation et la réglementation correspondantes.

La compétence réglementaire environnementale terrestre est majoritairement détenue par les gouvernements provinciaux ou a été accordée par les provinces aux gouvernements municipaux. La Partie 2 donne un aperçu des compétences réglementaires en matière d'environnement terrestre et d'aménagement du territoire dans les provinces de l'Atlantique. Certaines exceptions s'appliquent, notamment dans le cas de projets réalisés sur des terres de

⁵ East Coast Environmental Law, *East Coast Environmental Law Summary Series* (en ligne), 2010, vol. VIII (automne), https://www.ecelaw.ca/media/k2/attachments/Summary_Series_8.pdf.

⁶ Canada, Ministère des Pêches et des Océans, « Le patrimoine océanique du Canada : une description des zones maritimes du Canada », *Pêches et Océans Canada* (en ligne), 2014, <https://web.archive.org/web/20120505173008/http://www.dfo-mpo.gc.ca/oceans/canadasoceans-oceansducanda/marinezones-zonesmarines-fra.htm>.

la Couronne fédérale ou qui concernent des ressources ou des activités transfrontalières (comme la pêche et la navigation). Le gouvernement fédéral peut aussi avoir compétence réglementaire sur le plan environnemental dans le cas de projets sous financement fédéral.

Conformément à l'article 35 de la *Loi constitutionnelle*, les droits des peuples autochtones sont protégés par la législation. Les droits des peuples autochtones désignent les pratiques, les traditions et les coutumes propres à la culture de chaque Première Nation et qui étaient pratiquées avant le contact avec les Européens⁷. La Couronne a l'obligation légale de consulter les groupes autochtones si ses actions sont susceptibles d'avoir des effets négatifs sur les droits des peuples autochtones, incluant les droits issus de traités et les droits légaux. L'obligation de consulter de la Couronne est assurée pour nombre d'approbations de projets de réglementation, de délivrances de permis et d'autorisations de permis. La consultation des Autochtones peut avoir une incidence sur les échéanciers et les résultats.

Autorités réglementaires : Le ministère des Pêches et des Océans (MPO) et Transports Canada (TC) sont les autorités fédérales les plus couramment chargées de la délivrance des permis dans les projets et initiatives en zone côtière. Le MPO est responsable de la gestion des pêches canadiennes dans les eaux marines et intérieures, incluant la protection des pêches commerciales, récréatives et autochtones conformément à l'article 35 de la *Loi sur les pêches*. Une autorisation accordée en vertu du paragraphe 35(2) de la *Loi sur les pêches* peut être requise pour les projets ayant un effet négatif sur l'habitat des poissons. Les demandes d'autorisation en vertu de la *Loi sur les pêches* doivent comprendre des projets visant à compenser les répercussions sur la pêche (projets complémentaires de remplacement de l'habitat perdu en raison de la construction de structures de protection).

Transports Canada a compétence sur la question des dangers de la navigation en vertu de la *Loi sur les eaux navigables canadiennes* (LENC). Des approbations accordées en vertu de la LENC dans les provinces du Canada atlantique sont requises pour les travaux réalisés dans l'océan Atlantique, le lac Bras d'Or et le fleuve Saint-Jean et la rivière LaHave. La limite intérieure de l'océan Atlantique est définie comme la pleine mer supérieure, marée moyenne (moyenne de toutes les pleines mers supérieures pendant 19 années de prédictions).

Les autorités réglementaires provinciales chargées de la délivrance de permis exercent leur compétence sur la protection de l'environnement, l'utilisation des terres, les parcs provinciaux et zones de gestion côtières de la province, les terres de la Couronne provinciales, les plages et l'aquaculture. La structure organisationnelle des autorités et des lois réglementaires varie d'une province à l'autre. Le tableau A.4 en annexe présente les autorités réglementaires par sphère de compétence pour chaque province du Canada atlantique. La *Partie 2 – Moyens d'adaptation : outils d'aménagement du territoire* détaille les politiques et règlements provinciaux.

Évaluation : On distingue trois niveaux d'exigences réglementaires pour la délivrance de permis : faible, moyen et élevé. L'évaluation préliminaire du niveau d'exigences réglementaires pour la délivrance de permis associé à une mesure d'intervention technique se base exclusivement sur son impact sur le milieu naturel avoisinant.

- **Faible** – possibilité d'exigences de notification;

⁷ Affaires autochtones et Développement du Nord Canada, « Les droits ancestraux », *Affaires autochtones et Développement du Nord Canada* (en ligne), 2014, <https://web.archive.org/web/20150122154657mp/http://www.aadnc-aandc.gc.ca/fra/1100100028605/1100100028606>.

- **Moyen** – possibilité d'exigences d'autorisation ou de permis pouvant nécessiter la soumission d'une demande et l'examen par l'autorité réglementaire;
- **Élevé** – possibilité d'exigences d'approbation plurigouvernementale pouvant comprendre une étude d'impact sur l'environnement ou une évaluation environnementale.

Ces renseignements font partie des résultats du processus en ligne d'aide à la décision de l'*Outil d'adaptation côtière* en ligne CLIMAtlantic.

2.5 Considérations de base sur le coût

Le coût et les matériaux utilisés varient grandement d'une mesure d'intervention à l'autre selon les conditions au site et la disponibilité des matériaux. Par exemple, le long de la baie de Fundy et de la côte de l'Atlantique, la pierre de carapace se trouve généralement dans les carrières locales. À l'inverse, le long du détroit de Northumberland et de l'Île-du-Prince-Édouard, la pierre locale est plus tendre et ne convient généralement pas aux ouvrages de protection. Il faut transporter la pierre de carapace de bonne qualité sur de longues distances, ce qui augmente considérablement le coût de construction.

Eu égard au coût, il convient d'envisager chaque nouveau projet comme un prototype adapté aux conditions propres au site. La fourchette des coûts et les exigences d'entretien estimés des différentes mesures d'intervention technique ont été déterminés à partir de l'expertise d'ingénieurs de divers ordres de gouvernement, de l'expérience locale et de sources documentaires; elles sont présentées au tableau A.6. Ce tableau se veut un outil d'évaluation préliminaire à utiliser sous toutes réserves.

Eu égard au coût, il convient d'envisager chaque nouveau projet comme un prototype adapté aux conditions propres au site.

Le coût de l'intervention pourra couvrir, en plus des matériaux de construction :

- l'acquisition des terres et des droits de passage;
- le processus réglementaire et de délivrance de permis environnementaux et techniques;
- des événements fortuits survenant pendant la construction et entraînant des coûts supplémentaires (appelés « imprévus de construction »).

Les fourchettes de coût proposées ici se fondent sur l'expérience, les qualifications et le jugement des intervenants et se conforment à des pratiques et à des principes acceptables. Elles sont destinées aux seules fins de comparaison des mesures d'intervention de ce guide et aucunement à la tarification de projets propres à une zone donnée⁸.

⁸ Les tendances sur le marché local, les situations de soumission non concurrentielle, des ajustements imprévus sur le plan de la main-d'œuvre et du matériel ainsi que d'autres facteurs échappent au contrôle de CBCL Limited et par conséquent, CBCL Limited ne peut pas garantir que les coûts réels ne varieront pas par rapport aux opinions présentées. D'autres aspects à considérer sur l'entretien sont présentés dans la section suivante.

2.6 Stratégies d'intégration des projections en matière de changements climatiques

Les décisions liées à la construction de nouvelles infrastructures ou à l'entretien d'infrastructures existantes doivent tenir compte des projections concernant les changements climatiques et l'élévation du niveau de la mer. La durée de vie prévue de l'infrastructure est le principal élément à considérer. Le tableau 2.1 résume les stratégies techniques de base en fonction des changements climatiques. Le tableau 2.2 présente les stratégies qui s'appliquent le mieux à chaque mesure d'intervention.

La durée de vie d'une infrastructure côtière varie habituellement de 20 à 50 ans selon sa nature ou sa fonction. La « gestion adaptative » est le meilleur moyen de gérer l'effet de l'élévation du niveau de la mer sur l'infrastructure. Elle consiste à adapter progressivement l'infrastructure aux conditions changeantes. Les petits changements progressifs, comme l'élévation de l'ouvrage ou l'ajout de pierres selon un cycle donné (habituellement de 10 à 30 ans), se gèrent mieux sur le plan financier qu'un surdimensionnement initial. La section suivante décrit les mesures d'entretien général, de réparation et de remplacement des infrastructures existantes.

Le guide *Dynamic Adaptive Policy Pathways* détaille plus avant la planification en situation d'incertitude⁹.

La modification progressive planifiée d'infrastructures flexibles est une bonne façon de faire face aux conditions changeantes sur le plan environnemental.

⁹ M. Haasnoot, J. H. Kwakkel, W. E. Walker et J. ter Maat, « Dynamic Adaptive Policy Pathways: A Method for Crafting Robust Decisions for a Deeply Uncertain World », *Global Environmental Change*, vol. 23, no 2 (2013), p. 485-498.



Tableau 2.1 Impacts des changements climatiques et incidences techniques sur les infrastructures côtières

| Durée de vie/horizon de planification | Impacts des changements climatiques | | Incidences techniques | |
|---------------------------------------|---|--|---|--|
| | Processus côtiers | Infrastructure côtière | Infrastructure existante | Nouvelle infrastructure |
| 10 ans | Prépondérance de la variabilité naturelle sur les changements climatiques | Aucun | Assurer l'entretien normal | Utiliser les paramètres actuels de conception |
| 20 ans | Augmentation modérée du niveau de la mer et de la hauteur des vagues près des côtes | Limités | Prévoir d'accroître l'entretien et le niveau de protection | <ul style="list-style-type: none"> • Construire à l'écart de la côte et en hauteur, si possible • Planifier l'entretien • Utiliser une conception flexible permettant l'augmentation graduelle du niveau de protection ou de la hauteur |
| De 50 à 100 ans | Augmentation importante du niveau de la mer et du climat des vagues près des côtes | Importants – inondations, érosion, dommages aux infrastructures dus aux tempêtes | Envisager une combinaison de mesures : <ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de l'entretien et de la protection • Surélévation des structures • Retrait planifié | |

Tableau 2.2 Stratégies selon les projections relatives aux changements climatiques

| | Projet dont la durée de vie prévue est courte (10 ans) | Projet dont la durée de vie prévue est moyenne ou longue (20 ans et plus) |
|---|--|---|
| | Assurer l'entretien normal (infrastructure existante) ou utiliser les paramètres actuels de conception (nouvelle infrastructure temporaire). | Construire plus haut et plus solide, préférablement en misant sur une stratégie de gestion adaptative . Cette conception flexible permettra d'augmenter progressivement le niveau de protection à mesure que le niveau de la mer s'élève. Une telle approche est généralement plus facile à gérer sur le plan financier qu'une construction initiale faite en fonction du niveau de la mer prévu dans 100 ans. |
| Littoral vivant/milieu humide | | |
| Stabilisation à l'aide de plantes | | |
| Restauration des dunes | | |
| Recharge des plages | | - |
| Plage perchée | - | |
| Récif artificiel | | |
| Revêtement artificiel | - | |
| Revêtement enfoui | - | |
| Perré | | |
| Épi | - | |
| Brise-lames attaché | - | |
| Brise-lames détaché | - | |
| Mur de soutènement | - | |
| Ouvrage longitudinal | - | |
| Digue | - | |
| Protection contre l'affouillement | | |
| Coupe-marées/aboteau | - | |
| Dragage | | - |
| Protection contre les inondations à sec | - | |
| Protection contre les inondations par voie humide | - | |
| Infrastructure surélevée | - | |
| Bâtiment flottant | - | |
| Gestion des eaux pluviales (fossé de drainage, bassin de rétention et jardin pluvial) | | |
| Retrait planifié | Déplacement de l'infrastructure | - |

2.7 Guide de conception et de mise en œuvre

Le tableau 2.3 renseigne sur l'information essentielle et les compétences professionnelles minimales nécessaires à la mise en œuvre de chaque mesure d'intervention. Au besoin, il est possible de faire appel à des consultants du gouvernement ou en ingénierie pour les étapes suivantes. On ne saurait trop insister sur l'importance de bien comprendre le système côtier pour faire face aux impacts des changements climatiques. C'est un système très dynamique où tout changement apporté dans une zone peut se répercuter sur la zone adjacente. L'adaptation passe donc par l'analyse de l'ensemble du système, la gestion adaptative, des équipes pluridisciplinaires, l'innovation et la planification à long terme pour faire face à l'incertitude.

Tableau 2.3 Information et expertise habituellement nécessaires à la mise en œuvre des mesures d'intervention en zone côtière.

| | Élément généralement nécessaire | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------------|-----------------------------------|----------------|------------------------------|------------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|-------------|--------------------|--------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------------|
| | Information et données | | | | | | | Expertise professionnelle | | | | | | |
| | Topographie | Bathymétrie (profondeur des eaux) | Taux d'érosion | Cartographie des inondations | Niveaux d'eau extrêmes | Hauteur des vagues | Courants extrêmes | Transport de sédiments | Génie civil | Génie géotechnique | Génie côtier | Génie des ressources en eau | Biologie de la vie marine | Architecture paysagiste |
| Littoral vivant/milieu humide | | | | | | | | | | | | | | |
| Stabilisation à l'aide de plantes | | | | | | | | | | | | | | |
| Restauration des dunes | | | | | | | | | | | | | | |
| Recharge des plages | | | | | | | | | | | | | | |
| Plage perchée | | | | | | | | | | | | | | |
| Récif artificiel | | | | | | | | | | | | | | |
| Revêtement artificiel | | | | | | | | | | | | | | |
| Revêtement enfoui | | | | | | | | | | | | | | |
| Perré | | | | | | | | | | | | | | |
| Épi | | | | | | | | | | | | | | |
| Brise-lames attaché | | | | | | | | | | | | | | |
| Brise-lames détaché | | | | | | | | | | | | | | |
| Mur de soutènement | | | | | | | | | | | | | | |
| Ouvrage longitudinal | | | | | | | | | | | | | | |
| Digue | | | | | | | | | | | | | | |
| Protection contre l'affouillement | | | | | | | | | | | | | | |
| Coupe-marées/aboteau | | | | | | | | | | | | | | |
| Dragage | | | | | | | | | | | | | | |
| Protection contre les inondations à sec | | | | | | | | | | | | | | |
| Protection contre les inondations par voie humide | | | | | | | | | | | | | | |
| Infrastructure surélevée | | | | | | | | | | | | | | |
| Bâtiment flottant | | | | | | | | | | | | | | |
| Gestion des eaux pluviales (fossé de drainage, bassin de rétention et jardin pluvial) | | | | | | | | | | | | | | |
| Retrait planifié | | | | | | | | | | | | | | |
| Déplacement de l'infrastructure | | | | | | | | | | | | | | |

Chapitre 3 : Inventaire des mesures d'intervention

Ce chapitre présente des mesures d'intervention pertinentes pour l'adaptation aux changements climatiques en zone côtière dans les provinces de l'Atlantique. Ces solutions peuvent être indépendantes ou hybrides (en combinant les interventions naturelles aux ouvrages traditionnels, ce qui accroît la protection contre les aléas côtiers tout en renforçant la résilience des infrastructures et de l'écosystème). L'information présentée vise à informer le lecteur et à l'aider à évaluer les solutions suggérées par CLIMAtlantic, [l'Outil d'adaptation côtière](#).

Chaque collectivité développera sa propre approche d'adaptation côtière. On allie souvent différentes mesures pour atteindre les objectifs d'adaptation. Nombre de ces mesures dépendent l'une de l'autre ou se renforcent l'une l'autre. Par exemple, une digue visant à réduire les inondations s'utilisera souvent en conjonction avec un revêtement artificiel pour prévenir l'érosion ou encore avec des coupe-marées (aboiteaux) et des fossés de drainage qui renforcent la capacité de la digue à atténuer les inondations.

L'examen de la documentation régionale, nationale et internationale a permis de dégager différentes mesures d'intervention réparties en trois catégories (réduction de l'érosion, réduction des inondations et réduction des inondations et de l'érosion) et en cinq stratégies : évitement, retrait, aménagement adaptatif, protection et conceptualisation (certaines interventions font partie de plus d'une stratégie).

L'outil de caractérisation et de gestion des aléas côtiers Coastal Hazard Wheel, développé par le Centre PNUE-DHI et les entreprises Deltares et COWI (2022), consultable à <https://chw-app.coastalhazardwheel.org/>, est une autre ressource utile.

3.1 Entretien, réparation ou remplacement d'une infrastructure existante

Cas 1 : La structure est endommagée

La solution idéale dans le cas d'une structure endommagée variera en fonction de plusieurs facteurs, dont :

- l'âge de la structure et sa durée de vie prévue;
- les critères de conception et les conditions climatiques (p. ex., niveau de la mer prévu, climat des vagues, ruissellement);
- les matériaux et la méthode de construction (structure flexible en pierres/sable ou ouvrage en béton);
- le type de dommages (localisés ou généralisés);
- les coûts liés au cycle de vie (remplacement ou réparation).

Bien qu'une évaluation technique propre au site soit habituellement requise, les considérations générales suivantes donnent des pistes de départ.

La durée de vie d'une infrastructure côtière varie habituellement de 20 à 50 ans selon sa nature ou sa fonction. L'entretien continu permet souvent de prolonger la durée de vie d'une structure (remplacement de certains éléments, surélévation, ajout de matériaux comme des pierres). Dans ce contexte, la meilleure approche pour faire face à l'effet de l'élévation du niveau de la mer sur l'infrastructure est la « gestion adaptative ». Elle consiste à adapter progressivement l'infrastructure aux conditions changeantes. Les petits changements progressifs, comme l'élévation de l'ouvrage selon un cycle donné (habituellement de 10 à 30 ans), se gèrent mieux sur le plan financier.

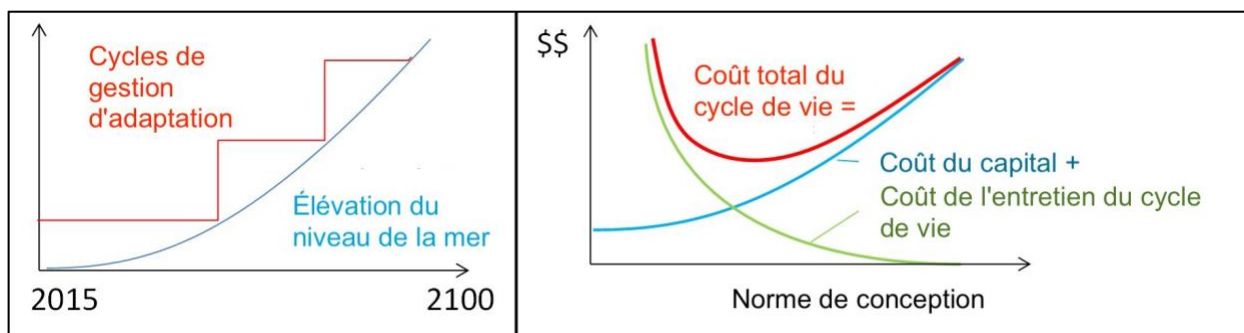


Figure 3.3 Gestion adaptative (à gauche) et concept d'analyse des coûts liés au cycle de vie (à droite) Certaines interventions qui coûtent cher au départ ont de faibles coûts d'entretien par la suite, tandis que d'autres interventions au départ abordables coûtent cher d'entretien. Le point idéal se trouve quelque part entre les deux. (Vincent Leys, CBCL Limited)

Tableau 3.1 Exemples représentatifs de structures côtières endommagées et correctifs possibles

| Type de structure | Dommages possibles | Correctifs possibles |
|---|---|---|
| Perré | Dommage superficiel (p. ex. déplacement de quelques pierres dans la carapace) | Surveiller et entretenir en remplaçant les pierres déplacées |
| | Défaillance de la carapace (p. ex. exposition des sous-couches de pierres filtrantes ou structurales) | Analyser les causes des dommages, remodeler la carapace et la pente en fonction du climat de vagues anticipé et de l'élévation prévue du niveau de la mer, puis reconstruire avec de plus grosses pierres ou une pente plus douce |
| | Déstabilisation de la carapace en raison de l'affouillement | Ajout de pierres à la base de la structure pour contrer l'affouillement et réparer la section endommagée |
| | Débordement | Surélever la crête ou adoucir la pente |
| Hybride (p. ex. revêtement de pierres enfoui) | Lessivage du sable, pierre de carapace exposée | <ul style="list-style-type: none"> Recharge de la plage Végétalisation |
| | Affaissement après la construction | Comblir les trous, préférablement avec un matériau grossier |
| | Débordement | Surélever la crête ou adoucir la pente |
| Ouvrage dur non flexible (p. ex. ouvrage longitudinal, jetée ou mur de rétention) | Débordement | Surélever la crête ou adoucir la pente |
| | Dommages ou défaillances liés à l'érosion | <ul style="list-style-type: none"> Réparer ou remplacer Remplacer ou combiner avec une structure flexible (p. ex. pierres, sable) |
| Plage ou dune | Érosion | Recharge en sable, végétalisation des dunes |
| Littoral vivant | Érosion | Revégétaliser, ajouter un seuil de roche |
| Digue | Érosion | Ajouter une protection rocheuse, réaligner les digues |
| | Débordement | Surélever la crête |
| Ponceau, pont ou aboiteau | Ravinement du chemin | Modifier la conception pour permettre une capacité supérieure et remplacer par une structure plus grande |
| | Embâcles causant des inondations | Faire l'évaluation des risques et des mesures d'atténuation possibles (pourrait nécessiter une augmentation de la taille la structure) |
| | Érosion autour de la structure ou de la route | Réparer la partie endommagée, agrandir le perré; envisager une modification de conception augmentant la capacité |
| Chemin ou bâtiment côtier | Inondations répétées | <ul style="list-style-type: none"> Surélever le chemin ou le bâtiment Améliorer la résistance du bâtiment aux inondations avec un niveau d'eau supérieur Construire un ouvrage longitudinal ou un revêtement de pierres Déplacer le chemin ou le bâtiment |
| | Ravinement causé par l'action des vagues | <ul style="list-style-type: none"> Mettre en place un revêtement de pierres ou un littoral vivant (brise-lames et marais salé) Déplacer le chemin ou le bâtiment |

Remarque : on peut envisager d'autres mesures (retrait planifié ou autre) avant de procéder à un entretien important.

Cas 2 : La structure cause de l'érosion ou des dommages attribuables aux inondations

Les structures côtières peuvent causer des problèmes ailleurs si leurs répercussions sur les processus côtiers ne sont pas totalement comprises avant la construction. Des problèmes peuvent aussi survenir en raison des changements de conditions au fil du temps, avec l'élévation du niveau de la mer ou l'augmentation des précipitations. Bien qu'une évaluation technique propre au site soit habituellement requise, les exemples qui suivent donnent des pistes de départ. La suppression de la structure à l'origine des dommages doit également être envisagée comme correctif possible dans chaque cas ci-dessous.

Tableau 3.2 Exemples de structures côtières causant des dommages et correctifs possibles

| Type de structure | Dommages causés | Correctifs possibles |
|---|--|--|
| Ouvrage dur (p. ex., ouvrage longitudinal, revêtement de pierres, épi, brise-lames) | Bloque l'approvisionnement en sable du rivage en érosion, ce qui accroît l'érosion plus loin sur la côte ou interrompt le transport naturel du sable | <ul style="list-style-type: none"> Recharger la plage Raccourcir, déplacer vers l'intérieur des terres ou enlever la structure pour permettre un alignement du rivage naturellement stable |
| Ouvrage longitudinal | Érosion du rivage sur la berge opposée en raison de la réflexion de l'énergie des vagues | <ul style="list-style-type: none"> Recharger la plage Remplacer par un traitement du rivage qui absorbe mieux l'énergie des vagues (p. ex. pente plus douce, surface plus poreuse) Déplacer la structure vers l'intérieur |
| Digue | Mauvais drainage de l'écoulement | <ul style="list-style-type: none"> Moderniser les aboiteaux Installer des pompes Améliorer la gestion des eaux pluviales |
| | Trop près du lit de la rivière, cause des inondations en raison d'une plaine inondable restreinte | <ul style="list-style-type: none"> Déplacer les digues à l'écart du lit pour rétablir la plaine inondable |
| | Trop près du lit de la rivière, cause de l'érosion | <ul style="list-style-type: none"> Effectuer un retrait planifié pour laisser à la rivière plus d'espace de migration et de méandres naturels |
| Aboiteau (clapet à marées) | Immersion en raison du blocage par la sédimentation, augmentant les risques d'inondation associés aux volumes extrêmes des eaux pluviales et à l'élévation du niveau de la mer | <ul style="list-style-type: none"> Effectuer un dragage d'entretien Déplacer la structure en aval et surélever sa partie basse Concevoir le clapet de façon à permettre un certain flux bidirectionnel afin de réduire la sédimentation |
| Infrastructure de gestion des eaux pluviales | Débordements et inondations | <ul style="list-style-type: none"> Augmenter la capacité d'infiltration, de stockage ou de transport Installer des pompes |

Remarque : on peut envisager d'autres mesures (relocalisation ou autre) avant de procéder à un entretien important.

3.2 Littoral vivant (restauration des milieux humides côtiers et des marais salés)

À mesure que le niveau de la mer augmente, les marais salés et les milieux humides côtiers peuvent maintenir naturellement l'équilibre de la ligne de rivage, soit l'équilibre entre érosion et croissance (accumulation de sédiments et végétation)¹⁰. Les matériaux naturels offrent une protection à court terme et leur décomposition favorise la croissance des plantes et la stabilisation du rivage. La restauration des marais salés et des milieux humides côtiers réduit les effets des inondations et de l'érosion et renforce l'écosystème naturel^{11,12}.

Cette intervention peut demander la plantation d'une végétation appropriée. Combinée à d'autres mesures, comme les revêtements artificiels et la recharge des plages, la restauration des milieux humides côtiers permet de récupérer des terres avalées par la mer (ou inondées).¹³

Des techniques émergentes permettent de réduire les coûts et de tenir compte de l'élévation du niveau de la mer dans les projets de restauration des marais salés. Par exemple, le dépôt de sédiments en couches minces élève graduellement le marais en imitant l'apport naturel en sédiments. Le dragage des voies navigables peut servir à fournir des sédiments au fil du temps et réduire considérablement le coût de création des solutions naturelles en zone intertidale.



Figure 3.4 Projet pilote de littoral vivant à la baie Mahone, en N.-É. (Samantha Battaglia, Coastal Action, juillet 2022)

¹⁰ R. J. Nicholls et R. J. T. Klein, « Climate Change and Coastal Management on Europe's Coast », dans J. E. Vermaat, L. Bouwer, R. K. Turner et W. Salomons, dir., *Managing European Coasts: Past, Present and Future*, Berlin (Allemagne), Springer-Verlag, 2005, p. 199-225.

¹¹ G. Lamont, J. Readshaw, C. Robinson et P. St-Germain, *Greening Shorelines to Enhance Resilience: An Evaluation of Approaches for Adaptation to Sea Level Rise*, préparé par SNC-Lavalin Inc. pour le Stewardship Centre for BC et soumis à la Division des impacts et de l'adaptation liés aux changements climatiques, Ressources naturelles Canada, 2014, « AP040 ».

¹² T. V. Wamsley, M. A. Cialone, J. M. Smith, J. H. Atkinson et J. D. Rosati, « The Potential of Wetlands in Reducing Storm Surge », *Ocean Engineering* (en ligne), 2009, vol. 37, p. 59-68, <http://dx.doi.org/10.1016/j.oceaneng.2009.07.018>.

¹³ R. A. Konisky, D. M. Burdick, M. Dionne et H. A. Neckles, « A Regional Assessment of Salt Marsh Restoration and Monitoring in the Gulf of Maine », *Restoration Ecology* (en ligne), 2006, vol. 14, no 4, p. 516-525, DOI:10.1111/j.1526-100X.2006.00163.x.

| SYNTHÈSE : LITTORAUX VIVANTS (RESTAURATION DES MILIEUX HUMIDES CÔTIERS ET DES MARAIS SALÉS) | | |
|--|---|------------------------|
| ALÉA CÔTIER | Érosion et inondations | |
| RÉPONSE ADAPTATIVE | Protection | |
| CONTINUUM DU GRIS AU VERT (GRIS, VERT – SÉDIMENTS, VERT – VÉGÉTATION) | Vert | |
| COÛT (\$ FAIBLE, \$\$ MOYEN, \$\$\$ ÉLEVÉ) | \$ à \$\$ (selon l'exposition aux vagues) | |
| EXPOSITION AUX VAGUES | Minimale | |
| APPORT DE SÉDIMENTS NÉCESSAIRE? | Apport initial | |
| POSITION IDÉALE SUR LE PROFIL CÔTIER (ZONE SUBLITTORALE, AVANT-PLAGE, ARRIÈRE-PLAGE) | Avant-plage/arrière-plage | |
| PROTECTION (BONNE, NEUTRE, NÉGATIVE/SOURCE D'ÉROSION OU D'INONDATIONS) | <i>Côte (au-dessus de la marée haute)</i> | Neutre |
| | <i>Zone de marée naturelle</i> | Bonne |
| | <i>Défense contre les inondations</i> | Bonne |
| EFFET (POSITIF, NEUTRE, NÉGATIF) | <i>Plage en aval</i> | Neutre |
| | <i>Aspects esthétiques</i> | Positif |
| | <i>Sécurité de la baignade</i> | Neutre |
| DURABILITÉ ET PRÉSERVATION (RENFORCE LA DURABILITÉ, NEUTRE, NON DURABLE) | <i>Morphologie côtière</i> | Renforce la durabilité |
| | <i>Habitat/biodiversité</i> | Renforce la durabilité |
| AVANTAGES | <ul style="list-style-type: none"> • Restauration de l'habitat de la faune et des frayères à poissons • Amélioration de la qualité de l'eau le long de la côte • Atout éducatif, récréatif et environnemental possible pour la collectivité si bien géré • Solution à long terme qui contre à la fois l'érosion et les inondations • Possibilité d'adaptation sans entretien à l'élévation du niveau de la mer (si le rythme n'est pas trop rapide) L'accumulation accrue de sédiments permettra au milieu humide de prendre de la hauteur à mesure que le niveau de la mer s'élève | |
| LIMITES | <ul style="list-style-type: none"> • Intervention inefficace en zone exposée à de fortes vagues, à moins d'être combinée à des brise-lames et à des remblais de sable • Restauration possiblement très longue selon l'ampleur du projet • Nécessité d'une grande superficie pour la restauration, ce qui peut poser problème en zone à fort potentiel de développement • Besoin d'expertise, surtout là où il faut revégétaliser en transplantant des plantes de milieu humide, et d'un accès aux pépinières locales • Possibilité de devoir acquérir des terrains privés, ce qui augmente le coût initial | |

3.3 Stabilisation par la végétation ou la bio-ingénierie

La plantation de végétaux est un moyen naturel et économique de stabiliser les dunes, le haut des plages, les marais salés, les falaises et les escarpements. Cependant, il faut cependant choisir le bon type de plantes et les planter à l'endroit le plus avantageux. Les racines des plantes stabiliseront les sédiments meubles ou les sols gorgés d'eau, ce qui préviendra l'érosion et retiendra le sable soufflé par le vent (pour la formation de dunes). La stabilisation par la végétation peut être renforcée par l'emploi de produits de bio-ingénierie comme des tapis de renforcement du gazon ou des rondins de fibres de coco, illustrés ci-dessous. Elle s'accompagne habituellement d'autres moyens de protection en bas de pente comme l'ajout de pierres de protection contre l'affouillement, ou encore l'ajout de sédiments destinés à être grugés plutôt que la falaise elle-même en cas de tempête (recharge du pied).



Figure 3.5 Installation d'un tapis de renforcement du gazon avec pierres à la base jusqu'au niveau du sentier riverain près de Lawrencetown Beach (N.-É.). Le tapis est rempli de paillis au moyen d'un système hydraulique (à gauche) choisi en fonction des conditions du site.

| SYNTHÈSE : STABILISATION PAR LA VÉGÉTATION OU LA BIO-INGÉNIERIE | | |
|---|---|------------------------|
| ALÉA CÔTIER | Érosion | |
| RÉPONSE ADAPTATIVE | Protection | |
| CONTINUUM DU GRIS AU VERT (GRIS, VERT – SÉDIMENTS, VERT – VÉGÉTATION) | Vert – végétation | |
| COÛT (\$ FAIBLE, \$\$ MOYEN, \$\$\$ ÉLEVÉ) | \$ | |
| EXPOSITION AUX VAGUES | Minimale | |
| APPORT DE SÉDIMENTS NÉCESSAIRE? | Non | |
| POSITION IDÉALE SUR LE PROFIL CÔTIER (ZONE SUBLITTORALE, AVANT-PLAGE, ARRIÈRE-PLAGE) | Arrière-plage | |
| PROTECTION (BONNE, NEUTRE, NÉGATIVE/SOURCE D'ÉROSION OU D'INONDATIONS) | <i>Côte (au-dessus de la marée haute)</i> | Bonne |
| | <i>Zone de marée naturelle</i> | Bonne |
| | <i>Défense contre les inondations</i> | Neutre |
| EFFET (POSITIF, NEUTRE, NÉGATIF) | <i>Plage en aval</i> | Neutre |
| | <i>Aspects esthétiques</i> | Positif |
| | <i>Sécurité de la baignade</i> | Neutre |
| DURABILITÉ ET PRÉSERVATION (RENFORCE LA DURABILITÉ, NEUTRE, NON DURABLE) | <i>Morphologie côtière</i> | Neutre |
| | <i>Habitat/biodiversité</i> | Renforce la durabilité |
| AVANTAGES | <ul style="list-style-type: none"> • Solution économique • Effet environnemental positif sur l'érosion • Appui à la formation de dunes et à la stabilisation des falaises, escarpements et marais salés • Réduction de l'énergie des vagues grâce aux plantes aquatiques, qui répondront aussi de façon naturelle à l'élévation du niveau de la mer • Entretien minimal des végétaux (une fois plantés), qui repoussent souvent après les événements extrêmes | |
| LIMITES | <ul style="list-style-type: none"> • Solution inefficace dans les zones à fortes vagues • Risque d'inefficacité de la mesure ou d'étouffement de la végétation indigène en cas de mauvais choix de végétaux, d'où l'importance de consulter des experts • Disponibilité des plantes indigènes appropriées dans une pépinière locale, car les semis ont besoin de temps pour pousser et doivent être commandés à l'avance • Accroître l'accessibilité et l'abondance des plantes et des médicaments indigènes traditionnels et culturellement significatifs. | |

3.4 Restauration ou stabilisation des dunes

Les dunes sont des monticules de sable qui servent de tampon souple entre la mer et les hautes terres, protégeant celles-ci de l'érosion et des inondations. Pendant les tempêtes, la base des dunes s'érode, ce qui alimente les courants marins en sable et réduit l'érosion dans les zones voisines; le vent peut également transporter le sable à l'intérieur des terres. Entre les tempêtes, les dunes se reconstituent progressivement, la végétation ou les structures artificielles retenant le sable transporté par le vent. Ces structures, comme les clôtures de dunes, ne doivent pas empêcher le mouvement et le déplacement naturels des dunes.



Figure 3.6 Restauration de dunes pendant la construction d'un revêtement enfoui à Basin Head (Î.-P.-É.) (Jody MacLeod, CBCL Limited)

| SYNTHÈSE : RESTAURATION OU STABILISATION DES DUNES | | |
|---|---|---------|
| ALÉA CÔTIER | Érosion et inondations | |
| RÉPONSE ADAPTATIVE | Protection | |
| CONTINUUM DU GRIS AU VERT (GRIS, VERT – SÉDIMENTS, VERT – VÉGÉTATION) | Vert | |
| COÛT (\$ FAIBLE, \$\$ MOYEN, \$\$\$ ÉLEVÉ) | \$ | |
| EXPOSITION AUX VAGUES | Maximale | |
| APPORT DE SÉDIMENTS NÉCESSAIRE? | Oui | |
| POSITION IDÉALE SUR LE PROFIL CÔTIER (ZONE SUBLITTORALE, AVANT-PLAGE, ARRIÈRE-PLAGE) | Arrière-plage | |
| PROTECTION (BONNE, NEUTRE, NÉGATIVE/SOURCE D'ÉROSION OU D'INONDATIONS) | <i>Côte (au-dessus de la marée haute)</i> | Bonne |
| | <i>Zone de marée naturelle</i> | Neutre |
| | <i>Défense contre les inondations</i> | Bonne |
| EFFET (POSITIF, NEUTRE, NÉGATIF) | <i>Plage en aval</i> | Neutre |
| | <i>Aspects esthétiques</i> | Positif |
| | <i>Sécurité de la baignade</i> | Neutre |
| DURABILITÉ ET PRÉSERVATION (RENFORCE LA DURABILITÉ, NEUTRE, NON DURABLE) | <i>Morphologie côtière</i> | Neutre |
| | <i>Habitat/biodiversité</i> | Neutre |
| AVANTAGES | <ul style="list-style-type: none"> • Réduction de l'érosion dans les zones côtières avoisinantes • Réduction de l'érosion et des inondations dans une zone cible • Création d'un habitat de dunes, très limité au Canada, qui est nécessaire à certaines espèces végétales et animales • Zones récréatives courues lorsqu'elles sont bien conçues et gérées. | |
| LIMITES | <ul style="list-style-type: none"> • Intervention limitée aux rivages sablonneux • Pas de réduction du taux d'érosion naturelle du sable; un réapprovisionnement régulier en sable peut s'imposer • Possibilité de devoir acquérir des terrains pour la formation ou l'expansion des dunes vers l'intérieur des terres • Disponibilité de plantes locales appropriées | |

3.5 Recharge de plage

Pour recharger une plage, il faut excaver du sable des terres ou du plancher océanique (dragage) et le déposer sur le rivage. L'intervention peut se faire sur l'arrière-plage, l'avant-plage ou la plage elle-même. Elle ne prévient pas l'érosion, mais ajoute des sédiments au système côtier, réduisant l'érosion ailleurs le long de la côte. On l'utilise couramment sur la côte est des États-Unis comme protection contre les tempêtes. Pour être efficace, la recharge en sable doit couvrir une grande superficie. Il faut également l'utiliser conjointement avec d'autres moyens de contrôle de l'érosion et en faire un entretien régulier, qui consiste à ajouter du sable à intervalle de quelques années. En général, la recharge des plages coûte moins cher à réaliser que les ouvrages durs, mais plus cher à entretenir. Une analyse approfondie du cycle de vie est nécessaire avant la mise en œuvre. La vie utile (ou durée de vie) d'un projet de recharge varie grandement en fonction de la longueur du rivage visé. Par exemple, doubler la longueur du rivage multiplie par quatre la durée de vie du projet.

Le profil de la plage (variation de la profondeur de l'eau entre le rivage et le large) varie selon le type de sédiments et le climat des vagues de la région. Par exemple, le sable fin produit un profil plus plat sous l'action des vagues. L'emploi de sable grossier exige moins de matériau que l'emploi de sable fin. À la recharge d'une plage située en aval d'un cordon littoral près d'une passe de marée, la construction d'un épi est à envisager pour éviter la perte de sédiments par cette passe. Pendant la conception d'un projet, on prévoira typiquement de 125 à 250 m³ de sable par mètre de rivage pour 20 à 30 mètres de largeur supplémentaires de plage.

La réalisation d'une recharge de plage peut perturber l'écosystème existant. Son impact à long terme sur l'écosystème dépend de la capacité de celui-ci à se rétablir entre les recharges¹⁴, d'où l'importance d'une approche pluridisciplinaire et systémique qui assure la compatibilité entre l'intervention et le milieu, comme le décrit le *Chapitre 1 : Stratégies d'adaptation aux aléas côtiers*.



Figure 3.7 Plage rechargée au port de Pointe-du-Chêne (Vincent Leys, CBCL Limited)

¹⁴ International Guidelines for Natural and Nature Based Features for Flood Risk Management, U.S Army Corps of Engineers, 2021.

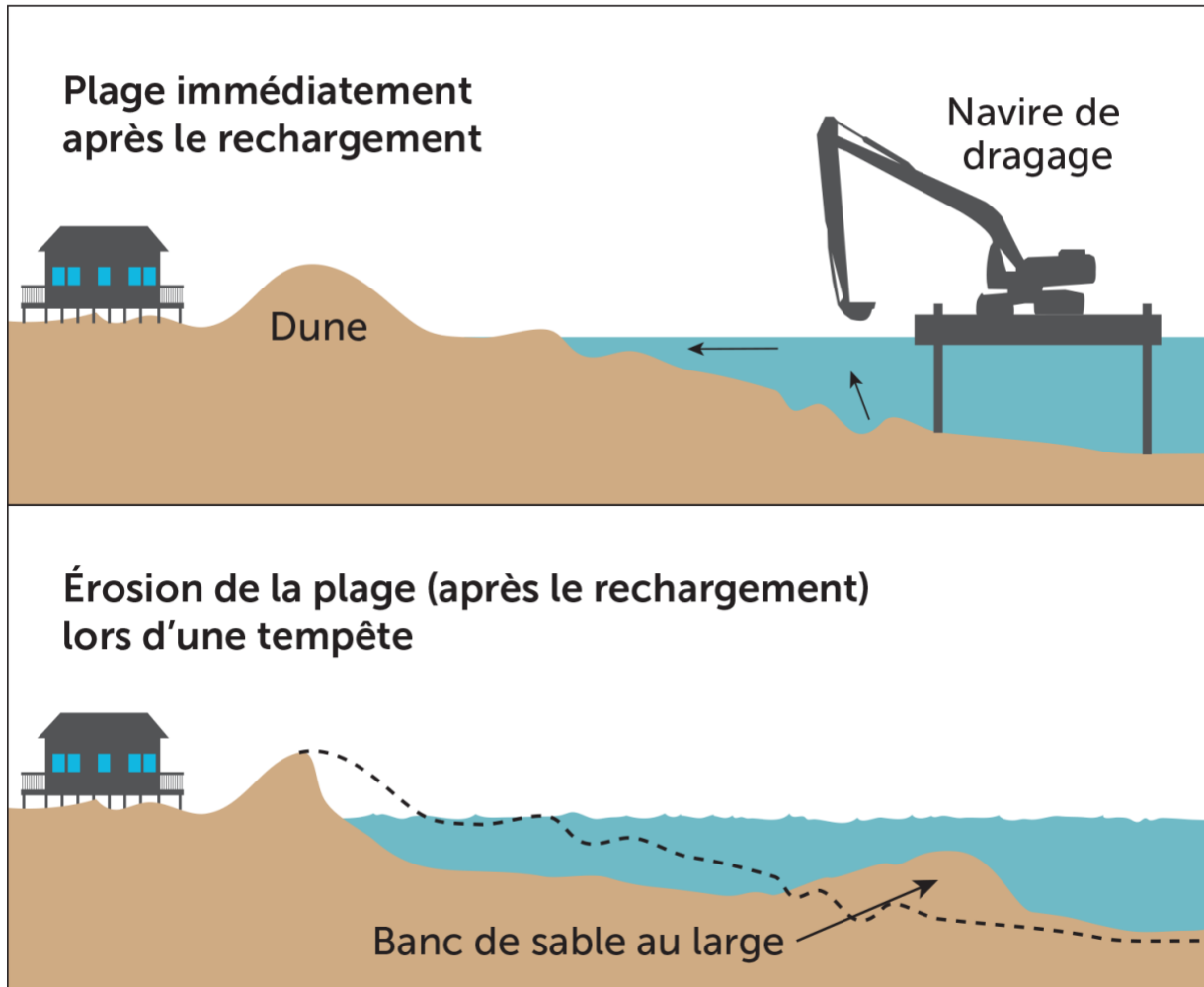


Figure 3.8 Représentation de la recharge d'une plage (d'après Vincent Leys, CBCL Limited)

| SYNTHÈSE : RECHARGE DE PLAGE | | |
|---|--|-------------|
| ALÉA CÔTIER | Érosion | |
| RÉPONSE ADAPTATIVE | Protection | |
| CONTINUUM DU GRIS AU VERT (GRIS, VERT – SÉDIMENTS, VERT – VÉGÉTATION) | Vert – sédiments | |
| COÛT (\$ FAIBLE, \$\$ MOYEN, \$\$\$ ÉLEVÉ) | \$\$ | |
| EXPOSITION AUX VAGUES | Modérée | |
| APPORT DE SÉDIMENTS NÉCESSAIRE? | Oui | |
| POSITION IDÉALE SUR LE PROFIL CÔTIER (ZONE SUBLITTORALE, AVANT-PLAGE, ARRIÈRE-PLAGE) | Arrière-plage | |
| PROTECTION (BONNE, NEUTRE, NÉGATIVE/SOURCE D'ÉROSION OU D'INONDATIONS) | <i>Côte (au-dessus de la marée haute)</i> | Bonne |
| | <i>Zone de marée naturelle</i> | Bonne |
| | <i>Défense contre les inondations</i> | Neutre |
| EFFET (POSITIF, NEUTRE, NÉGATIF) | <i>Plage en aval</i> | Positif |
| | <i>Aspects esthétiques</i> | Positif |
| | <i>Sécurité de la baignade</i> | Neutre |
| DURABILITÉ ET PRÉSERVATION (RENFORCE LA DURABILITÉ, NEUTRE, NON DURABLE) | <i>Morphologie côtière</i> | Non durable |
| | <i>Habitat/biodiversité</i> | Neutre |
| AVANTAGES | <ul style="list-style-type: none"> • Atténuation efficace des dommages causés par les tempêtes • Alimentation en sable du système de circulation côtière • Préservation efficace des plages lorsqu'utilisée avec d'autres structures de prévention de l'érosion comme des épis ou des brise-lames | |
| LIMITES | <ul style="list-style-type: none"> • Source fiable de sable de bonne qualité nécessaire • Pas de réduction de l'érosion naturelle • Besoin d'entretien régulier et cher • Exigences réglementaires | |

3.6 Plage perchée (seuil)

Lorsque le profil naturel ou initial d'une plage est trop près d'une propriété ou d'une infrastructure utile, on peut envisager de créer une plage perchée. Pour ce faire, il faut ériger une barrière (seuil) subaquatique en béton ou en pierre et remplir de sable le côté plage de la structure. On avance ainsi artificiellement le profil de la plage vers la mer. Une plage perchée peut être créée devant un ouvrage longitudinal pour réduire la force des vagues qui le frappent de plein fouet. Le profil de la plage variera selon le type de sédiments et le climat des vagues. Par exemple, le sable fin produit un profil plus plat sous l'action des vagues.

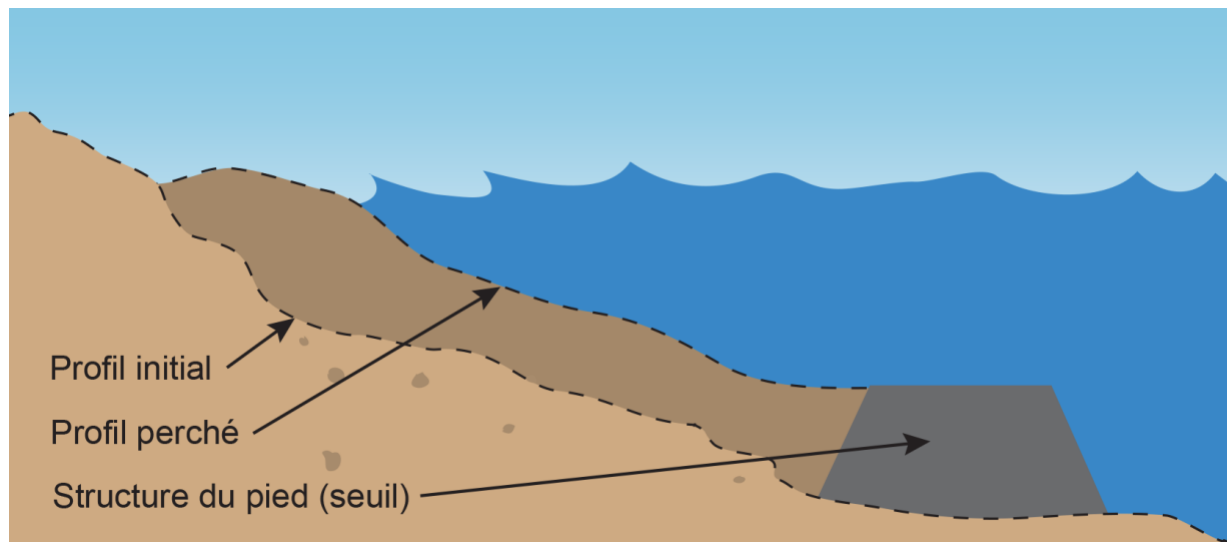


Figure 3.9 Représentation d'une plage perchée (d'après Vincent Leys, CBCL Limited)

| SYNTHÈSE : PLAGE PERCHÉE | | |
|---|--|---------|
| ALÉA CÔTIER | Érosion | |
| RÉPONSE ADAPTATIVE | Protection | |
| CONTINUUM DU GRIS AU VERT (GRIS, VERT – SÉDIMENTS, VERT – VÉGÉTATION) | Vert – sédiments | |
| COÛT (\$ FAIBLE, \$\$ MOYEN, \$\$\$ ÉLEVÉ) | \$\$ | |
| EXPOSITION AUX VAGUES | Modérée | |
| APPORT DE SÉDIMENTS NÉCESSAIRE? | Oui | |
| POSITION IDÉALE SUR LE PROFIL CÔTIER (ZONE SUBLITTORALE, AVANT-PLAGE, ARRIÈRE-PLAGE) | Zone sublittorale | |
| PROTECTION (BONNE, NEUTRE, NÉGATIVE/SOURCE D'ÉROSION OU D'INONDATIONS) | <i>Côte (au-dessus de la marée haute)</i> | Neutre |
| | <i>Zone de marée naturelle</i> | Bonne |
| | <i>Défense contre les inondations</i> | Neutre |
| EFFET (POSITIF, NEUTRE, NÉGATIF) | <i>Plage en aval</i> | Positif |
| | <i>Aspects esthétiques</i> | Positif |
| | <i>Sécurité de la baignade</i> | Négatif |
| DURABILITÉ ET PRÉSERVATION (RENFORCE LA DURABILITÉ, NEUTRE, NON DURABLE) | <i>Morphologie côtière</i> | Négatif |
| | <i>Habitat/biodiversité</i> | Neutre |
| AVANTAGES | <ul style="list-style-type: none"> • Réduction de la quantité de sable nécessaire à la recharge • Réduction des coûts d'entretien des ouvrages longitudinaux • Création de plages récréatives et d'habitats naturels sur les côtes au profil abrupt | |
| LIMITES | <ul style="list-style-type: none"> • Coût élevé pour l'installation du seuil • Perte irréversible de sable par-dessus le seuil durant les tempêtes extrêmes • Solution non indiquée là où les vagues frappent la côte selon un angle qui provoque une dérive littorale du sable • Possibilité de forte érosion du sable rechargé si le seuil est trop haut ou trop bas | |

3.7 Récif artificiel

Un récif artificiel peut être fait de différents matériaux, décrits ci-dessous. Un récif artificiel efficace imite les formes naturelles, utilise des matériaux présents dans la nature et aide à restaurer les récifs naturels. Près du rivage, il contrôle l'érosion en réduisant la force des vagues qui frappent la plage. Les petites vagues déposent des sédiments au lieu d'éroder l'avant-plage. Le récif artificiel procure une protection dès son installation. Cette protection augmentera au fur et à mesure que les huîtres et autres organismes participant à la formation de récifs s'installeront sur la structure au cours des décennies suivantes.¹⁵

Les sphères récifales en béton sont des structures creuses moulées dont le poids varie de quelques kilogrammes à plus de 3 000 kilogrammes. Les blocs de récifs triangulaires en acier sont des cadres métalliques soudés de 1,5 m de large et remplis de coquilles d'huîtres. Les structures sont habituellement recouvertes ou remplies de coquillages de mollusques indigènes locaux afin d'amorcer la formation du récif naturel.¹⁶



Figure 3.10 Sphères récifales en béton (Paul Stern, 2014)

¹⁵ F. J. Fodrie, A. B. Rodriguez, C. J. Baillie, M. C. Brodeur, S. E. Coleman, R. K. Gittman, D. A. Keller, M. D. Kenworthy, A. K. Abigail, J. T. Ridge, E. J. Theuerkauf et N. L. Lindquist, « Classic Paradigms in a Novel Environment: Inserting Food Web and Productivity Lessons from Rocky Shores and Saltmarshes into Biogenic Reef Restoration », *Journal of Applied Ecology*, vol. 51, no 5 (2014), p. 1314-1325.

¹⁶ L. Harris, *Artificial Reefs for Ecosystem Restoration and Coastal Erosion Protection with Aquaculture and Recreational Amenities* (en ligne), ASR Conference, Melbourne (Fl.), États-Unis, 2006, <http://www.artificialreef.com/reefball.org/album/%3D%3D%29%20Non-Geographic%20defined%20Photos/artificialreefscientificpapers/2006JulyLEHRBpaper.pdf>.

| SYNTHÈSE : RÉCIF ARTIFICIEL | | |
|---|---|---------|
| ALÉA CÔTIER | Érosion | |
| RÉPONSE ADAPTATIVE | Protection | |
| CONTINUUM DU GRIS AU VERT (GRIS, VERT – SÉDIMENTS, VERT – VÉGÉTATION) | Hybride vert-gris | |
| COÛT (\$ FAIBLE, \$\$ MOYEN, \$\$\$ ÉLEVÉ) | \$ | |
| EXPOSITION AUX VAGUES | Modérée | |
| APPORT DE SÉDIMENTS NÉCESSAIRE? | Non | |
| POSITION IDÉALE SUR LE PROFIL CÔTIER (ZONE SUBLITTORALE, AVANT-PLAGE, ARRIÈRE-PLAGE) | Zone sublittorale | |
| PROTECTION (BONNE, NEUTRE, NÉGATIVE/SOURCE D'ÉROSION OU D'INONDATIONS) | <i>Côte (au-dessus de la marée haute)</i> | Bonne |
| | <i>Zone de marée naturelle</i> | Bonne |
| | <i>Défense contre les inondations</i> | Neutre |
| EFFET (POSITIF, NEUTRE, NÉGATIF) | <i>Plage en aval</i> | Neutre |
| | <i>Aspects esthétiques</i> | Positif |
| | <i>Sécurité de la baignade</i> | Négatif |
| DURABILITÉ ET PRÉSERVATION (RENFORCE LA DURABILITÉ, NEUTRE, NON DURABLE) | <i>Morphologie côtière</i> | Négatif |
| | <i>Habitat/biodiversité</i> | Positif |
| AVANTAGES | <ul style="list-style-type: none"> • Solution relativement économique • Possibilité d'expansion de l'habitat des organismes locaux • Intégration possible au littoral vivant • Augmentation naturelle de la hauteur à mesure que le niveau de la mer augmente sur de longues périodes | |
| LIMITES | <ul style="list-style-type: none"> • Enfoncement partiel ou total possible là où les sédiments sont profonds ou instables • Pas de protection contre les inondations causées par l'élévation du niveau de la mer, mais atténuation de l'impact des vagues associées • Perturbation possible de la navigabilité et de l'accès au rivage en raison de l'expansion naturelle verticale et horizontale des récifs • Inadéquation possible entre le positionnement d'un récif artificiel visant à atténuer l'érosion et le site idéal de l'habitat marin ou benthique (des fonds marins) | |

3.8 Revêtement artificiel

Un revêtement artificiel est une structure exposée ou enfouie faite de pierres, de panneaux de béton, de cadres en bois ou de grillages métalliques résistant à la corrosion et remplis de pierres (gabion).

On peut combiner le revêtement à d'autres ouvrages de protection, notamment au pied d'un ouvrage longitudinal ou pour protéger la base d'une digue. Le revêtement est une structure perméable qui laisse l'eau s'écouler, dispersant ainsi l'énergie des vagues. Un revêtement rocheux comprend généralement deux couches de pierres disposées sur un matériau central, selon le modèle suivant : la taille de la roche, la pente et la hauteur de la couche de protection primaire (externe) sont choisies pour résister à la force des vagues, de la glace et des courants; la taille de la pierre constituant la couche intérieure est choisie de façon à prévenir le déplacement de matériaux entre la couche externe et le matériau central. Les gabions permettent l'utilisation de pierres de petite taille. On peut employer des géotextiles (tissus synthétiques utilisés pour séparer, filtrer ou drainer les sols) par-dessus le matériau central, mais ils risquent de diminuer la perméabilité et d'augmenter la taille de la pierre nécessaire à dissiper l'énergie des vagues.



Figure 3.11 Revêtement combiné à des structures de stabilisation de plage au parc national Fundy, au N.-B. (Vincent Leys, CBCL Limited)

| SYNTHÈSE : REVÊTEMENT ARTIFICIEL | | |
|---|---|-------------|
| ALÉA CÔTIER | Érosion et inondations | |
| RÉPONSE ADAPTATIVE | Protection | |
| CONTINUUM DU GRIS AU VERT (GRIS, VERT – SÉDIMENTS, VERT – VÉGÉTATION) | Hybride vert-gris | |
| COÛT (\$ FAIBLE, \$\$ MOYEN, \$\$\$ ÉLEVÉ) | \$\$\$ | |
| EXPOSITION AUX VAGUES | Maximale | |
| APPORT DE SÉDIMENTS NÉCESSAIRE? | Non | |
| POSITION IDÉALE SUR LE PROFIL CÔTIER (ZONE SUBLITTORALE, AVANT-PLAGE, ARRIÈRE-PLAGE) | Avant-plage/arrière-plage | |
| PROTECTION (BONNE, NEUTRE, NÉGATIVE/SOURCE D'ÉROSION OU D'INONDATIONS) | <i>Côte (au-dessus de la marée haute)</i> | Bonne |
| | <i>Zone de marée naturelle</i> | Négatif |
| | <i>Défense contre les inondations</i> | Neutre |
| EFFET (POSITIF, NEUTRE, NÉGATIF) | <i>Plage en aval</i> | Négatif |
| | <i>Aspects esthétiques</i> | Négatif |
| | <i>Sécurité de la baignade</i> | Neutre |
| DURABILITÉ ET PRÉSERVATION (RENFORCE LA DURABILITÉ, NEUTRE, NON DURABLE) | <i>Morphologie côtière</i> | Non durable |
| | <i>Habitat/biodiversité</i> | Neutre |
| AVANTAGES | <ul style="list-style-type: none"> • Dispersion de l'énergie des vagues grâce aux revêtements perméables en pente • Matériau de construction flexible et économique dans plusieurs régions (pierre) • Conception du revêtement permettant une longue vie utile • Mesure répandue et efficacité éprouvée | |
| LIMITES | <ul style="list-style-type: none"> • Pas de protection contre les inondations • Possible interruption de l'apport en sédiments et source d'érosion ailleurs • Érosion possible à la base des revêtements abrupts • Coût de la pierre de carapace variable selon le lieu de l'intervention • Besoin d'entretien (selon les paramètres de conception) suivant l'augmentation de la hauteur des vagues déferlantes avec l'élévation du niveau de la mer | |

3.9 Revêtement enfoui (dune artificielle)

Un revêtement enfoui est habituellement une pente rocheuse ou une berme enfouie sous une dune pour faire obstacle à l'érosion et aux inondations. La dune végétalisée offre une première ligne de défense contre l'action des vagues, tandis que le revêtement enfoui sert de rempart contre les grosses tempêtes si la dune s'érode. Le revêtement enfoui est plus efficace combiné à une forme de recharge de plage ou de dune. À la construction, on doit bien combler les espaces entre les pierres afin de réduire au minimum les risques d'affaissement entre les roches enfouies, notamment si le couvert de sable est mince par-dessus le revêtement. Malgré toutes ces précautions, l'affaissement est toujours probable suivant la construction, ce qui exige un certain entretien.



Figure 3.12 Revêtement enfoui à Dominion Beach (N.-É.), deux ans après la construction (en haut), et à Lighthouse Beach (N.-É.), six ans après la construction (Vincent Leys, CBCL Limited)

| SYNTHÈSE : REVÊTEMENT ENFOUI | | |
|---|--|-------------|
| ALÉA CÔTIER | Érosion et inondations | |
| RÉPONSE ADAPTATIVE | Protection | |
| CONTINUUM DU GRIS AU VERT (GRIS, VERT – SÉDIMENTS, VERT – VÉGÉTATION) | Hybride vert-gris | |
| COÛT (\$ FAIBLE, \$\$ MOYEN, \$\$\$ ÉLEVÉ) | \$\$\$ | |
| EXPOSITION AUX VAGUES | Maximale | |
| APPORT DE SÉDIMENTS NÉCESSAIRE? | Non | |
| POSITION IDÉALE SUR LE PROFIL CÔTIER (ZONE SUBLITTORALE, AVANT-PLAGE, ARRIÈRE-PLAGE) | Avant-plage/arrière-plage | |
| PROTECTION (BONNE, NEUTRE, NÉGATIVE/SOURCE D'ÉROSION OU D'INONDATIONS) | <i>Côte (au-dessus de la marée haute)</i> | Bonne |
| | <i>Zone de marée naturelle</i> | Négatif |
| | <i>Défense contre les inondations</i> | Neutre |
| EFFET (POSITIF, NEUTRE, NÉGATIF) | <i>Plage en aval</i> | Négatif |
| | <i>Aspects esthétiques</i> | Négatif |
| | <i>Sécurité de la baignade</i> | Neutre |
| DURABILITÉ ET PRÉSERVATION (RENFORCE LA DURABILITÉ, NEUTRE, NON DURABLE) | <i>Morphologie côtière</i> | Non durable |
| | <i>Habitat/biodiversité</i> | Neutre |
| AVANTAGES | <ul style="list-style-type: none"> • Amélioration du paysage et de l'habitat • Dune naturelle renforcée par la structure en pierre de carapace enfouie • Besoin de pierres moindre qu'avec le revêtement classique | |
| LIMITES | <ul style="list-style-type: none"> • Coût élevé de la pierre de carapace, surtout si on ne la trouve pas localement • Pas de réduction du taux d'érosion naturelle du sable sur le site; la recharge peut s'avérer nécessaire • Risque d'affaissement si les espaces entre les pierres ne sont pas bien comblés dès le départ | |

3.10 Perré (enrochement)

Un perré est un agencement de pierres ou d'autres matériaux durables empilés librement sur le rivage et habituellement déversés par un camion à benne, afin de prévenir l'érosion. C'est une solution rapide, simple et à court terme qui peut jouer un rôle important en situation d'urgence. Il est recommandé de creuser une tranchée à la base de la pente et de la remplir de pierres pour empêcher le glissement des matériaux.



Figure 3.13 Perré à Kingsport (N.-É.), dans la baie de Fundy (Bruce Higgins, CBCL Limited)

| SYNTHÈSE : PERRÉ (ENROCHEMENT) | | |
|---|--|---------------------------|
| ALÉA CÔTIER | Érosion | |
| RÉPONSE ADAPTATIVE | Protection | |
| CONTINUUM DU GRIS AU VERT (GRIS, VERT – SÉDIMENTS, VERT – VÉGÉTATION) | Gris – ouvrage dur | |
| COÛT (\$ FAIBLE, \$\$ MOYEN, \$\$\$ ÉLEVÉ) | \$\$ | |
| EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES | Hautes | |
| EXPOSITION AUX VAGUES | Minimale | |
| APPORT DE SÉDIMENTS NÉCESSAIRE? | Non | |
| POSITION IDÉALE SUR LE PROFIL CÔTIER (ZONE SUBLITTORALE, AVANT-PLAGE, ARRIÈRE-PLAGE) | Avant-plage/arrière-plage | |
| PROTECTION (BONNE, NEUTRE, NÉGATIVE/SOURCE D'ÉROSION OU D'INONDATIONS) | <i>Côte (au-dessus de la marée haute)</i> | Bonne |
| | <i>Zone de marée naturelle</i> | Négative/source d'érosion |
| | <i>Défense contre les inondations</i> | Neutre |
| EFFET (POSITIF, NEUTRE, NÉGATIF) | <i>Plage en aval</i> | Négatif |
| | <i>Aspects esthétiques</i> | Négatif |
| | <i>Sécurité de la baignade</i> | Neutre |
| DURABILITÉ ET PRÉSERVATION (RENFORCE LA DURABILITÉ, NEUTRE, NON DURABLE) | <i>Morphologie côtière</i> | Négatif |
| | <i>Habitat/biodiversité</i> | Neutre |
| AVANTAGES | <ul style="list-style-type: none"> • Moyen relativement rapide de prévenir l'érosion à court terme et en situation d'urgence • Construction flexible (non soumise aux spécifications des matériaux rigides ou aux codes du bâtiment) et d'entretien facile (il suffit d'ajouter des pierres) | |
| LIMITES | <ul style="list-style-type: none"> • Pas de protection contre les inondations • Possible interruption de l'apport en sédiments et source d'érosion ailleurs • Érosion possible à la base du perré • Entretien nécessaire, particulièrement dans les cas où la contribution technique est limitée | |

3.11 Épi

Un épi est une structure en béton, en pierres ou en bois qui s'avance dans l'eau perpendiculairement à la rive. Là où les vagues ne sont pas complètement perpendiculaires à la rive (vagues « obliques »), les épis emprisonnent le sable qui se déplace le long du littoral (dérive littorale), ce qui fait croître la plage du côté où il y a arrivée de sédiments (du côté de la dérive). Regroupés en « système d'épis », ces ouvrages permettent de rétablir les plages sur une partie de la côte. Un système d'épis a pour fonction principale d'emprisonner le sable. Il doit toutefois être prérempli de nouveau sable durant la construction afin de réduire au minimum l'érosion du côté sous le vent de la structure (face en aval). La conception des épis et leur réglementation exigent une étude approfondie de la côte. Les épis sont interdits dans certaines régions, notamment au Nouveau-Brunswick (depuis avril 2015).



Figure 3.14 Épis et plage le long de l'estuaire sous l'influence des marées à Basin Head (Vincent Leys, CBCL Limited)

| SYNTHÈSE : ÉPI | | |
|---|--|---------|
| ALÉA CÔTIER | Érosion | |
| RÉPONSE ADAPTATIVE | Protection | |
| CONTINUUM DU GRIS AU VERT (GRIS, VERT – SÉDIMENTS, VERT – VÉGÉTATION) | Gris – ouvrage dur | |
| COÛT (\$ FAIBLE, \$\$ MOYEN, \$\$\$ ÉLEVÉ) | \$\$ à \$\$\$ (selon l'exposition aux vagues) | |
| EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES | Élevées | |
| EXPOSITION AUX VAGUES | Maximale (structure efficace uniquement en cas de vagues obliques) | |
| APPORT DE SÉDIMENTS NÉCESSAIRE? | Apport initial | |
| POSITION IDÉALE SUR LE PROFIL CÔTIER (ZONE SUBLITTORALE, AVANT-PLAGE, ARRIÈRE-PLAGE) | Zone sublittorale | |
| PROTECTION (BONNE, NEUTRE, NÉGATIVE/SOURCE D'ÉROSION OU D'INONDATIONS) | <i>Côte (au-dessus de la marée haute)</i> | Bonne |
| | <i>Zone de marée naturelle</i> | Bonne |
| | <i>Défense contre les inondations</i> | Neutre |
| EFFET (POSITIF, NEUTRE, NÉGATIF) | <i>Plage en aval</i> | Négatif |
| | <i>Aspects esthétiques</i> | Négatif |
| | <i>Sécurité de la baignade</i> | Négatif |
| DURABILITÉ ET PRÉSERVATION (RENFORCE LA DURABILITÉ, NEUTRE, NON DURABLE) | <i>Morphologie côtière</i> | Négatif |
| | <i>Habitat/biodiversité</i> | Neutre |
| AVANTAGES | <ul style="list-style-type: none"> • Accumulation de sable du côté de la dérive (côté de l'arrivée de sédiments) là où la dérive littorale est forte • Préservation de la largeur de la plage en ralentissant l'érosion du sable rechargé | |
| LIMITES | <ul style="list-style-type: none"> • Utilité circonscrite aux zones sableuses à dérive littorale, comme les plages à régime de vagues obliques • Érosion réduite uniquement d'un côté de l'épi (côté de la dérive) • Recharge en sable nécessaire pendant la construction afin de réduire au minimum l'érosion due à la dérive • Source potentielle de courants littoraux dangereux pour les nageurs • Besoin d'entretien (selon les paramètres de conception) suivant l'augmentation de la hauteur des vagues déferlantes avec l'élévation du niveau de la mer | |

3.12 Brise-lames attaché (perpendiculaire)

Un brise-lames attaché est une longue structure en béton, en pierres ou en palplanches d'acier qui s'avance depuis le rivage (par opposition à un brise-lames détaché ou au large, qui n'est pas relié directement à la rive). Il protège la rive contre les vagues et peut être conçu de façon à permettre l'accumulation accrue de sédiments à certains endroits. On appelle « jetée » un brise-lames utilisé pour la navigation, par exemple pour augmenter le débit de sortie du courant de marée dans une passe de marée. Un brise-lames attaché peut être courbé à l'extrémité en guise de promontoire (crête de matériau dur s'avancant dans la mer depuis la terre) afin de préserver une plage. La conception de ces structures et leur réglementation exigent une étude approfondie de la côte.



Figure 3.15 Brise-lames de stabilisation de la plage au parc national Fundy, au N.-B. (Vincent Leys, CBCL Limited)

| SYNTHÈSE : BRISE-LAMES ATTACHÉ | | |
|---|--|---------|
| ALÉA CÔTIER | Érosion et inondations* | |
| RÉPONSE ADAPTATIVE | Protection | |
| CONTINUUM DU GRIS AU VERT (GRIS, VERT – SÉDIMENTS, VERT – VÉGÉTATION) | Gris – ouvrage dur | |
| COÛT (\$ FAIBLE, \$\$ MOYEN, \$\$\$ ÉLEVÉ) | \$\$\$ | |
| EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES | Élevées | |
| EXPOSITION AUX VAGUES | Maximale (mesure efficace uniquement en cas de vagues obliques) | |
| APPORT DE SÉDIMENTS NÉCESSAIRE? | Apport initial | |
| POSITION IDÉALE SUR LE PROFIL CÔTIER (ZONE SUBLITTORALE, AVANT-PLAGE, ARRIÈRE-PLAGE) | Zone sublittorale | |
| PROTECTION (BONNE, NEUTRE, NÉGATIVE/SOURCE D'ÉROSION OU D'INONDATIONS) | <i>Côte (au-dessus de la marée haute)</i> | Bonne |
| | <i>Zone de marée naturelle</i> | Bonne |
| | <i>Défense contre les inondations</i> | Neutre |
| EFFET (POSITIF, NEUTRE, NÉGATIF) | <i>Plage en aval</i> | Négatif |
| | <i>Aspects esthétiques</i> | Négatif |
| | <i>Sécurité de la baignade</i> | Négatif |
| DURABILITÉ ET PRÉSERVATION (RENFORCE LA DURABILITÉ, NEUTRE, NON DURABLE) | <i>Morphologie côtière</i> | Négatif |
| | <i>Habitat/biodiversité</i> | Neutre |
| AVANTAGES | <ul style="list-style-type: none"> • Réduction de l'énergie des vagues et l'érosion du rivage sur le côté en aval du transport de sédiments • Aide à la croissance de la plage d'un côté de la structure (côté de la dérive) • Réduction de la sédimentation dans les chenaux navigables du côté abrité (côté en aval) • Atténuation des inondations dues aux vagues de débordement | |
| LIMITES | <ul style="list-style-type: none"> • Diminution de l'effet de dissipation des vagues à mesure qu'on s'éloigne de la structure • Risque d'érosion ailleurs (en aval) le long de côtes sablonneuses droites • Source possible de courants littoraux dangereux pour les nageurs. • Coût de construction élevé • Besoin d'entretien (selon les paramètres de conception) suivant l'augmentation de la hauteur des vagues déferlantes avec l'élévation du niveau de la mer | |

*Peut réduire les inondations dues aux vagues de débordement

3.13 Brise-lames détaché

Un brise-lames détaché est une structure en béton ou en pierres parallèle au rivage, construite à l'intérieur de la zone littorale (dans la zone de dérive littorale active, qui correspond généralement à la zone de déferlement durant les tempêtes). Il protège le rivage contre les vagues et en réduit ainsi l'érosion. Il peut être conçu de façon à augmenter l'accumulation de sédiments à certains endroits voulus. Un brise-lames détaché se situe généralement à une distance allant de la moitié au double de la largeur de la zone littorale. Par exemple, si la zone littorale mesure 100 mètres de large, le brise-lames sera situé à une distance de 50 à 200 mètres du rivage. On appelle « brise-lames de plage » les ouvrages situés à une distance de moins de la moitié de la largeur de la zone littorale. La conception de ces ouvrages et leur réglementation exigent une étude approfondie de la côte.



Figure 3.16 Brise-lames visant à atténuer l'érosion à West Point, à l'Î.-P.-É. (Vincent Leys, CBCL Limited)

| SYNTHÈSE : BRISE-LAMES DÉTACHÉ | | |
|---|---|---------|
| ALÉA CÔTIER | Érosion et inondations* | |
| RÉPONSE ADAPTATIVE | Protection | |
| CONTINUUM DU GRIS AU VERT (GRIS, VERT – SÉDIMENTS, VERT – VÉGÉTATION) | Gris – ouvrage dur | |
| COÛT (\$ FAIBLE, \$\$ MOYEN, \$\$\$ ÉLEVÉ) | \$\$\$ | |
| EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES | Élevées | |
| EXPOSITION AUX VAGUES | Maximale | |
| APPORT DE SÉDIMENTS NÉCESSAIRE? | Apport initial | |
| POSITION IDÉALE SUR LE PROFIL CÔTIER (ZONE SUBLITTORALE, AVANT-PLAGE, ARRIÈRE-PLAGE) | Zone sublittorale | |
| PROTECTION (BONNE, NEUTRE, NÉGATIVE/SOURCE D'ÉROSION OU D'INONDATIONS) | <i>Côte (au-dessus de la marée haute)</i> | Bonne |
| | <i>Zone de marée naturelle</i> | Bonne |
| | <i>Défense contre les inondations</i> | Neutre |
| EFFET (POSITIF, NEUTRE, NÉGATIF) | <i>Plage en aval</i> | Négatif |
| | <i>Aspects esthétiques</i> | Négatif |
| | <i>Sécurité de la baignade</i> | Négatif |
| DURABILITÉ ET PRÉSERVATION (RENFORCE LA DURABILITÉ, NEUTRE, NON DURABLE) | <i>Morphologie côtière</i> | Négatif |
| | <i>Habitat/biodiversité</i> | Neutre |
| AVANTAGES | <ul style="list-style-type: none"> • Réduction de l'énergie des vagues et de l'érosion du rivage • Aide à l'accumulation de sable entre le rivage et le brise-lames • Modification moindre de la dérive littorale qu'avec un ouvrage perpendiculaire au rivage, donc moins d'effets en aval | |
| LIMITES | <ul style="list-style-type: none"> • Coût de construction élevé et équipement nautique requis • Besoin d'entretien (selon les paramètres de conception) suivant l'augmentation de la hauteur des vagues déferlantes avec l'élévation du niveau de la mer • Recharge en sable possiblement nécessaire afin de réduire au minimum l'érosion due à la dérive littorale. • Source possible de courants littoraux dangereux pour les nageurs | |

* Peut réduire les inondations dues aux vagues de débordement

3.14 Mur de soutènement

Un mur de soutènement est habituellement construit en blocs de béton, en bois d'œuvre, en palplanches métalliques ou en pierres contenues dans un treillis métallique (gabions). Il a pour fonction principale d'empêcher la terre située derrière le mur de glisser dans la mer. Il devrait être utilisé conjointement avec d'autres mesures (choisies selon les caractéristiques du site). Il peut s'employer seul uniquement dans des zones peu soumises à l'action des vagues. Par exemple, on place parfois de la pierre de carapace à la base d'un mur de soutènement afin de réduire l'érosion. La structure doit permettre l'écoulement de la terre vers la mer.



Figure 3.17 Mur de soutènement en grillage rempli (gabion) (à gauche) et en bois d'œuvre (à droite)

| SYNTHÈSE : MUR DE SOUTÈNEMENT | | |
|---|---|-------------|
| ALÉA CÔTIER | Érosion | |
| RÉPONSE ADAPTATIVE | Protection | |
| CONTINUUM DU GRIS AU VERT (GRIS, VERT – SÉDIMENTS, VERT – VÉGÉTATION) | Gris | |
| COÛT (\$ FAIBLE, \$\$ MOYEN, \$\$\$ ÉLEVÉ) | \$\$ | |
| EXPOSITION AUX VAGUES | Minimale | |
| APPORT DE SÉDIMENTS NÉCESSAIRE? | Non | |
| POSITION IDÉALE SUR LE PROFIL CÔTIER (ZONE SUBLITTORALE, AVANT-PLAGE, ARRIÈRE-PLAGE) | Arrière-plage | |
| PROTECTION (BONNE, NEUTRE, NÉGATIVE/SOURCE D'ÉROSION OU D'INONDATIONS) | <i>Côte (au-dessus de la marée haute)</i> | Bonne |
| | <i>Zone de marée naturelle</i> | Neutre |
| | <i>Défense contre les inondations</i> | Neutre |
| EFFET (POSITIF, NEUTRE, NÉGATIF) | <i>Plage en aval</i> | Neutre |
| | <i>Aspects esthétiques</i> | Négatif |
| | <i>Sécurité de la baignade</i> | Neutre |
| DURABILITÉ ET PRÉSERVATION (RENFORCE LA DURABILITÉ, NEUTRE, NON DURABLE) | <i>Morphologie côtière</i> | Non durable |
| | <i>Habitat/biodiversité</i> | Non durable |
| AVANTAGES | <ul style="list-style-type: none"> • Coût de construction relativement faible • Bonne solution de recharge aux ouvrages longitudinaux dans les anses protégées • Stabilisation des sols instables pour les empêcher de glisser dans la mer, surtout en combinaison avec le drainage de l'escarpement | |
| LIMITES | <ul style="list-style-type: none"> • Entretien limité par le peu de flexibilité de la structure (un mur qui s'effondre doit être remplacé au complet) • Utilisation non appropriée aux zones exposées aux vagues à fort potentiel d'affouillement | |

3.15 Ouvrage longitudinal

Un ouvrage longitudinal est une barrière structurale de forme variée entre l'océan et la terre. Il est conçu pour résister à la pleine puissance des vagues et des ondes de tempête et habituellement fait de matériaux non flexibles comme le béton, l'acier ou le bois d'œuvre. Il prévient l'érosion et les inondations et est généralement utilisé en zone bâtie laissant peu de place à d'autres moyens d'adaptation. L'ouvrage longitudinal doit être conçu pour permettre le drainage des eaux intérieures à travers le mur.

Principes à respecter pour construire un ouvrage longitudinal écologiquement fiable :

1. Déterminer si l'ouvrage longitudinal est nécessaire ou si d'autres mesures plus écologiques conviennent (p. ex., plantes indigènes et barrières brise-vagues temporaires).
2. Maximiser l'utilisation de végétaux estuariens indigènes dans la structure.
3. Maximiser la diversité de l'habitat en utilisant des surfaces rugueuses et texturées et en créant des microhabitats (bassins, crevasses, blocs rocheux, seuils).
4. Créer des ouvrages à pente faible ou variée de façon à maximiser la superficie de l'habitat.

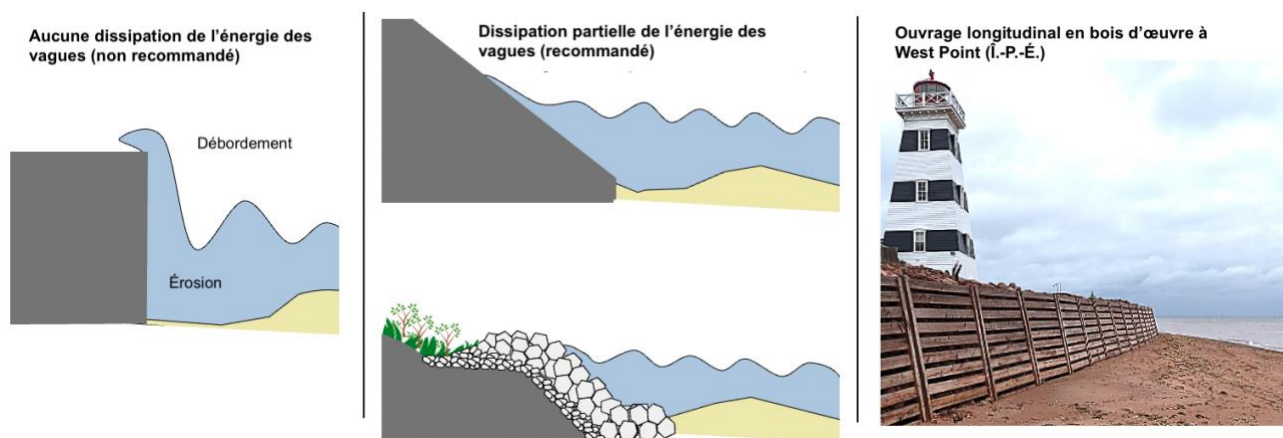


Figure 3.18 Différents modèles d'ouvrages longitudinaux (à gauche et au centre) et exemple local (à droite) (Vincent Leys, CBCL Limited)

| SYNTHÈSE : OUVRAGE LONGITUDINAL | | |
|---|---|-------------|
| ALÉA CÔTIER | Érosion et inondations | |
| RÉPONSE ADAPTATIVE | Protection | |
| CONTINUUM DU GRIS AU VERT (GRIS, VERT – SÉDIMENTS, VERT – VÉGÉTATION) | Gris | |
| COÛT (\$ FAIBLE, \$\$ MOYEN, \$\$\$ ÉLEVÉ) | \$\$\$ | |
| EXPOSITION AUX VAGUES | Maximale | |
| APPORT DE SÉDIMENTS NÉCESSAIRE? | Apport initial | |
| POSITION IDÉALE SUR LE PROFIL CÔTIER (ZONE SUBLITTORALE, AVANT-PLAGE, ARRIÈRE-PLAGE) | Arrière-plage | |
| PROTECTION (BONNE, NEUTRE, NÉGATIVE/SOURCE D'ÉROSION OU D'INONDATIONS) | <i>Côte (au-dessus de la marée haute)</i> | Bonne |
| | <i>Zone de marée naturelle</i> | Négatif |
| | <i>Défense contre les inondations</i> | Bonne |
| EFFET (POSITIF, NEUTRE, NÉGATIF) | <i>Plage en aval</i> | Négatif |
| | <i>Aspects esthétiques</i> | Négatif |
| | <i>Sécurité de la baignade</i> | Neutre |
| DURABILITÉ ET PRÉSERVATION (RENFORCE LA DURABILITÉ, NEUTRE, NON DURABLE) | <i>Morphologie côtière</i> | Non durable |
| | <i>Habitat/biodiversité</i> | Neutre |
| AVANTAGES | <ul style="list-style-type: none"> • Peu d'espace nécessaire et utile là où il y a peu de place pour d'autres mesures de protection • Atténuation de l'érosion et des inondations sur un rivage bâti • Protection des biens et des infrastructures importants | |
| LIMITES | <ul style="list-style-type: none"> • Affouillement et érosion de la plage autour d'un ouvrage longitudinal qui n'absorbe pas bien l'énergie des vagues • Entretien régulier difficile (un mur qui s'effondre doit être remplacé au complet) • Réduction de l'apport de sédiments depuis la zone protégée derrière le mur et possible augmentation correspondante de l'érosion dans les zones environnantes • Réduction de l'accès public à la plage si le mur est abrupt ou si la plage s'érode | |

3.16 Digue

Une digue est une structure linéaire qui longe la côte et qui est généralement construite en terre compactée. Elle prévient l'inondation des basses terres côtières lors des tempêtes et des marées hautes extrêmes. La structure a une pente plus douce du côté mer de façon à réduire l'impact des vagues. On peut devoir utiliser de la pierre de carapace pour réduire l'érosion de la zone exposée aux vagues. Un ponceau à sens unique, ou aboiteau, permettra le drainage des basses terres à marée basse tout en empêchant l'incursion d'eau de mer à marée haute. L'entretien régulier assurera le bon fonctionnement de ce ponceau ou aboiteau ainsi qu'une bonne circulation de l'eau. Si le niveau d'eau risque de s'élever derrière la digue en raison d'un débit fort et soutenu d'un cours d'eau, il faudra installer une station de pompage pour réduire les risques d'inondation du côté terre de la digue.

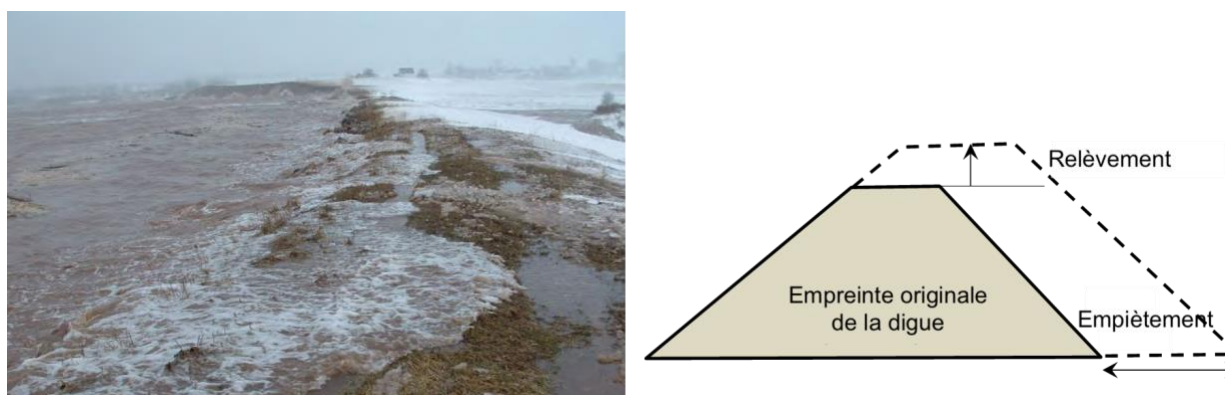


Figure 3.19 Effets d'une tempête sur la digue d'Avonport (à gauche) et représentation de l'empiètement sur les terres dû à l'élévation de la digue (à droite) (Van Proosdij¹⁷ [gauche] et Vincent Leys, CBCL Limited [droite])

¹⁷ D. Van Proosdij et G. Baker, Intertidal Morphodynamics of the Avon River Estuary. Final report submitted to the Nova Scotia Department of Transportation and Public Works (NSTPW), Halifax (N.-É.), Département de géographie, Université Saint Mary's, 30 septembre 2007.

| SYNTHÈSE : DIGUE | | |
|---|---|-------------|
| ALÉA CÔTIER | Inondations | |
| RÉPONSE ADAPTATIVE | Protection | |
| CONTINUUM DU GRIS AU VERT (GRIS, VERT – SÉDIMENTS, VERT – VÉGÉTATION) | Gris | |
| COÛT (\$ FAIBLE, \$\$ MOYEN, \$\$\$ ÉLEVÉ) | \$\$\$ | |
| EXPOSITION AUX VAGUES | Maximale | |
| APPORT DE SÉDIMENTS NÉCESSAIRE? | Non | |
| POSITION IDÉALE SUR LE PROFIL CÔTIER (ZONE SUBLITTORALE, AVANT-PLAGE, ARRIÈRE-PLAGE) | Avant-plage | |
| PROTECTION (BONNE, NEUTRE, NÉGATIVE/SOURCE D'ÉROSION OU D'INONDATIONS) | <i>Côte (au-dessus de la marée haute)</i> | Neutre |
| | <i>Zone de marée naturelle</i> | Neutre |
| | <i>Défense contre les inondations</i> | Bonne |
| EFFET (POSITIF, NEUTRE, NÉGATIF) | <i>Plage en aval</i> | Neutre |
| | <i>Aspects esthétiques</i> | Négatif |
| | <i>Sécurité de la baignade</i> | Neutre |
| DURABILITÉ ET PRÉSERVATION (RENFORCE LA DURABILITÉ, NEUTRE, NON DURABLE) | <i>Morphologie côtière</i> | Neutre |
| | <i>Habitat/biodiversité</i> | Non durable |
| AVANTAGES | <ul style="list-style-type: none"> • Prévention de l'inondation des basses terres côtières • Pente côté mer dissipant mieux l'énergie des vagues qu'une structure verticale • Solution à long terme aux inondations si bien entretenue • Ouvrage dur généralement le moins cher pour la protection de terres côtières de valeur moindre et de grande superficie | |
| LIMITES | <ul style="list-style-type: none"> • Superficie importante nécessaire • Relèvement demandant des terres disponibles l'arrière de la digue (empiètement) • Conception et réglementation nécessitant une étude approfondie de la côte • Perte de la zone intertidale • Approvisionnement en matériaux appropriés pouvant coûter cher si non disponibles localement | |

3.17 Protection contre l'affouillement

La protection contre l'affouillement prévient l'érosion à la base des bâtiments, des piles de ponts, des routes en remblai, des ouvrages longitudinaux, des digues ou des escarpements végétalisés. Habituellement en pierres, parfois en béton ou en bois, cette protection consiste généralement à remplir de matériaux une tranchée creusée afin d'empêcher le glissement des matériaux.



Figure 3.20 Protection contre l'affouillement des piles du pont de Cheticamp à l'aide de pierres (à gauche) et du rivage de la rivière à marées Shubenacadie à l'aide de gabions remplis de pierres (au centre et à droite) (N.-É.).

| SYNTHÈSE : PROTECTION CONTRE L'AFFOUILLEMENT | | |
|---|--|-------------|
| ALÉA CÔTIER | Érosion | |
| RÉPONSE ADAPTATIVE | Protection | |
| CONTINUUM DU GRIS AU VERT (GRIS, VERT – SÉDIMENTS, VERT – VÉGÉTATION) | Gris | |
| COÛT (\$ FAIBLE, \$\$ MOYEN, \$\$\$ ÉLEVÉ) | \$\$ | |
| EXPOSITION AUX VAGUES | S.O. | |
| APPORT DE SÉDIMENTS NÉCESSAIRE? | Non | |
| POSITION IDÉALE SUR LE PROFIL CÔTIER (ZONE SUBLITTORALE, AVANT-PLAGE, ARRIÈRE-PLAGE) | Avant-plage | |
| PROTECTION (BONNE, NEUTRE, NÉGATIVE/SOURCE D'ÉROSION OU D'INONDATIONS) | <i>Côte (au-dessus de la marée haute)</i> | Bonne |
| | <i>Zone de marée naturelle</i> | Bonne |
| | <i>Défense contre les inondations</i> | Neutre |
| EFFET (POSITIF, NEUTRE, NÉGATIF) | <i>Plage en aval</i> | Négatif |
| | <i>Aspects esthétiques</i> | Négatif |
| | <i>Sécurité de la baignade</i> | Neutre |
| DURABILITÉ ET PRÉSERVATION (RENFORCE LA DURABILITÉ, NEUTRE, NON DURABLE) | <i>Morphologie côtière</i> | Non durable |
| | <i>Habitat/biodiversité</i> | Neutre |
| AVANTAGES | <ul style="list-style-type: none"> • Moyen bon marché de renforcer les structures plus coûteuses de protection contre l'érosion et les inondations • Installation nécessaire seulement aux points clés • Utilisation possible pour la plupart des types de zone côtière • Construction flexible d'entretien facile (il suffit d'ajouter des pierres) | |
| LIMITES | <ul style="list-style-type: none"> • Emploi contre l'affouillement localisé uniquement • Effet limité sur l'érosion côtière Inefficacité contre l'érosion et les inondations à grande échelle • Accroissement possible de l'érosion dans les zones environnantes • Besoin d'entretien (selon les paramètres de conception) suivant l'intensification des événements extrêmes | |

3.18 Coupe-marées/ aboiteau

Les coupe-marées et les barrières anti-tempêtes sont des barrières mobiles qu'on ferme pour empêcher l'inondation lorsqu'on prévoit des niveaux d'eau exceptionnels ou des ondes de tempête. Ils peuvent également réduire l'impact des ondes de tempête à l'embouchure des estuaires et des passes de marée. Une petite barrière comme un ponceau à sens unique (aboiteau) permet le drainage à marée basse des basses terres situées derrière un ouvrage et empêche l'incursion d'eau de mer à marée haute. Un aboiteau doit être entretenu régulièrement pour éviter qu'il se bouche ou fonctionne mal. La conception de ces structures et leur réglementation exigent une étude approfondie de la côte.



Figure 3.21 Aboiteau à LaPlanche, en N.-É. (Suvir Pursnani, CBCL Limited)

| SYNTHÈSE : COUPE-MARÉES/ABOITEAU | | |
|---|---|-------------|
| ALÉA CÔTIER | Inondations | |
| RÉPONSE ADAPTATIVE | Protection | |
| CONTINUUM DU GRIS AU VERT (GRIS, VERT – SÉDIMENTS, VERT – VÉGÉTATION) | Gris | |
| COÛT (\$ FAIBLE, \$\$ MOYEN, \$\$\$ ÉLEVÉ) | \$\$\$ | |
| EXPOSITION AUX VAGUES | Modérée | |
| APPORT DE SÉDIMENTS NÉCESSAIRE? | Non | |
| POSITION IDÉALE SUR LE PROFIL CÔTIER (ZONE SUBLITTORALE, AVANT-PLAGE, ARRIÈRE-PLAGE) | Avant-plage | |
| PROTECTION (BONNE, NEUTRE, NÉGATIVE/SOURCE D'ÉROSION OU D'INONDATIONS) | <i>Côte (au-dessus de la marée haute)</i> | Bonne |
| | <i>Zone de marée naturelle</i> | Neutre |
| | <i>Défense contre les inondations</i> | Bonne |
| EFFET (POSITIF, NEUTRE, NÉGATIF) | <i>Plage en aval</i> | Neutre |
| | <i>Aspects esthétiques</i> | Neutre |
| | <i>Sécurité de la baignade</i> | Neutre |
| DURABILITÉ ET PRÉSERVATION (RENFORCE LA DURABILITÉ, NEUTRE, NON DURABLE) | <i>Morphologie côtière</i> | Neutre |
| | <i>Habitat/biodiversité</i> | Non durable |
| AVANTAGES | <ul style="list-style-type: none"> • Fermeture de l'embouchure de l'estuaire pour prévenir l'inondation en cas de grosses tempêtes • Drainage possible d'une rivière à marée basse afin d'éviter le refoulement | |
| LIMITES | <ul style="list-style-type: none"> • Coût élevé (selon la taille) • Perte d'habitat intertidal • Besoin d'entretien régulier • Pas de prévention de l'inondation des terres intérieures lorsque l'eau ne peut pas s'écouler à marée haute | |

3.19 Dragage

Le dragage consiste à creuser le fond d'une voie d'eau pour enlever les sédiments qui se sont accumulés à l'embouchure d'un port ou dans un estuaire. Il vise généralement à garder ouvertes les voies navigables. Il peut également permettre l'évacuation naturelle des lagunes et prévenir les inondations là où une éventuelle onde de tempête risque de faire refouler un cours d'eau. Une onde de tempête risque de pousser les sédiments dans un cours d'eau, et leur accumulation peut bloquer l'écoulement de l'eau ou augmenter le risque d'embâcles, qui provoqueraient à leur tour des inondations en amont. La conception d'un projet de dragage et sa réglementation exigent une étude approfondie de la côte.



Figure 3.22 Dragage par excavation mécanique d'un petit chenal à Salmon River, en N.-É.
(Graeme Matheson, Université Saint Mary's)

| SYNTHÈSE : DRAGAGE | | |
|---|---|-------------|
| ALÉA CÔTIER | Inondations | |
| RÉPONSE ADAPTATIVE | Aménagement adaptatif | |
| CONTINUUM DU GRIS AU VERT (GRIS, VERT – SÉDIMENTS, VERT – VÉGÉTATION) | Vert – sédiments | |
| COÛT (\$ FAIBLE, \$\$ MOYEN, \$\$\$ ÉLEVÉ) | \$\$\$ | |
| EXPOSITION AUX VAGUES | Minimale | |
| APPORT DE SÉDIMENTS NÉCESSAIRE? | Approvisionnement naturel | |
| POSITION IDÉALE SUR LE PROFIL CÔTIER (ZONE SUBLITTORALE, AVANT-PLAGE, ARRIÈRE-PLAGE) | Avant-plage | |
| PROTECTION (BONNE, NEUTRE, NÉGATIVE/SOURCE D'ÉROSION OU D'INONDATIONS) | <i>Côte (au-dessus de la marée haute)</i> | Neutre |
| | <i>Zone de marée naturelle</i> | Négatif |
| | <i>Défense contre les inondations</i> | Bonne |
| EFFET (POSITIF, NEUTRE, NÉGATIF) | <i>Plage en aval</i> | Négatif |
| | <i>Aspects esthétiques</i> | Négatif |
| | <i>Sécurité de la baignade</i> | Neutre |
| DURABILITÉ ET PRÉSERVATION (RENFORCE LA DURABILITÉ, NEUTRE, NON DURABLE) | <i>Morphologie côtière</i> | Neutre |
| | <i>Habitat/biodiversité</i> | Non durable |
| AVANTAGES | <ul style="list-style-type: none"> • Solution efficace si le dragage augmente considérablement le volume de stockage des eaux de crue • Réduction des inondations fluviales dans les estuaires • Augmentation du gabarit de navigation • Sédiments extraits possiblement adéquats pour d'autres interventions comme la recharge des plages ou l'entretien des digues | |
| LIMITES | <ul style="list-style-type: none"> • Pas de protection contre l'érosion (peut l'accroître) • Solution mal indiquée si la plaine inondable est grande par rapport au chenal de la voie navigable, le volume de stockage ajouté étant minime par rapport au volume total de la crue • Dragage d'entretien nécessaire en cas d'apport naturel régulier de sédiments • Perturbation de l'équilibre naturel entre érosion et dépôt | |

3.20 Mur d'endiguement/ protection contre les inondations à sec

Le mur d'endiguement s'utilise principalement dans les zones bâties de grande valeur où les options de protection et de gestion du littoral sont limitées, ou par les propriétaires souhaitant protéger leur bien au-delà des mesures déjà en place. Il s'agit généralement d'un mur en béton ou en terre qui encercle une propriété et empêche les eaux de crue ou les ondes de tempête de porter atteinte aux structures de valeur qui s'y trouvent. La protection contre les inondations à sec peut également consister en un revêtement protecteur (imperméable) appliqué sur une structure, empêchant l'eau d'y pénétrer. Il faut bien comprendre qu'il s'agit de mesures d'appoint en cas d'urgence uniquement^{18,19,20}. Le *Guide for Design of Flood-Resistant Buildings*²¹ et les *Guidelines for Improving Flood-Resistance for Existing Buildings*²² (en anglais) du Centre national de recherches du Canada (2021) fournissent des codes et de l'information techniques concernant les bâtiments résistants aux inondations.



Figure 3.23 Schéma de la protection contre les inondations à sec

¹⁸FEMA (Federal Emergency Management Agency), Wet Floodproofing, Washington (D.C.), U.S. Department of Homeland Security, 2010.

¹⁹Southern Tier Central Regional Planning & Development Board (STC-RPDB), 2010.

²⁰FEMA (Federal Emergency Management Agency), Selecting Appropriate Mitigation Measures for Floodprone Structures (en ligne), Washington (D.C.), U.S. Department of Homeland Security, 2007, https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-08/fema_551.pdf.

²¹W. Coulbourne, D. L. Kriebel, R. L. Behm et K. K. McKenna, Guide for Design of Flood-Resistant Buildings (en ligne), s.l., Conseil national de recherches du Canada, 2021, « NRC Contract No. 930582 », <https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/ft/?id=96b3275c-b731-4fa6-847e-e2a9a0f080d8>.

²²R. L. Behm, W. L. Coulbourne, D. L. Kriebel et K. K. McKenna, Guidelines for Improving Flood-Resistance for Existing Buildings (en ligne), s.l., Conseil national de recherches du Canada, 2021, « NRC Contract No. 930582 », <https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/ft/?id=c3b54b84-2a25-4e7e-ba3e-01c80378f086>.

| SYNTHÈSE : MUR D'ENDIGUEMENT/PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS À SEC | | |
|---|--|--------|
| ALÉA CÔTIER | Inondations | |
| RÉPONSE ADAPTATIVE | Protection | |
| CONTINUUM DU GRIS AU VERT (GRIS, VERT – SÉDIMENTS, VERT – VÉGÉTATION) | Gris | |
| COÛT (\$ FAIBLE, \$\$ MOYEN, \$\$\$ ÉLEVÉ) | \$\$\$ | |
| EXPOSITION AUX VAGUES | Minimale | |
| APPORT DE SÉDIMENTS NÉCESSAIRE? | Non | |
| POSITION IDÉALE SUR LE PROFIL CÔTIER (ZONE SUBLITTORALE, AVANT-PLAGE, ARRIÈRE-PLAGE) | Arrière-plage | |
| PROTECTION (BONNE, NEUTRE, NÉGATIVE/SOURCE D'ÉROSION OU D'INONDATIONS) | <i>Côte (au-dessus de la marée haute)</i> | Neutre |
| | <i>Zone de marée naturelle</i> | Neutre |
| | <i>Défense contre les inondations</i> | Bonne |
| EFFET (POSITIF, NEUTRE, NÉGATIF) | <i>Plage en aval</i> | Neutre |
| | <i>Aspects esthétiques</i> | Neutre |
| | <i>Sécurité de la baignade</i> | Neutre |
| DURABILITÉ ET PRÉSERVATION (RENFORCE LA DURABILITÉ, NEUTRE, NON DURABLE) | <i>Morphologie côtière</i> | Neutre |
| | <i>Habitat/biodiversité</i> | Neutre |
| AVANTAGES | <ul style="list-style-type: none"> • Convenable pour presque tous les types de zone côtière • Aucun retrait des bâtiments nécessaire • Facilité d'adaptation au site et au problème d'inondations en cause • Possibilité d'avoir des tronçons mobiles en prévision d'événements extrêmes • Protection rapide et à court terme de l'infrastructure vitale jusqu'à ce qu'on trouve une autre solution ou qu'on obtienne le financement nécessaire | |
| LIMITES | <ul style="list-style-type: none"> • Accès à la structure réduit pendant les inondations • Augmentation possible de l'érosion et des inondations sur les propriétés environnantes • Solution temporaire en contexte d'élévation du niveau de la mer : un dispositif mal conçu risque de retenir l'eau entre le bâtiment protégé et le mur d'endiguement advenant une brèche ou un débordement | |

3.21 Protection contre les inondations par voie humide

La protection contre les inondations par voie humide tient compte de la possibilité d'une inondation à l'intérieur d'une structure. Cette technique de construction s'applique uniquement aux étages non résidentiels. Elle s'emploie de préférence dans les structures de stationnement et d'entreposage de marchandises non susceptibles d'être endommagées par l'eau, et permet à l'eau d'entrer et de sortir librement à l'étage inférieur. Il y a souvent beaucoup de nettoyage à faire après une inondation^{23,24,25}. Le *Guide for Design of Flood-Resistant Buildings*²⁶ et les *Guidelines for Improving Flood-Resistance for Existing Buildings* (en anglais)²⁷ du Centre national de recherches du Canada (2021) fournissent des codes et de l'information techniques concernant les bâtiments résistant aux inondations.

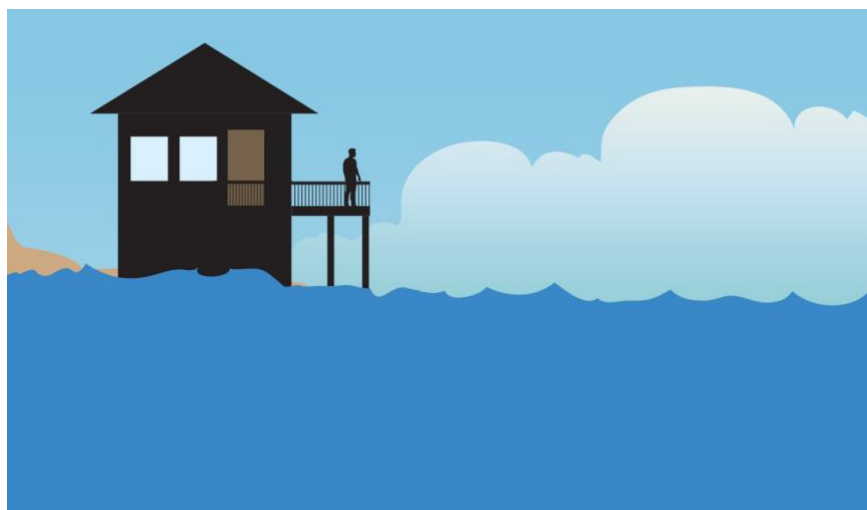


Figure 3.24 Schéma d'une protection contre les inondations par voie humide, qui « permet » l'inondation des étages inférieurs

²³ FEMA (Federal Emergency Management Agency), Homeowner's Guide to Retrofitting (en ligne), Washington (D.C.), Department of Homeland Security, 2009, <https://web.archive.org/web/20120707032521/http://www.fema.gov/hazard/map/firm.shtm>.

²⁴ Southern Tier Central Regional Planning & Development Board (STC-RPDB), 2010.

²⁵ FEMA (Federal Emergency Management Agency), Selecting Appropriate Mitigation Measures for Floodprone Structures (en ligne), Washington (D.C.), U.S. Department of Homeland Security, 2007, https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-08/fema_551.pdf.

²⁶ W. Coulbourne, D. L. Kriebel, R. L. Behm et K. K. McKenna, Guide for Design of Flood-Resistant Buildings (en ligne), s.l., Conseil national de recherches du Canada, 2021, « NRC Contract No. 930582 », <https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/ft/?id=96b3275c-b731-4fa6-847e-e2a9a0f080d8>.

²⁷ R. L. Behm, W. L. Coulbourne, D. L. Kriebel et K. K. McKenna, Guidelines for Improving Flood-Resistance for Existing Buildings (en ligne), s.l., Conseil national de recherches du Canada, 2021, « NRC Contract No. 930582 », <https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/ft/?id=c3b54b84-2a25-4e7e-ba3e-01c80378f086>.

| SYNTHÈSE : PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS PAR VOIE HUMIDE | | |
|---|---|--------|
| ALÉA CÔTIER | Inondations | |
| RÉPONSE ADAPTATIVE | Aménagement adaptatif | |
| CONTINUUM DU GRIS AU VERT (GRIS, VERT – SÉDIMENTS, VERT – VÉGÉTATION) | Gris | |
| COÛT (\$ FAIBLE, \$\$ MOYEN, \$\$\$ ÉLEVÉ) | \$\$\$ | |
| EXPOSITION AUX VAGUES | Minimale | |
| APPORT DE SÉDIMENTS NÉCESSAIRE? | Non | |
| POSITION IDÉALE SUR LE PROFIL CÔTIER (ZONE SUBLITTORALE, AVANT-PLAGE, ARRIÈRE-PLAGE) | Arrière-plage | |
| PROTECTION (BONNE, NEUTRE, NÉGATIVE/SOURCE D'ÉROSION OU D'INONDATIONS) | <i>Côte (au-dessus de la marée haute)</i> | Neutre |
| | <i>Zone de marée naturelle</i> | Neutre |
| | <i>Défense contre les inondations</i> | Bonne |
| EFFET (POSITIF, NEUTRE, NÉGATIF) | <i>Plage en aval</i> | Neutre |
| | <i>Aspects esthétiques</i> | Neutre |
| | <i>Sécurité de la baignade</i> | Neutre |
| DURABILITÉ ET PRÉSERVATION (RENFORCE LA DURABILITÉ, NEUTRE, NON DURABLE) | <i>Morphologie côtière</i> | Neutre |
| | <i>Habitat/biodiversité</i> | Neutre |
| AVANTAGES | <ul style="list-style-type: none"> • Convenable pour presque tous les types de zone côtière • Utilisation possible de zones autrement impropres au développement (pour un stationnement, par exemple) • Solution de rechange économique à la protection contre les inondations à sec ou à la surélévation des bâtiments • Impact environnemental très faible • Solution plus abordable que la construction de systèmes de protection élaborés comme les digues et les ouvrages longitudinaux | |
| LIMITES | <ul style="list-style-type: none"> • Accès à la structure réduit pendant les inondations • Réduction des dommages au bâtiment causés par les inondations, mais pas de protection contre l'érosion ou les inondations elles-mêmes • Solution temporaire en contexte d'élévation du niveau de la mer. • Nettoyage et entretien nécessaires après les inondations | |

3.22 Infrastructure surélevée

Autre forme de protection par voie humide, la surélévation consiste à relever les zones essentielles d'un bâtiment ou d'une infrastructure au-dessus du niveau d'inondation au moyen de pilotis ou de fondations surélevées. Les pilotis créent un espace non habitable sous le bâtiment qui peut servir de garage ou de terrasse. On peut également surélever le terrain par remblai avant même de construire. Il est généralement plus facile de construire un bâtiment surélevé dès le départ que de surélever un bâtiment existant. Le Code du bâtiment peut restreindre l'utilisation de cette mesure d'adaptation. On peut appliquer le même principe aux infrastructures essentielles comme les services publics et les routes. Le *Guide for Design of Flood-Resistant Buildings*²⁸ et les *Guidelines for Improving Flood-Resistance for Existing Buildings*²⁹ (en anglais) du Centre national de recherches du Canada (2021) fournissent des codes et de l'information techniques concernant les bâtiments résistants aux inondations.

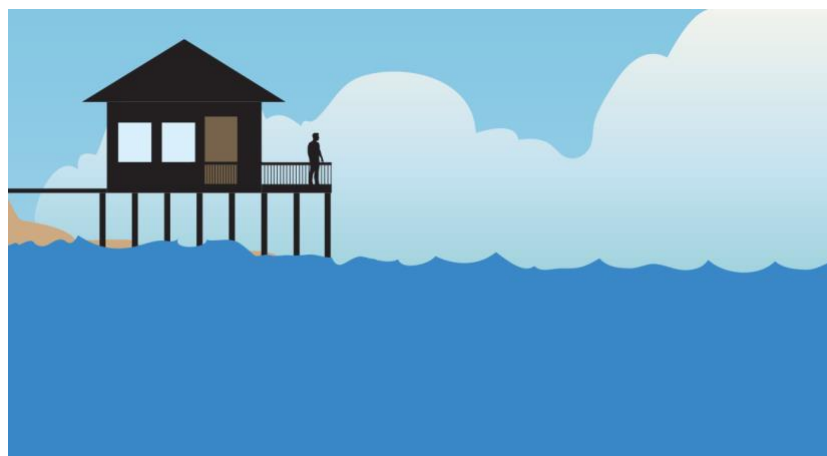


Figure 3.25 Schéma de la protection contre les inondations par voie humide



Figure 3.26 Fondation multipoint répartissant le poids d'un bâtiment sur une grande superficie, permettant à la structure d'être plus adaptable (Triodetic Multipoint Foundations)³⁰

²⁸ W. Coulbourne, D. L. Kriebel, R. L. Behm et K. K. McKenna, *Guide for Design of Flood-Resistant Buildings* (en ligne), s.l., Conseil national de recherches du Canada, 2021, « NRC Contract No. 930582 », <https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/ft/?id=96b3275c-b731-4fa6-847e-e2a9a0f080d8>.

²⁹ R. L. Behm, W. L. Coulbourne, D. L. Kriebel et K. K. McKenna, *Guidelines for Improving Flood-Resistance for Existing Buildings* (en ligne), s.l., Conseil national de recherches du Canada, 2021, « NRC Contract No. 930582 », <https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/ft/?id=c3b54b84-2a25-4e7e-ba3e-01c80378f086>.

³⁰ Triodetic Multipoint Foundations (en ligne), <http://multipoint-foundations.com/>.

| SYNTHÈSE : SURÉLÉVATION DES INFRASTRUCTURES | | |
|---|--|--------|
| ALÉA CÔTIER | Inondations | |
| RÉPONSE ADAPTATIVE | Aménagement adaptatif | |
| CONTINUUM DU GRIS AU VERT (GRIS, VERT – SÉDIMENTS, VERT – VÉGÉTATION) | Gris | |
| COÛT (\$ FAIBLE, \$\$ MOYEN, \$\$\$ ÉLEVÉ) | \$\$\$ | |
| EXPOSITION AUX VAGUES | Minimale | |
| APPORT DE SÉDIMENTS NÉCESSAIRE? | Non | |
| POSITION IDÉALE SUR LE PROFIL CÔTIER (ZONE SUBLITTORALE, AVANT-PLAGE, ARRIÈRE-PLAGE) | Arrière-plage | |
| PROTECTION (BONNE, NEUTRE, NÉGATIVE/SOURCE D'ÉROSION OU D'INONDATIONS) | <i>Côte (au-dessus de la marée haute)</i> | Neutre |
| | <i>Zone de marée naturelle</i> | Neutre |
| | <i>Défense contre les inondations</i> | Bonne |
| EFFET (POSITIF, NEUTRE, NÉGATIF) | <i>Plage en aval</i> | Neutre |
| | <i>Aspects esthétiques</i> | Neutre |
| | <i>Sécurité de la baignade</i> | Neutre |
| DURABILITÉ ET PRÉSERVATION (RENFORCE LA DURABILITÉ, NEUTRE, NON DURABLE) | <i>Morphologie côtière</i> | Neutre |
| | <i>Habitat/biodiversité</i> | Neutre |
| AVANTAGES | <ul style="list-style-type: none"> • Convenable pour presque tous les types de zone côtière • Protection efficace de bâtiments individuels contre les dommages dus aux inondations • Mesure pouvant être exigée en zone à risque par le biais de règlements d'aménagement du territoire • Solution plus abordable que la construction d'ouvrages de protection élaborés comme les digues et les ouvrages longitudinaux | |
| LIMITES | <ul style="list-style-type: none"> • Accès à la structure réduit pendant les inondations • Options limitées par le Code du bâtiment (à déterminer par un ingénieur) • Augmentation du coût de construction avec la hauteur nécessaire | |

3.23 Bâtiment flottant/ fondations amphibies

Les dernières décennies ont vu évoluer différentes techniques de construction de bâtiments flottants. Les plus stables ont une coque extérieure en béton armé et un noyau flottant en mousse de polystyrène. On construit souvent les grandes fondations flottantes (pontons, quais, flotteurs) d'une seule pièce près du chantier, où la mise à l'eau et le transport sont aisés. On peut également les construire en sections modulaires hors site et les assembler près du chantier. Les bâtiments sont construits sur les fondations une fois en place. Les sections flottantes comme les passerelles sont reliées par des joints qui permettent une certaine mobilité.

Les fondations amphibies sont assez récentes. Le bâtiment repose sur le sol, sur une fondation fixe, mais se soulève et laisse l'eau s'écouler en dessous pendant les inondations. Un bassin à flot recueille l'eau sous le bâtiment et soulève celui-ci en cas d'inondation extrême. Des piliers fixes empêchent le bâtiment de partir à la dérive. Selon des estimations de diverses sources, la construction d'une maison amphibie coûte de 20 à 30 % plus cher que celle d'une maison à fondation fixe.



Figure 3.27 Maison à fondation amphibie en Hollande (Dura Vermeer)

| SYNTHÈSE : BÂTIMENT FLOTTANT/ FONDATION AMPHIBIE | | |
|---|--|--------|
| ALÉA CÔTIER | Inondations | |
| RÉPONSE ADAPTATIVE | Aménagement adaptatif | |
| CONTINUUM DU GRIS AU VERT (GRIS, VERT – SÉDIMENTS, VERT – VÉGÉTATION) | Gris | |
| COÛT (\$ FAIBLE, \$\$ MOYEN, \$\$\$ ÉLEVÉ) | \$\$\$ | |
| EXPOSITION AUX VAGUES | Minimale | |
| APPORT DE SÉDIMENTS NÉCESSAIRE? | Non | |
| POSITION IDÉALE SUR LE PROFIL CÔTIER (ZONE SUBLITTORALE, AVANT-PLAGE, ARRIÈRE-PLAGE) | Arrière-plage | |
| PROTECTION (BONNE, NEUTRE, NÉGATIVE/SOURCE D'ÉROSION OU D'INONDATIONS) | <i>Côte (au-dessus de la marée haute)</i> | Neutre |
| | <i>Zone de marée naturelle</i> | Neutre |
| | <i>Défense contre les inondations</i> | Bonne |
| EFFET (POSITIF, NEUTRE, NÉGATIF) | <i>Plage en aval</i> | Neutre |
| | <i>Aspects esthétiques</i> | Neutre |
| | <i>Sécurité de la baignade</i> | Neutre |
| DURABILITÉ ET PRÉSERVATION (RENFORCE LA DURABILITÉ, NEUTRE, NON DURABLE) | <i>Morphologie côtière</i> | Neutre |
| | <i>Habitat/biodiversité</i> | Neutre |
| AVANTAGES | <ul style="list-style-type: none"> • Convenable pour presque tous les types de zone côtière • Protection contre les effets négatifs des inondations • Coût assumé par le propriétaire plutôt que par la municipalité | |
| LIMITES | <ul style="list-style-type: none"> • Accès terrestre à la structure réduit pendant les inondations • Possibilité de dommages à l'infrastructure de support par l'érosion et les inondations • Convenable uniquement là où les vagues sont faibles (ou moyennes pour certaines fondations) | |

3.24 Gestion des eaux pluviales – réduction du ruissellement

La gestion des eaux pluviales d'un site se fait par différents moyens, énumérés ci-dessous et détaillés dans les pages suivantes :

- réduction du ruissellement en favorisant l'infiltration grâce au développement à faible impact (DFI) et aux pratiques de gestion optimales (PGO), de la planification à la construction (description ci-dessous);
- augmentation de la capacité d'acheminement des eaux pluviales (« adduction ») en créant de nouveaux fossés de drainage ou marécages ou en augmentant la capacité des voies de drainage existantes le long des canaux et structures par des ponceaux ou des ouvertures dans les ponts;
- stockage de l'eau en bassin de rétention ou en lagune.

Le développement à faible impact (DFI) vise à gérer l'augmentation du ruissellement et de la pollution des eaux pluviales aussi près que possible de la source. Afin de réduire la quantité et le débit d'eaux pluviales dans les systèmes municipaux, on utilise différentes techniques et technologies, qu'on appelle « pratiques de gestion optimales » (PGO). Ce sont des pratiques structurelles à petite échelle qui imitent les processus d'écoulement naturels (antérieurs au développement) des eaux pluviales : infiltration, évapotranspiration, collecte, filtration et rétention. L'objectif du DFI, pour les nouveaux développements ou la réhabilitation de secteurs, est d'améliorer l'infrastructure requise (p. ex, égouts pluviaux) sans ajouter de coûts importants au projet. Le coût initial est compensé par la réduction du débit de ruissellement de pointe, des inondations, des dommages associés et de la nécessité de grandes infrastructures en aval. Un ingénieur municipal ou en hydrologie devra examiner les options suivantes pour le site :

- rigoles gazonnées;
- pavé perméable;
- systèmes à tuyaux perforés;
- étangs humides;
- bassins secs;
- milieux humides artificiels;
- bandes de végétation filtrante.



Figure 3.28 Rigole gazonnée à Yarmouth (N.-É.) (Alexander Wilson, CBCL Limited)

| SYNTHÈSE : GESTION DES EAUX PLUVIALES – RÉDUCTION DU RUISSELLEMENT | | |
|---|--|--------|
| ALÉA CÔTIER | Inondations | |
| RÉPONSE ADAPTATIVE | Aménagement adaptatif | |
| CONTINUUM DU GRIS AU VERT (GRIS, VERT – SÉDIMENTS, VERT – VÉGÉTATION) | Hybride vert-gris | |
| COÛT (\$ FAIBLE, \$\$ MOYEN, \$\$\$ ÉLEVÉ) | \$ | |
| EXPOSITION AUX VAGUES | S.O. | |
| APPORT DE SÉDIMENTS NÉCESSAIRE? | Non | |
| POSITION IDÉALE SUR LE PROFIL CÔTIER (ZONE SUBLITTORALE, AVANT-PLAGE, ARRIÈRE-PLAGE) | Arrière-plage | |
| PROTECTION (BONNE, NEUTRE, NÉGATIVE/SOURCE D'ÉROSION OU D'INONDATIONS) | <i>Côte (au-dessus de la marée haute)</i> | Neutre |
| | <i>Zone de marée naturelle</i> | Neutre |
| | <i>Défense contre les inondations</i> | Bonne |
| EFFET (POSITIF, NEUTRE, NÉGATIF) | <i>Plage en aval</i> | Neutre |
| | <i>Aspects esthétiques</i> | Neutre |
| | <i>Sécurité de la baignade</i> | Neutre |
| DURABILITÉ ET PRÉSERVATION (RENFORCE LA DURABILITÉ, NEUTRE, NON DURABLE) | <i>Morphologie côtière</i> | Neutre |
| | <i>Habitat/biodiversité</i> | Neutre |
| AVANTAGES | <ul style="list-style-type: none"> • Réduction du volume et du débit des eaux pluviales lors de fortes pluies • Diminution du risque d'inondation et de la pollution • Amélioration de la gestion municipale des eaux pluviales tout en réduisant les besoins d'entretien • Rentabilité à l'étape de la planification • Capture des contaminants des eaux de ruissellement • Protection ou multiplication des habitats | |
| LIMITES | <ul style="list-style-type: none"> • Protection limitée contre des inondations extrêmes lorsque le sol est déjà saturé • Obligation de se situer au-dessus du niveau de la mer • Possibilité de nécessiter une grande superficie de terrain. | |

3.25 Gestion des eaux pluviales – augmentation de l'adduction d'eau (fossé de drainage)

Les fossés de drainage et les marécages sont des réseaux de tranchées souvent reliées par des ponceaux. Situés légèrement plus bas que le terrain environnant, ils se déversent dans la mer, une lagune ou un bassin de rétention (bassin destiné à stocker l'excès d'eaux pluviales). En cas d'inondation, l'eau se déverse dans les fossés plutôt que de s'avancer à l'intérieur des terres. Un bon drainage accélère le rétablissement des sols après l'inondation, réduit le temps de nettoyage et empêche l'accumulation d'eau stagnante. On peut également accroître la capacité d'acheminement des eaux pluviales (« adduction ») en modifiant les voies de drainage existantes le long des canaux et structures par des ponceaux ou des ouvertures dans les ponts.

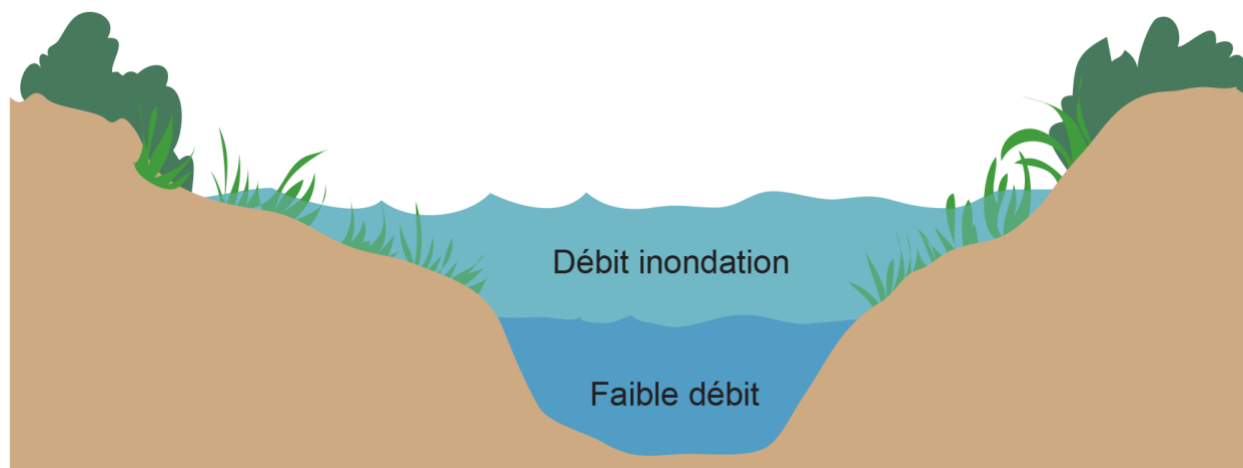


Figure 3.29 Schéma d'un fossé de drainage à deux paliers permettant l'adduction supplémentaire en cas d'inondation (Vincent Leys, CBCL Limited)

| SYNTHÈSE : GESTION DES EAUX PLUVIALES – AUGMENTATION DE L'ADDUCTION (FOSSÉ DE DRAINAGE) | | |
|--|---|--------|
| ALÉA CÔTIER | Inondations | |
| RÉPONSE ADAPTATIVE | Aménagement adaptatif | |
| CONTINUUM DU GRIS AU VERT (GRIS, VERT – SÉDIMENTS, VERT – VÉGÉTATION) | Gris | |
| COÛT (\$ FAIBLE, \$\$ MOYEN, \$\$\$ ÉLEVÉ) | \$ | |
| EXPOSITION AUX VAGUES | S.O. | |
| APPORT DE SÉDIMENTS NÉCESSAIRE? | Non | |
| POSITION IDÉALE SUR LE PROFIL CÔTIER (ZONE SUBLITTORALE, AVANT-PLAGE, ARRIÈRE-PLAGE) | Arrière-plage | |
| PROTECTION (BONNE, NEUTRE, NÉGATIVE/SOURCE D'ÉROSION OU D'INONDATIONS) | <i>Côte (au-dessus de la marée haute)</i> | Neutre |
| | <i>Zone de marée naturelle</i> | Neutre |
| | <i>Défense contre les inondations</i> | Bonne |
| EFFET (POSITIF, NEUTRE, NÉGATIF) | <i>Plage en aval</i> | Neutre |
| | <i>Aspects esthétiques</i> | Neutre |
| | <i>Sécurité de la baignade</i> | Neutre |
| DURABILITÉ ET PRÉSERVATION (RENFORCE LA DURABILITÉ, NEUTRE, NON DURABLE) | <i>Morphologie côtière</i> | Neutre |
| | <i>Habitat/biodiversité</i> | Neutre |
| AVANTAGES | <ul style="list-style-type: none"> • Ajout de zones de drainage des inondations • Accroissement de l'habitat • Solution relativement économique • Mise en œuvre souvent possible sans l'autorisation des paliers supérieurs du gouvernement • Coûts assumés par les promoteurs et les propriétaires fonciers plutôt que par la municipalité, en zone inondable | |
| LIMITES | <ul style="list-style-type: none"> • Pas de protection contre des inondations extrêmes, mais amélioration du rétablissement subséquent • Risques d'inondations toujours présents • Accroissement des risques d'inondation en aval, dans un bassin versant, en raison de l'augmentation du drainage en amont | |

3.26 Gestion des eaux pluviales – augmentation du stockage (bassin de rétention)

Les lagunes et bassins de rétention accompagnent généralement les marécages et fossés de drainage pour créer un réseau de gestion des inondations intérieures. En zones côtières, les bassins de rétention s'allient à d'autres mesures de protection comme la digue et la restauration des marais. Ces plans d'eau artificiels fournissent un lieu d'accumulation de l'eau lors d'événements extrêmes. L'eau est lentement drainée ou pompée hors du bassin une fois l'inondation résorbée. Les bassins de rétention servent également de bassins de décantation des contaminants dans l'eau.



Figure 3.30 Étang du cénotaphe, Sackville (N.-É.) (Mike DeLay, CBCL Limited)

| SYNTHÈSE : GESTION DES EAUX PLUVIALES – AUGMENTATION DU STOCKAGE (BASSIN DE RÉTENTION) | | |
|---|--|------------------------|
| ALÉA CÔTIER | Inondations | |
| RÉPONSE ADAPTATIVE | Aménagement adaptatif | |
| CONTINUUM DU GRIS AU VERT (GRIS, VERT – SÉDIMENTS, VERT – VÉGÉTATION) | Gris | |
| COÛT (\$ FAIBLE, \$\$ MOYEN, \$\$\$ ÉLEVÉ) | \$ | |
| EXPOSITION AUX VAGUES | S.O. | |
| APPORT DE SÉDIMENTS NÉCESSAIRE? | Non | |
| POSITION IDÉALE SUR LE PROFIL CÔTIER (ZONE SUBLITTORALE, AVANT-PLAGE, ARRIÈRE-PLAGE) | Arrière-plage | |
| PROTECTION (BONNE, NEUTRE, NÉGATIVE/SOURCE D'ÉROSION OU D'INONDATIONS) | <i>Côte (au-dessus de la marée haute)</i> | Neutre |
| | <i>Zone de marée naturelle</i> | Neutre |
| | <i>Défense contre les inondations</i> | Bonne |
| EFFET (POSITIF, NEUTRE, NÉGATIF) | <i>Plage en aval</i> | Neutre |
| | <i>Aspects esthétiques</i> | Neutre |
| | <i>Sécurité de la baignade</i> | Neutre |
| DURABILITÉ ET PRÉSERVATION (RENFORCE LA DURABILITÉ, NEUTRE, NON DURABLE) | <i>Morphologie côtière</i> | Neutre |
| | <i>Habitat/biodiversité</i> | Renforce la durabilité |
| AVANTAGES | <ul style="list-style-type: none"> • Solution utile en tant que partie intégrante d'un réseau de protection contre les inondations intérieures • Réduction de l'étendue et de l'intensité des inondations en aval en capturant et en libérant lentement l'eau dans le système naturel • Atout récréatif et écologique de la collectivité si bien conçu • Capture des contaminants de l'eau • Accroissement de l'habitat | |
| LIMITES | <ul style="list-style-type: none"> • Obligation de se situer au-dessus du niveau de la mer • Traitement d'un volume limité d'eau de crue • Besoin d'une grande superficie de terrain | |

3.27 Gestion des eaux pluviales – jardin pluvial/ milieu humide artificiel

Le jardin pluvial vise à atténuer les inondations dues aux fortes pluies en zone urbaine, là où les surfaces environnantes imperméables n'absorbent pas l'eau. On plante généralement plusieurs jardins pluviaux à différents endroits pour accroître l'absorption totale d'eau de pluie. Les jardins pluviaux absorbent plus de pluie qu'une pelouse ordinaire et la relâche plus lentement dans le sol. Des gouttières et tuyaux de descente sur les bâtiments environnants peuvent rediriger l'eau de pluie vers le jardin pluvial, qui se compose de plantes indigènes à racines profondes, plantées à au moins trois mètres de tout bâtiment pour éviter les dommages aux fondations, sur un terrain où la pente fait au plus 12 %³¹. Une berme au bas d'un jardin planté en pente aidera à retenir l'eau de pluie.

Un milieu humide artificiel couvre une plus grande superficie qu'un jardin pluvial et se plante dans une dépression du relief. Il absorbe les eaux pluviales qui s'écoulent des surfaces pavées et en filtre les polluants. Le succès de ces plantations artificielles repose sur des plantes qui prolifèrent avec de grandes quantités d'eau douce.



Figure 3.31 Jardin pluvial à Sackville (N.-B.)¹⁹ (Amanda Marlin, EOS Éco-énergie)

³¹ A. Marlin, Sackville Rain Gardens: A Sustainable Storm Water Management Pilot Project, Sackville (N.-B.), Regional Centre of Expertise for Sustainable Development – Tantramar, 2013.

| SYNTHÈSE : GESTION DES EAUX PLUVIALES – JARDIN PLUVIAL/MILIEU HUMIDE ARTIFICIEL | | |
|---|---|------------------------|
| ALÉA CÔTIER | Inondations | |
| RÉPONSE ADAPTATIVE | Aménagement adaptatif | |
| CONTINUUM DU GRIS AU VERT (GRIS, VERT – SÉDIMENTS, VERT – VÉGÉTATION) | Gris | |
| COÛT (\$ FAIBLE, \$\$ MOYEN, \$\$\$ ÉLEVÉ) | \$ | |
| EXPOSITION AUX VAGUES | S.O. | |
| APPORT DE SÉDIMENTS NÉCESSAIRE? | Non | |
| POSITION IDÉALE SUR LE PROFIL CÔTIER (ZONE SUBLITTORALE, AVANT-PLAGE, ARRIÈRE-PLAGE) | Arrière-plage | |
| PROTECTION (BONNE, NEUTRE, NÉGATIVE/SOURCE D'ÉROSION OU D'INONDATIONS) | <i>Côte (au-dessus de la marée haute)</i> | Neutre |
| | <i>Zone de marée naturelle</i> | Neutre |
| | <i>Défense contre les inondations</i> | Bonne |
| EFFET (POSITIF, NEUTRE, NÉGATIF) | <i>Plage en aval</i> | Neutre |
| | <i>Aspects esthétiques</i> | Positif |
| | <i>Sécurité de la baignade</i> | Neutre |
| DURABILITÉ ET PRÉSERVATION (RENFORCE LA DURABILITÉ, NEUTRE, NON DURABLE) | <i>Morphologie côtière</i> | Neutre |
| | <i>Habitat/biodiversité</i> | Renforce la durabilité |
| AVANTAGES | <ul style="list-style-type: none"> • Réduction du ruissellement des eaux de pluie • Réduction du volume d'eau qui se déverse dans les égouts pluviaux lors des tempêtes • Solution relativement économique • Facilité de construction • Habitat qui favorise la biodiversité | |
| LIMITES | <ul style="list-style-type: none"> • Solution à échelle relativement réduite • Création de plusieurs jardins pluviaux, de préférence | |

3.28 Retrait planifié/ déplacer les infrastructures

La décision de déplacer une route, un bâtiment ou un autre type d'infrastructure côtière doit se fonder sur une analyse coût/bénéfice qui tient compte des aspects socio-économiques et de la valeur des services que procure l'infrastructure. Dans le cas d'une route, par exemple, on évaluera la valeur des services qu'elle procure et le coût de son déplacement. À cela s'ajoutent les coûts associés au déménagement de maisons, de bâtiments ou d'autres infrastructures, ou ceux de leur reconstruction ailleurs.

| SYNTHÈSE : RETRAIT PLANIFIÉ | | |
|---|--|------------------------|
| ALÉA CÔTIER | Érosion et inondations | |
| RÉPONSE ADAPTATIVE | Retrait | |
| CONTINUUM DU GRIS AU VERT (GRIS, VERT – SÉDIMENTS, VERT – VÉGÉTATION) | S.O. | |
| COÛT (\$ FAIBLE, \$\$ MOYEN, \$\$\$ ÉLEVÉ) | \$\$\$ | |
| EXPOSITION AUX VAGUES | Maximale | |
| APPORT DE SÉDIMENTS NÉCESSAIRE? | Non | |
| POSITION IDÉALE SUR LE PROFIL CÔTIER (ZONE SUBLITTORALE, AVANT-PLAGE, ARRIÈRE-PLAGE) | Arrière-plage | |
| PROTECTION (BONNE, NEUTRE, NÉGATIVE/SOURCE D'ÉROSION OU D'INONDATIONS) | <i>Côte (au-dessus de la marée haute)</i> | Neutre |
| | <i>Zone de marée naturelle</i> | Bonne |
| | <i>Défense contre les inondations</i> | Bonne |
| EFFET (POSITIF, NEUTRE, NÉGATIF) | <i>Plage en aval</i> | Neutre |
| | <i>Aspects esthétiques</i> | Neutre |
| | <i>Sécurité de la baignade</i> | Neutre |
| DURABILITÉ ET PRÉSERVATION (RENFORCE LA DURABILITÉ, NEUTRE, NON DURABLE) | <i>Morphologie côtière</i> | Neutre |
| | <i>Habitat/biodiversité</i> | Renforce la durabilité |
| AVANTAGES | <ul style="list-style-type: none"> • Solution durable à long terme pour les zones à risque • Coût d'entretien réduit • Possibilité de construire des infrastructures améliorées et plus résilientes | |
| LIMITES | <ul style="list-style-type: none"> • Coûts initiaux de relocalisation élevés • Possibilité de problèmes fonciers et socio-économiques • Risque de sentiment d'abandon au sein de la collectivité | |

Chapitre 4 : Études de cas

Le chapitre 4 présente différents exemples d'application de mesures d'intervention décrites au chapitre 3. Ces exemples sont tirés de l'expérience professionnelle des auteurs et complétés par des sources documentaires. Ils illustrent les différentes mesures d'intervention dans le contexte d'une collectivité côtière de petite à moyenne taille. Dans la mesure du possible, nous avons privilégié les exemples de conceptions nouvelles ou novatrices, qui tiennent compte des caractéristiques particulières du site et de la disponibilité des matériaux. Le chapitre 6 – Lectures complémentaires fournit une liste de documents contenant des descriptions plus détaillées et d'autres exemples.

4.1 Projet de stabilisation des berges et de littoral vivant à Shelburne (N.-É.)



Figure 3.32 Avant (mars 2020) et après (août 2020) l'établissement d'un littoral vivant pour stabiliser la berge (Coastal Action, CBWES)

| | |
|----------------------------------|--|
| Mesure d'intervention | Littoral vivant |
| Lieu | Shelburne (N.-É.) |
| Année | 2020 |
| Vagues | Faibles/moyennes |
| Caractéristiques côtières | Le havre de Shelburne est un long canal à deux bras qui s'étend sur quelque 15 km depuis le large. L'île McNutts, située à l'entrée du havre, protège la baie et le rivage des fortes vagues. |
| Description du projet | La ville de Shelburne se situe à la tête du havre de Shelburne, sur la côte sud-ouest de la Nouvelle-Écosse. Bien que la majeure partie de la ville repose sur un substrat rocheux granitique, le till sus-jacent est exposé le long du rivage et s'érode. Le rivage y est en grande partie protégé par des ouvrages techniques et d'autres mesures, mais les terres situées derrière certaines structures étaient sujettes à l'affouillement dû au ruissellement et au débordement. Afin d'absorber et de ralentir le ruissellement et de contrer l'érosion par les vagues, on a installé un littoral vivant composé de rondins, de bottes de foin et de végétation indigène. On a ainsi restauré 93 m ² de rivage autosuffisant, qui devraient absorber 27,3 m ³ d'eaux pluviales par an, ce qui aboutit à une réduction du ruissellement de surface, de l'érosion, de l'affouillement et des conséquences des inondations ³² . |

³² Town of Shelburne Bank Stabilization and Living Shoreline Project, Halifax (N.-É.), School of Planning, Université Dalhousie, s.d., MRfM+Shelburne_Case_Study_Final_Dec05_2021_updated.pdf (squarespace.com).

4.2 Stabilisation de la route et des plages du parc national Fundy (N.-B.)



Figure 3.33 Brise-lames au parc national Fundy (Vincent Leys, CBCL Limited)

| | |
|----------------------------------|--|
| Mesure d'intervention | Revêtement, recharge de plage, végétalisation, stabilisation des marais salés |
| Lieu | Parc national Fundy (N.-B.) |
| Année | 2018 |
| Vagues | Hautes |
| Caractéristiques côtières | Grandes marées, fort vent et fortes vagues |
| Description du projet | <p>La route 114 est une voie de transport principale du sud-est du Nouveau-Brunswick. Elle traverse le parc national Fundy sur 20,6 km. Dans la baie de Fundy, le rivage est exposé aux vagues du sud-ouest lors de la marée haute, qui peut s'y élever jusqu'à 12 m. Les effets sont d'autant plus importants lorsque la marée haute coïncide avec un vent fort et de fortes vagues.</p> <p>L'enneigement a provoqué un déplacement du perré préexistant, endommagé les infrastructures et les promenades d'accès à la plage et laissé des débris et des pierres sur la route. Le projet visait à protéger les infrastructures de la route et du parc, à maintenir un accès facile à la plage, à améliorer l'habitat et à réduire au minimum les coûts cumulatifs d'atténuation des dommages dus aux tempêtes. Il comprenait la construction d'un revêtement artificiel le long du remblai routier, la recharge de la plage, la plantation de végétation et la stabilisation du marais salé situé au sud-ouest du revêtement.</p> |

4.3 Projet de restauration des dunes de la plage Carters, Port Mouton (N.-É.)



Figure 3.34 Croissance de l'ammophile sur l'un des sites de restauration, plage Carters (de gauche à droite : avril 2018, septembre 2019, septembre 2019) (Coolen dans Smith et coll., 2019)

| | |
|----------------------------------|---|
| Mesure d'intervention | Restauration des dunes, végétalisation |
| Lieu | Port Mouton (N.-É.) |
| Année | 2017 |
| Vagues | Moyennes |
| Caractéristiques côtières | Dunes de sable blanc (les plus hautes de la côte atlantique de la Nouvelle-Écosse), îlots rocheux, îles à proximité ³³ . |
| Description du projet | On prévoit que les changements climatiques entraîneront des conditions plus chaudes et plus humides en Nouvelle-Écosse en raison d'une augmentation de la fréquence et de l'intensité des précipitations, de la force des ondes de tempête et du niveau de la mer. ³⁴ En résultat, le rivage s'érodera et les dunes migreront vers l'intérieur des terres, se feront plus abruptes et se dévégétaliseront. ³⁵ Les dunes jouent un rôle précieux dans l'écosystème et la protection des côtes. Leur préservation est donc cruciale. Les activités de restauration ont commencé en 2017 par la pose de clôtures et de panneaux d'information et la transplantation d'ammophiles. En 2018, on a évalué que la plantation avait réussi à hauteur de 65 à 100 % (survie des plants et rétention des sédiments). En 2019, de 81 à 100 % des herbes transplantées ont survécu à l'ouragan Dorian ³⁶ . |

³³ Source : D. S. Davis et S. Browne, dir., Natural History of Nova Scotia, Vol. 2: Theme Regions (en ligne), s.l., Natural History Museum of Nova Scotia, 1996, <https://ojs.library.dal.ca/NSM/article/view/3775/3458>.

³⁴ Environnement et Changement climatique Canada, Rapport sur le climat changeant du Canada (en ligne), 2019, https://changingclimate.ca/site/assets/uploads/sites/2/2020/06/RCCC_FULLREPORT-FR-FINAL.pdf.

³⁵ SACCA, Coastal Erosion and Climate Change (en ligne), 2011, http://web.archive.org/web/20171118131258/http://www.csrpa.ca/sites/default/files/fichiers/coastal_erosion_and_climate_change_0.pdf.

³⁶ Carters Beach Dune Restoration Project (en ligne), Halifax (N.-É.), School of Planning, Université Dalhousie, 2021, MRfM_Carters_Beach_Case_Study_Final_Dec05_21_Updated.pdf (squarespace.com).

4.4 Restauration des dunes du terrain de golf de Crowbush Cove (Î.-P.-É.)



Figure 3.35 *Ammophila* poussant sur une dune restaurée (sur revêtement enfoui) au terrain de golf de Crowbush Cove.

| | |
|----------------------------------|--|
| Mesure d'intervention | Restauration des dunes, végétalisation, revêtement enfoui |
| Lieu | Lakeside (Î.-P.-É.) |
| Année | 2006 |
| Vagues | Hautes |
| Caractéristiques côtières | Dunes, falaises de grès |
| Description du projet | La plage de Brackley Beach souffre depuis plus de 20 ans d'érosion généralisée et de la disparition des dunes. En 2001, notamment, les tempêtes ont emporté des dunes qui protégeaient certaines infrastructures du terrain de golf de Crowbush Cove, terrain très couru en Amérique du Nord et attrait touristique précieux. On y a reconstruit les dunes sur un revêtement enfoui constitué d'un noyau en pierre de carapace, puis planté de l'ammophile afin de stabiliser les dunes et de rehausser le paysage naturel. Même si la tempête emporte les dunes, le revêtement sous-jacent protégera le terrain de golf et les autres infrastructures. Les dunes sont entretenues et végétalisées en continu. |

4.5 Revêtement en pierre de carapace le long de la route en remblai de Cow Bay, Cole Harbour (N.-É.)



Figure 3.36 Tempête sur la route en remblai de Cow Bay en 2010

| | |
|----------------------------------|---|
| Mesure d'intervention | Revêtement en pierre de carapace |
| Lieu | Route en remblai de Cow Bay, Cole Harbour (N.-É.) |
| Année | 2013 |
| Vagues | Hautes |
| Caractéristiques côtières | Cordon littoral de galets |
| Description du projet | La route en remblai de Cow Bay est construite le long d'une plage de galets et de blocs rocheux. Les vagues franchissaient fréquemment un brise-lames et un perré de tailles inadéquates et causaient d'importants dommages à la route, ce qui exigeait des réparations fréquentes. La municipalité régionale d'Halifax a demandé une étude des marées et ondes de tempête futures ainsi que des performances prévues du brise-lames. Le perré a conséquemment été entièrement reconstruit selon le niveau de la mer projeté et les ondes de tempête anticipées. Le nouveau revêtement a permis d'atténuer adéquatement l'action des vagues et des fortes tempêtes. |

4.6 Récifs intertidaux, Souris (Î.-P.-É.)

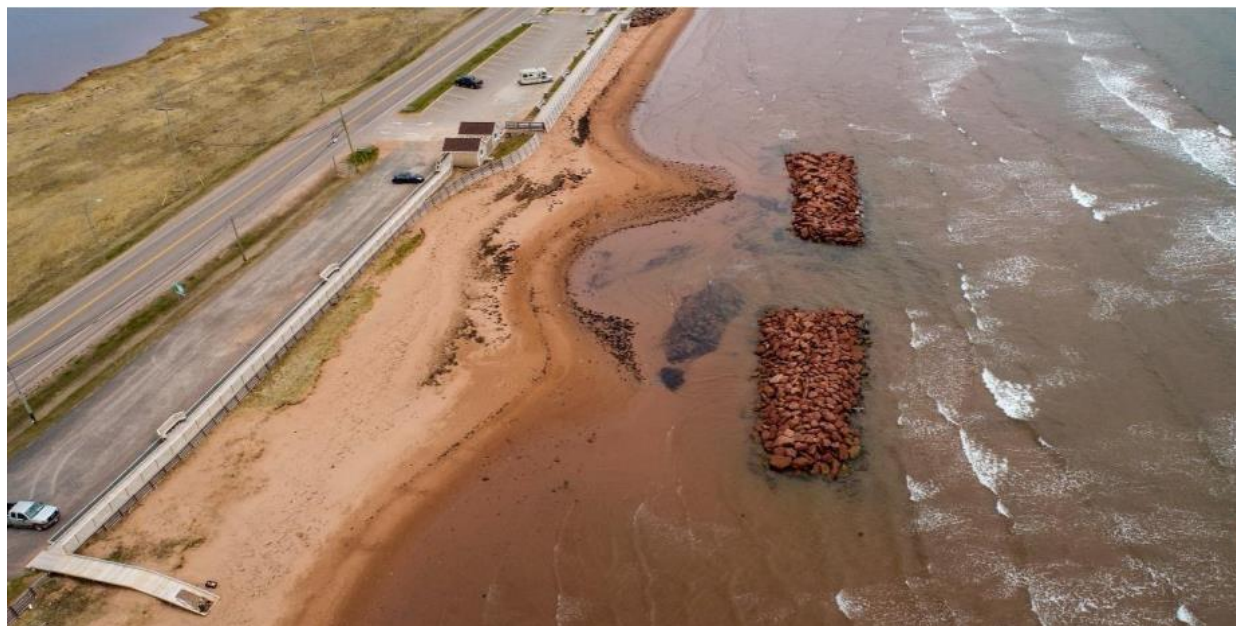


Figure 3.37 Brise-lames détachés, ou récifs intertidaux, servant à stabiliser et à protéger les plages à Souris

| | |
|----------------------------------|--|
| Mesure d'intervention | Ouvrage longitudinal, restauration des dunes, stabilisation du rivage, récifs intertidaux |
| Lieu | Souris (Î.-P.-É.) |
| Année | 2018 |
| Vagues | Moyennes |
| Caractéristiques côtières | Petites dunes, escarpements de grès |
| Description du projet | <p>La portion prince-édouardienne de la route transcanadienne subissait des dommages dus aux tempêtes et à l'érosion, que les changements climatiques devraient aggraver. La route est un lien vital pour la ville de Souris et le traversier interprovincial vers les îles de la Madeleine. Les mesures de protection suivantes ont été mises en œuvre :</p> <ul style="list-style-type: none"> • ouvrage longitudinal en bois d'œuvre avec marge de recul permettant la restauration de la plage; • restauration des dunes et stabilisation du rivage, comprenant deux récifs intertidaux. <p>Les récifs atténuent les effets des vagues de tempête sur la plage et la route et permet le dépôt de sable le long du rivage, augmentant la largeur de la plage et protégeant l'infrastructure. Des observations subséquentes ont confirmé la croissance et la végétalisation des dunes du côté terre en raison de l'augmentation de la superficie de la plage sèche³⁷.</p> |

³⁷ M. H. Davies et B. F. Thompson, Protecting the Trans-Canada Highway at Souris with Inter-Tidal Reefs, document préparé pour le congrès conjoint de l'Association des transports du Canada, Halifax (N.-É.), 2019, https://www.tac-atc.ca/sites/default/files/conf_papers/daviesm_-_protecting_the_trans-canada_highway_at_souris_with_inter-tidal_reefs_-_v1.pdf.

4.7 Restauration du marais salé de Stratford Point (États-Unis)



Figure 3.38 Installation de sphères récifales en béton le long de Stratford Point (National Audubon Society Inc., 2020)

| | |
|----------------------------------|--|
| Mesure d'intervention | Récif artificiel |
| Lieu | Long Island Sound (Connecticut, États-Unis) |
| Année | 2014 |
| Vagues | Moyennes à hautes |
| Caractéristiques côtières | Plage et dunes antérieures supprimées par l'action humaine |
| Description du projet | <p>Pendant 60 ans, l'anse nord de Stratford Point a été le site d'un champ de tir. L'avant-plage était donc polluée par la grenaille de plomb. On avait enlevé les dunes pour avoir une bonne vue et extrait les récifs d'huîtres pour construire des routes. La DuPont Corporation, l'Université Sacred Heart et la Connecticut Audubon Society se sont alliées pour nettoyer le site et installer le récif artificiel.</p> <p>Ce projet a été réalisé grâce au partenariat entre les secteurs privé, public et sans but lucratif. Soixante-cinq sphères récifales ont été installées sur 3,5 acres d'avant-plage dans l'anse nord de Stratford Point, au Connecticut. Les sphères récifales aident à contrer l'érosion et à restaurer les récifs et les marais salés de la région. On a posé quatre rangs de dix sphères, de quatre tailles différentes, et fait serpenter une gaine biodégradable longue de 20 m et remplie de coquilles de mollusques bivalves entre les deux rangs médians afin d'augmenter la stabilité et d'améliorer le milieu reproductif des huîtres.</p> <p>Depuis l'installation en 2014, les marais se sont élevés et densifiés. Deux ans à peine après l'installation, le dépôt de sable a augmenté de 30 cm à certains endroits autour du récif. La taille des herbes des marais salés a doublé³⁸. On trouve également des huîtres et des moules bleues sur le fond du récif³⁹. En 2020, le projet a reçu le prix du rivage le mieux restauré de l'American Shore and Beach Preservation Association.</p> |

³⁸ 2022 National Audubon Society, Inc., 225 Varick Street, 7e étage, New York (N.Y.), 10014, États-Unis, <https://ct.audubon.org/news/stratford-point-receives-best-restored-shore-award>.

³⁹ Westfair Business Publications (en ligne), 2021, <https://westfaironline.com/132114/shus-shoreline-project-expands-preservation-of-stratford-point-marshland/>.

4.8 Dragage et recharge de plage, North Topsail Beach (États-Unis)

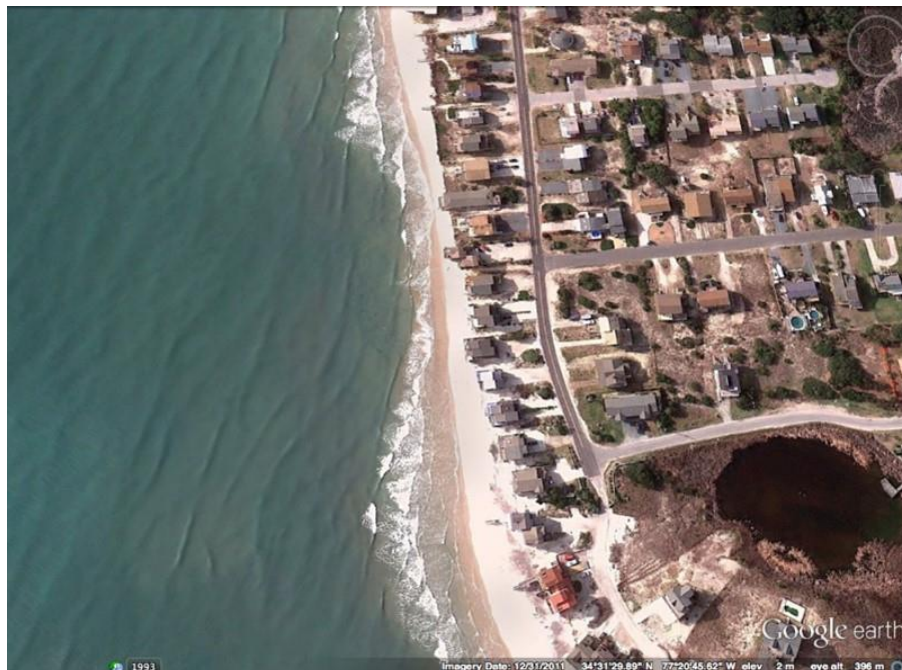


Figure 3.39 Après la recharge de la plage de Topsail (Google Earth)

| | |
|----------------------------------|--|
| Mesure d'intervention | Dragage, recharge de plage |
| Lieu | North Topsail Beach (Caroline du Nord, États-Unis) |
| Année | 2013 |
| Vagues | Hautes |
| Caractéristiques côtières | Plages aménagées |
| Description du projet | <p>North Topsail Beach, en Caroline du Nord, est située sur une longue bande de terre étroite (flèche littorale) composée principalement de sable et bordée de chaque côté par l'eau. Le front de mer est aménagé en aires récréatives et en réserves naturelles. Le projet de réalignement du chenal et de restauration des plages de New River, achevé en janvier 2013, était la première des cinq phases d'un plan visant à restaurer 18 km de littoral. Au cours de cette phase, on a dragué de 430 000 m³ de sable du chenal, en faisant passer la profondeur à 5 m et la largeur à 152 m. Le sable dragué a servi à reconstruire la plage située à l'extrême nord de Topsail Island⁴⁰.</p> <p>Les bienfaits de l'intervention vont au-delà des considérations esthétiques. En effet, le site a été fort touché par les ouragans, qui ont causé une importante érosion. En se conformant aux exigences fédérales régissant les plages modifiées artificiellement, la ville est dorénavant admissible au fonds fédéral pour la restauration des plages en cas de dommages causés par des tempêtes majeures⁴¹.</p> |

⁴⁰ JDNews, « NTB Named One of America's Best-Restored Beaches » (image), JDNews.com (en ligne), Jacksonville (N.C.), publié le 19 mai 2014 à 11 h 08.

⁴¹ C. Faulkner, « New River Inlet Channel Realignment Project » (communiqué de presse), Ville de North Topsail Beach, 7 février 2013.

4.9 Ouvrage longitudinal écologique à North Turramurra (Australie)



Figure 3.40 Ouvrage longitudinal de Bobbin Head (D. Wiecek, Office of Environment and Heritage)

| | |
|------------------------------|---|
| Mesure d'intervention | Ouvrage longitudinal |
| Lieu | North Turramurra (Nouvelle-Galles du Sud, Australie) |
| Année | 2012 |
| Vagues | Faibles |
| Description du projet | Bobbin Head, dans la baie Apple Tree, est une zone abritée située dans le parc national Ku-ring-gai Chase au nord de Sydney, en Australie. L'ouvrage longitudinal concerné met en œuvre des principes de conception d'un habitat plus naturel, notamment des pentes douces, des surfaces variées ⁴² et un mur fait de pierres locales. Un ouvrage longitudinal atténue l'érosion du rivage, mais suppose la destruction de la végétation intertidale lors de la construction ou par la suite ⁴³ . On perd alors la capacité naturelle des végétaux aquatiques à piéger les sédiments et à limiter l'érosion. La construction d'un ouvrage dur vertical intensifie souvent l'érosion au pied ou aux extrémités de la structure. Par contraste, l'ouvrage longitudinal de Bobbin Head présente des surfaces inégales en pente douce qui favorisent le dépôt de sédiments et la croissance de végétaux dans les bassins ^{44,45} . |

⁴² S. DeWeerd, « How to Build a Living Seawall », Conservation Magazine (en ligne), 9 mars 2012, <http://conservationmagazine.org/2012/03/how-to-build-a-living-seawall/>.

⁴³ M. A. Browne et M. G. Chapman, « Mitigating against the Loss of Species by Adding Artificial Intertidal Pools to Existing Seawalls », Marine Ecology Progress Series, vol. 497 (2014), p. 119-129.

⁴⁴ D. Wiecek, Environmentally Friendly Seawalls: A Guide to Improving the Environmental Value of Seawalls and Seawall-Lined Foreshores in Estuaries (en ligne), 2009, http://www.hornsby.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0017/41291/Environmentally-Friendly-Seawalls.pdf.

⁴⁵ D. Wiecek, « Management Guidelines for Improving the Environmental Value of Seawalls and Seawall-Lined Estuary Foreshores », Coastal Conference Proceedings: November 2008 (en ligne), 2008, <http://www.coastalconference.com/2008/papers2008/Wiecek,%20Danny%206C.pdf>.

4.10 Épis du parc provincial Basin Head (Î.-P.-É.)



Figure 3.41 Épi en T au parc provincial de Basin Head (Vincent Leys, CBCL Limited)

| | |
|----------------------------------|---|
| Mesure d'intervention | Épi |
| Lieu | Plage du parc provincial Basin Head (Î.-P.-É.) |
| Année | 2022 |
| Vagues | Hautes à l'extérieur et faibles à l'intérieur de l'estuaire |
| Caractéristiques côtières | Forts courants de marée, taux d'érosion élevés, fort transport de sédiments à l'intérieur du chenal |
| Description du projet | <p>Basin Head est un parc de jour très couru dans l'est de l'Île-du-Prince-Édouard. L'estuaire est relié au golfe du Saint-Laurent par une passe de marée surnommée « The Run », qui passe entre des jetées parallèles. C'est un lieu de baignade prisé qui était jusqu'à récemment assez profond pour que les baigneurs y sautent depuis les quais et le pont. Ces dernières années, la sédimentation s'est accélérée dans le cours d'eau, nécessitant de fréquents dragages. À l'été 2020, il a fallu interdire de sauter des structures pour des raisons de sécurité à la suite d'un remplissage rapide après le dernier dragage.</p> <p>Le système compte de nombreuses sources de sédiments. Les apports côtiers ont augmenté au cours de la dernière décennie en raison de la perte de la couverture de glace et de tempêtes qui ont submergé les dunes à plusieurs reprises. Pendant cette période, la source dominante de sédiments serait l'érosion de la berge intérieure est. Les épis ont été conçus pour stabiliser la berge, dévier les courants de marée vers le centre du canal et retenir une plage « de poche ». On a construit les épis en 2022 avec du grès de l'île esthétiquement assorti et reconstruit la dune sud, ce qui a permis le réalignement du chenal loin de la berge tout en fournissant une plage pour que les baigneurs puissent sortir de l'eau en toute sécurité. Aucun dragage n'a été nécessaire l'année de l'installation. Le projet a stabilisé le régime du chenal de marée et procuré une résilience naturelle aux changements climatiques à cette destination touristique prisée de l'Île-du-Prince-Édouard.</p> |

4.11 Déplacement de la station de traitement des eaux usées de North Rustico (Î.-P.-É.)



Figure 3.42
Inondation à
North Rustico en
décembre 2010
(Don Jardine,
Université de l'Île-
du-Prince-Édouard)

| | |
|----------------------------------|--|
| Lieu | North Rustico (Î.-P.-É.) |
| Année | 2014 |
| Vagues | Moyennes |
| Caractéristiques côtières | Petites dunes, escarpements de grès |
| Description du projet | <p>North Rustico est une collectivité de la côte nord de l'Île-du-Prince-Édouard. En décembre 2010, une forte onde de tempête a frappé à marée haute, causant la plus grosse inondation jamais enregistrée par la collectivité. La station d'épuration des eaux usées a alors subi des dommages, laissant échapper des contaminants dans le port. La collectivité a mis à jour ses cartes d'inondation et identifié les infrastructures à risque d'inondation devant être déplacées.</p> <p>Le processus de relocalisation de la station d'épuration a commencé en 2011. Le nouveau site est une ancienne décharge appartenant à la collectivité, située sur un terrain élevé à un kilomètre de la ville. La construction de la nouvelle station a commencé en 2013 et s'est terminée en 2014. On a enlevé l'ancienne station du site côtier, où on a construit, un mètre plus haut, une nouvelle station de pompage équipée d'une génératrice sur place afin d'atténuer les problèmes d'inondations futurs. Les trois paliers de gouvernement ont contribué au financement du projet. La ville a reçu le prix Excellence en gestion de l'eau décerné par le Conseil de la fédération pour ce projet de relocalisation réussi.</p> |

4.12 Large digue verte autour de l'estuaire de l'Ems-Dollard (Pays-Bas)

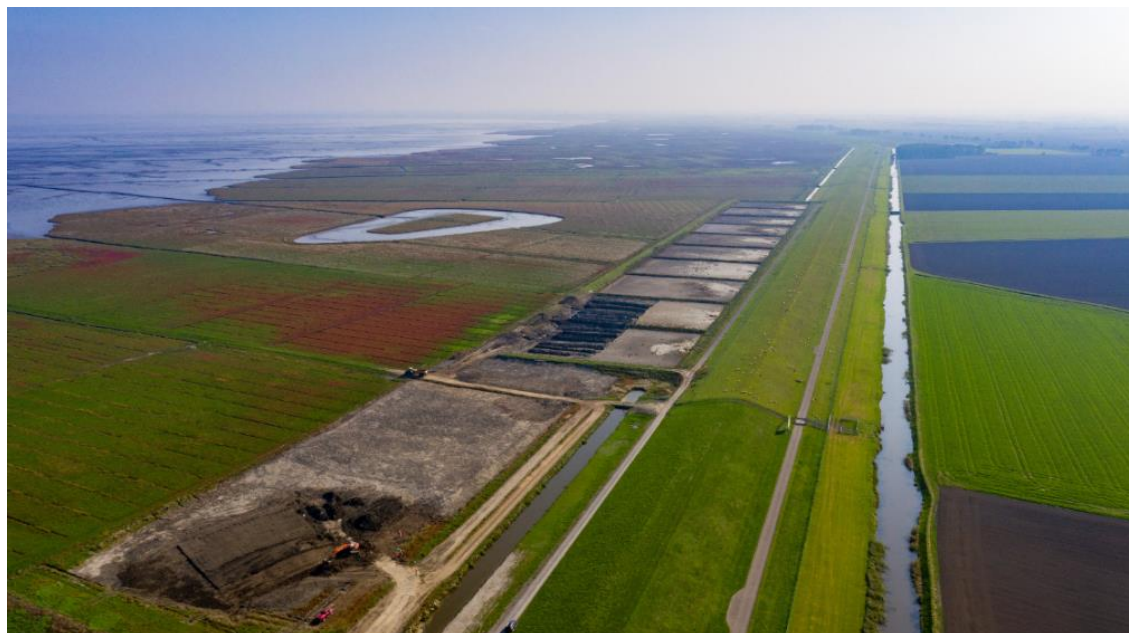


Figure 3.43 Vue aérienne de la digue de l'Ems-Dollard et des argilières (autorité régionale des eaux de Hunze en Aa's)⁴⁶

| | |
|------------------------------|---|
| Mesure d'intervention | Digue |
| Lieu | Estuaire de l'Ems-Dollard, en mer du Nord (Pays-Bas) |
| Année | 2018 |
| Vagues | Moyennes |
| Description du projet | <p>La zone entourant l'estuaire de l'Ems, aux Pays-Bas, a été reprise à la mer il y a des siècles, mais avec l'élévation du niveau de la mer et l'érosion, il a fallu moderniser le système de digues. De larges digues vertes ont été nouvellement construites dans le cadre du programme Delta du gouvernement pour la région des Wadden, en partenariat avec le programme d'innovation entrepreneuriale du département national des eaux et des travaux publics (Rijkswaterstaat), le programme « vers une mer des Wadden riche » et le ministère des régions rurales.</p> <p>Un récent projet pilote étudie la possibilité de renforcer les digues avec l'excès de sédiments de la baie du Dollard. La fameuse « large digue verte » est une large digue à pente progressive qui se fond dans le marais salé, sans revêtement d'asphalte côté mer. De plus, la digue sera renforcée au fil du temps par les sédiments excédentaires du Dollard.</p> <p>Exempte de revêtement d'asphalte, de béton et de pierre, une large digue verte coûte moins cher qu'une digue en dur. Sa base plus large, combinée au marais, réduit l'infiltration d'eau et le besoin de canalisation, deux facteurs d'instabilité⁴⁷.</p> |

⁴⁶ R. Marijnissen, P. Esselink, M. Kok, C. Kroeze et J. M. van Loon-Steensma, « How Natural Processes Contribute to Flood Protection – A Sustainable Adaptation Scheme for a Wide Green Dyke », *Science of the Total Environment* (en ligne), 2020, vol. 739, article no 139698, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139698>.

⁴⁷ R. Marijnissen, M. Kok, C. Kroeze et J. van Loon-Steensma, « The Sensitivity of a Dyke-Marsh System to Sea-Level Rise—A Model-Based Exploration », *Journal of Marine Science and Engineering* (en ligne), 2020, vol. 8, no 1, article no 42, <https://doi.org/10.3390/jmse8010042>.

4.13 Aboiteau de la rivière La Planche, baie de Fundy, Amherst (N.-É.)



Figure 3.44 Aboiteau de la rivière La Planche quasi achevé, août 2015 (Suvir Pursnani, CBCL Limited)

| | |
|----------------------------------|--|
| Lieu | Amherst (N.-É.) |
| Année | 2017 |
| Vagues | Faibles |
| Caractéristiques côtières | Extrême amplitude des marées |
| Description du projet | <p>Un aboiteau est une porte hydraulique à sens unique dans une digue côtière. Il bloque le passage de l'eau de mer à marée haute et laisse la rivière s'écouler à travers la digue à marée basse, protégeant ainsi les terres agricoles. En raison de l'élévation du niveau de la mer et de la possibilité d'inondations plus importantes, il fallait remplacer l'ancien aboiteau de la rivière La Planche, à Amherst, en Nouvelle-Écosse. Lors de la conception technique de la nouvelle infrastructure, l'accent a été mis sur l'amélioration de la résilience aux changements climatiques et à l'élévation du niveau de la mer et l'atténuation de la sédimentation et des effets des inondations.</p> <p>On a déplacé l'aboiteau en aval de la rivière afin de réduire la longueur de digue à entretenir et conçu un ouvrage plus haut pour pallier l'élévation du niveau de la mer. On a prévu les niveaux d'eau extrêmes selon les projections des ondes de tempête, de la hauteur des marées et de l'élévation du niveau de la mer. Après une analyse coût/bénéfice, on a choisi la hauteur de l'infrastructure en fonction du niveau prévu d'une onde de tempête se produisant tous les 100 ans en 2055 (près niveau du niveau d'une onde de tempête se produisant tous les 10 ans en 2085). Une marge supplémentaire a été ajoutée de façon à tenir compte du tassement après la construction. La structure est dotée d'une flexibilité inhérente. On pourra relever la crête au besoin en augmentant la pente d'une section d'un versant ou en rétrécissant facultativement la crête.</p> |

4.14 Protection anti-inondations obligatoire des infrastructures des villes de l'État du Maine (États-Unis)



Figure 3.45 Exemple de mur d'endiguement ou barrière amovible dans le Maine⁴⁸

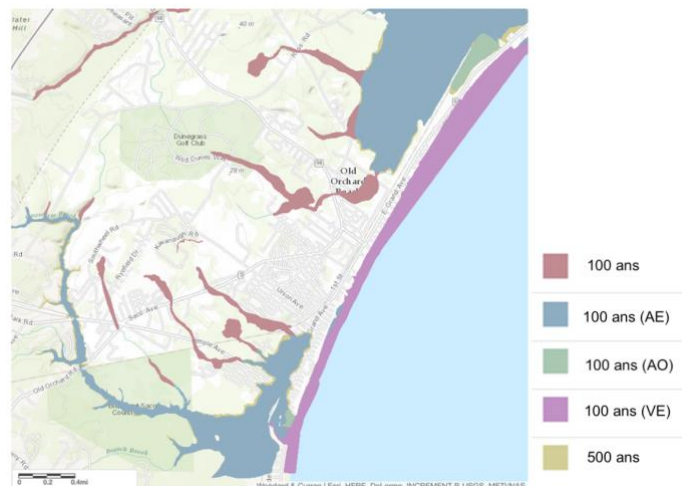


Figure 3.46 Zones d'inondation centennale élargies proposées pour la ville d'Old Orchard Beach (zones Special Flood Hazard Areas [SFSA] de la FEMA)⁴⁹

| | |
|----------------------------------|---|
| Lieu | Maine (États-Unis) |
| Vagues | Moyennes à hautes |
| Caractéristiques côtières | Marées extrêmes |
| Description du projet | <p>Le trait de côte des villes de York et d'Old Orchard Beach se caractérise par des plages de sable pouvant atteindre 1,6 km de long et se terminant par des promontoires. Les villages historiques, notamment de York Beach et d'Old Orchard Beach, sont situés en zone vulnérable. Des inondations importantes ont eu lieu lors des tempêtes du Patriot's Day en 2007 et de la fête des Mères en 2008. Une dizaine de propriétés sont inondées à répétition rien qu'à York Beach.</p> <p>L'État du Maine exige un minimum d'un pied de hauteur libre au-dessus du niveau d'inondation prévu. L'ordonnance (arrêté) en matière de gestion des plaines inondables de la ville d'Old Orchard Beach⁵⁰ définit la hauteur libre comme « un facteur de sécurité habituellement exprimé en pieds au-dessus d'un niveau d'inondation aux fins de gestion des plaines inondables ». La</p> |

⁴⁸ Flood Control America, Example of Removable Floodwall (image), s.d., <http://floodcontrolam.com/flood-wall-applications/flood-proofing/>.

⁴⁹ Woodard & Curran et Esri, FEMA Floodplains in Old Orchard Beach, Maine (image), 2015, <https://eis.woodardcurran.com/Html5Viewer/Index3.html?configBase=https://eis.woodardcurran.com/Geocortex/Essentials/REST/sites/OOB/viewers/viewer/virtualdirectory/Resources/Config/Default>.

⁵⁰ Town of Old Orchard Beach, Code of Ordinances Town of Old Orchard Beach, Maine, Chapter 70 Floods, Article II Flood Plain Ordinance Management, Section 70-32 Development Standards (en ligne), 2006, https://www.municode.com/library/me/old_orchard_beach/codes/code_of_ordinances?nodet=PTIICOOR_CH70FLARTIIFLMAOR, consulté le 22 décembre 2015.

| | |
|--|---|
| | <p>hauteur libre tend à compenser les nombreux facteurs inconnus (action des vagues, ouvertures de pont, effet de l'urbanisation sur le bassin versant...) qui entraînent un dépassement de la hauteur calculée pour une inondation d'importance donnée dans des conditions particulières d'évacuation des eaux⁵¹. En pratique, cela signifie que le rez-de-chaussée des bâtiments est plus haut que les niveaux d'inondation prévus.</p> <p>Les constructions doivent se conformer à ces exigences. La ville d'Old Orchard Beach exige une hauteur libre minimale de 30 centimètres pour les constructions en zone inondable désignée⁵². La ville de York va plus loin et exige une hauteur libre de 60 centimètres. L'ordonnance s'applique à toute nouvelle construction ou rénovation substantielle à une résidence. Les structures résidentielles et non résidentielles doivent respecter une hauteur libre de 60 centimètres ou être l'épreuve des inondations jusqu'à 60 centimètres au-dessus du niveau de crue centennale. Un permis est nécessaire pour garantir la conformité aux normes de protection contre les inondations des structures non résidentielles.</p> <p>Les propriétaires peuvent également ajouter des mesures de protection contre les inondations à sec, par exemple une barrière temporaire qui s'installe avant l'inondation et s'enlève après.</p> <p>La Federal Emergency Management Agency (FEMA) des États-Unis a récemment mis à jour ses cartes des zones inondables et les villes devront ajuster leur réglementation en conséquence. Ce processus et ses résultats ont suscité la controverse. Les zones d'inondation cartographiées se sont étendues dans nombre de cas et rejoignent donc plus de propriétés, ce qui se répercute sur la valeur et les assurances de ces propriétés⁵³. La zone régie par l'arrêté en matière de gestion des inondations s'est également étendue.</p> |
|--|---|

⁵¹ Town of Old Orchard Beach, Code of Ordinances Town of Old Orchard Beach, Maine, Chapter 70 Floods, Article II Flood Plain Ordinance Management, Section 70-27 Definitions (en ligne), 2006, https://www.municode.com/library/me/old_orchard_beach/codes/code_of_ordinances?nodeld=PTIICOOR_CH70FLARTIIFLMAOR, consulté le 22 décembre 2015.

⁵² Town of York, Flood Management Ordinance (en ligne), 18 mai 2002, modifié en dernier lieu le 19 mai 2012, <http://www.yorkmaine.org/LinkClick.aspx?fileticket=M0DrPVGfzRA%3D&tabid=181>.

⁵³ « Old Orchard Beach » (image), Portland Press Herald (en ligne), 2014, http://www.pressherald.com/2014/01/20/communities_questioning_the_fairness_of_flood_maps/.



4.15 Protection contre les inondations par voie humide à Sea Bright (États-Unis)



Figure 3.47 Exemple de déversoir d'inondation. (Smart Vent Products Inc.)



Figure 3.48 L'impact sur ces habitations protégées contre les inondations est minime malgré les impacts majeurs sur les infrastructures du littoral de Sea Bright, comme l'illustre le voilier échoué.

| | |
|----------------------------------|--|
| Lieu | Sea Bright (New Jersey, États-Unis) |
| Année | 2012 |
| Vagues | Moyennes à hautes |
| Caractéristiques côtières | Développement, plages de sable |
| Description du projet | <p>Sea Bright, dans le New Jersey, procède à de multiples modifications structurales aux bâtiments existants pour adapter la ville aux inondations, dont la surélévation des bâtiments et la protection contre les inondations à sec et par voie humide. À court terme, la ville cherche à aider les propriétaires à obtenir les fonds et permis nécessaires pour rénover leurs maisons. Elle réévalue cependant ses codes du bâtiment et ses règlements concernant l'aménagement du territoire afin de s'assurer que toute nouvelle construction résidentielle résiste aux tempêtes centennales et subit au plus des dommages minimes. Diverses normes de conception sont en cours d'adoption :</p> <ul style="list-style-type: none"> • intégration de déversoirs d'inondation (image ci-dessus) et de murs brisables (qui ne fournissent pas de support structural au bâtiment) aux enceintes au niveau du sol; • pilotis ou renforts de fondations augmentant la résistance structurale au vent et aux vagues; • matériaux de construction résistants à l'humidité, comme des panneaux en béton composite plutôt que des cloisons sèches; • normes d'aménagement des zones inondables au niveau du sol préservant l'intégrité du paysage urbain. |

4.16 Village flottant de Canoe Pass, Ladner (C.-B.)



Figure 3.49 Vue aérienne du village flottant de Canoe Pass (Google Earth)⁵⁴

| | |
|------------------------------|---|
| Mesure d'intervention | Bâtiment flottant |
| Lieu | Ladner (C.-B.) Estuaire du fleuve Fraser, détroit de Georgia |
| Vagues | Faibles |
| Description du projet | <p>La collectivité de Canoe Pass est située près de l'embouchure du bras sud du fleuve Fraser, en Colombie-Britannique. Les terres environnantes sont constituées de marais salés et de terres agricoles endiguées. La base de chaque maison y est insubmersible en toutes conditions. Les maisons flottantes sont construites d'une pièce sur la terre ferme et conçues pour résister au levage et à la mise à l'eau. Leurs lourdes fondations à bas centre de gravité permettent une flottaison sûre et stable et elles sont conçues pour durer plus longtemps que les structures sus-jacentes.</p> <p>Il s'agit du premier « village flottant » attesté au Canada. On y exige un bail de lot d'eau enregistré et renouvelé au bureau des titres foncier (Land Title Office) tous les 20 ans (1995–2015). Le bail de lot d'eau est continuellement renouvelable, car l'avant-plage appartient à la collectivité. Le développement s'astreint à de strictes normes d'entretien et de maintenance. Les imprévus sont couverts par un fonds de réserve s'accumulant perpétuellement.</p> |

⁵⁴ « Image du village flottant de Canoe Pass en Colombie-Britannique » (image), Google Earth (en ligne), 2014, <https://www.google.com/earth/>.

4.17 Jardin pluvial (zone de biofiltration) à Debert (N.-É.)



Figure 3.50 Installation d'une zone de bio-infiltration au parc industriel de Debert (Tracey MacKenzie, 2015)

| | |
|------------------------------|--|
| Mesure d'intervention | Gestion des eaux pluviales – jardin pluvial/milieu humide artificiel |
| Lieu | Debert (N.-É.) |
| Description du projet | La municipalité du comté de Colchester s'est prévalué du principe de biofiltration en installant un jardin pluvial de démonstration dans un parc industriel local. En collaboration avec des experts en aménagement paysager de l'Université Dalhousie, elle a conçu cette stratégie toute simple pour intercepter les eaux de ruissellement. Le sous-sol sablonneux a un bon taux d'infiltration; on n'a donc besoin que d'un petit bassin (surface d'installation réduite). La zone de biofiltration permet une infiltration dans les 24 heures suivant le ruissellement. Un trop-plein sort près du fossé de la route ⁵⁵ . Au fil du temps, la végétation plantée dans la zone d'infiltration comblera l'espace et amplifiera l'interception. Le ruissellement du site finit par rejoindre un ruisseau voisin qui se jette dans la baie de Cobequid (du bassin des Mines), à environ six kilomètres du site. |

⁵⁵ MacKenzie, T. Personal communication. December 15, 2015.

Chapitre 5 : Glossaire

Bathymétrie : Carte du fond de l'océan ou de la mer, construite à partir de mesures de profondeur.

Aval : Position en aval de la dérive littorale.

Avant-plage : Partie du rivage située entre les lasses de basse et de haute mer.

Zone intertidale : Zone de marée entre la lasse de haute mer et la lasse de basse mer.

Dérive littorale : Transport de sédiments dû à l'activité hydrodynamique (vagues et courants) le long de la côte.

Large : Zone située à une certaine distance de la côte.

Marais salé : Écosystème côtier situé dans la zone de marée, peuplé de plantes halotolérantes résistant à l'inondation périodique des marées.

Eaux pluviales : Eaux de pluie tombées au sol.

Onde de tempête : Effet combiné du vent et de la pression réduite sur la surface de l'eau.

Climat des vagues : Direction et hauteur moyennes des vagues en un lieu donné.

Milieu humide : Écosystème constamment ou périodiquement inondé.

Chapitre 6 : Lectures complémentaires

Un certain nombre de documents ont servi à la rédaction de ce guide. Ces rapports peuvent intéresser les collectivités qui souhaitent en savoir plus sur l'élaboration des stratégies d'adaptation dans d'autres régions :

- VOUK, I., V. PILECHI, M. PROVAN et E. MURPHY. 2021. *Nature-Based Solutions for Coastal and Riverine Flood and Erosion Risk Management* (en ligne), Toronto (Ont.), Association canadienne de normalisation. Sur Internet : <https://www.csagroup.org/article/research/nature-based-solutions-for-coastal-and-riverine-flood-and-erosion-risk-management/>
- BRIDGES, T. S., J. K. KING, J. D. SIMM, M. W. BECK, G. COLLINS, Q. LODDER et R. K. MOHAN, dir. 2021. *International Guidelines on Natural and Nature-Based Features for Flood Risk Management* (en ligne), Vicksburg (Miss.), U.S. Army Engineer Research and Development Center. Sur Internet : https://ewn.ercd.dren.mil/?page_id=4351
- COULBOURNE, W., D. L. KRIEBEL, R. L. BEHM et K. K. MCKENNA. 2021. *Guide for Design of Flood-Resistant Buildings* (en ligne), s.l., Conseil national de recherches du Canada, « NRC Contract No. 930582 ». Sur Internet : <https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/ft/?id=96b3275c-b731-4fa6-847e-e2a9a0f080d8>
- BEHM, R. L., W. L. COULBOURNE, D. L. KRIEBEL et K. K. MCKENNA. 2021. *Guidelines for Improving Flood-Resistance for Existing Buildings* (en ligne), s.l., Conseil national de recherches du Canada, « NRC Contract No. 930582 ». Sur Internet : <https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/ft/?id=c3b54b84-2a25-4e7e-ba3e-01c80378f086>
- ARLINGTON GROUP. 2013. *Sea Level Rise Adaptation Primer: A Toolkit to Build Adaptive Capacity on Canada's South Coasts* (en ligne), rapport préparé pour le ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, 150 p. Sur Internet : <https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environment/climate-change/adaptation/resources/slr-primer.pdf>

Autres références

- CHOY, D. L., S. SERRAO-NEUMANN, F. CRICK, G. SCHUCH, M. SANÒ, R. VAN STADEN, O. SAHIN, B. HARMAN et S. BAUM. 2012. *Adaptation Options for Human Settlements in South East Queensland. Main report*, Brisbane (Australie), SEQ CARI.
- COHN, J. L., S. COPP FRANZ, R. H. MANDEL, C. C. NACK, A. S. BRAINARD, A. EALLONARDO et V. MAGAR. 2022. « Strategies to Work towards Long-Term Sustainability and Resiliency of Nature-Based Solutions in Coastal Environments: A Review and Case Studies », *Integrated Environmental Assessment and Management*, vol. 18, n° 1, p. 123-134.
- *Countries in Transition (CIT): Coastal Erosion Mitigation Guidelines*. 2014. s.l., Association pour les infrastructures maritimes et fluviales.
- EYQUEM, J. L. 2021. *Mers montantes et sables mouvants: allier les infrastructures naturelles et grises pour protéger les collectivités des côtes est et ouest du Canada* (en ligne), Waterloo (Ont.), Centre Intact d'adaptation au climat, Université de Waterloo. Sur Internet : https://www.centreintactadaptationclimat.ca/wp-content/uploads/2022/03/UoW_CIAC_2021_12_Protection_cotiere_gris_SfN.pdf
- HAASNOOT, M., H. KWAKKEL, W. E. WALKER et J. TER MAAT. « Dynamic Adaptive Policy Pathways: A Method for Crafting Robust Decisions for a Deeply Uncertain World », *Global Environmental Change*, vol. 23, n° 2 (2013), p. 485-498.

- WEBB, B. M., B. DIX, S. L. DOUGLASS, S. ASAM, C. CHERRY et B. BUHRING. 2019. *Nature-Based Solutions for Coastal Highway Resilience: An Implementation Guide*, Washington (D.C.), United States Federal Highway Administration, rapport n° FHWA-HEP-19-042.
- ZHU, X., M. M. LINHAM et R. J. NICHOLLS. 2010. *Les technologies pour l'adaptation au changement climatique : l'érosion et l'inondation des côtes*, Roskilde (Danemark), Centre Risoe du PNUE sur le climat, l'énergie et le développement durable.
- *StormSmart Properties Comparison Chart – Relative Costs of Shoreline Stabilization Options*. 2014. État du Massachusetts.



Annexe : Tableaux récapitulatifs

Les tableaux qui suivent synthétisent les différentes considérations vues aux chapitres 2 et 3. Le tableau A.1 présente les différentes mesures d'intervention et leur application selon le type de littoral ou le système côtier (voir également la partie 1 – *Guide de sélection des moyens d'adaptation*).

Les tableaux suivants peuvent servir à faire une première sélection avant de consulter la description des mesures envisagées au chapitre 3.

Le tableau A.2 met en relation les mesures d'intervention et les caractéristiques d'un site, notamment la hauteur des vagues, l'exposition aux vagues, l'apport nécessaire en sédiments et la pente du rivage.

Le tableau A.3 résume les caractéristiques fonctionnelles des mesures d'intervention (position dans la zone côtière, type ou degré de protection offert, impacts et durabilité à long terme).

Le tableau A.4 présente les compétences et autorités réglementaires correspondantes pour chaque province du Canada atlantique, tandis que le tableau A.5 donne le niveau d'approbation réglementaire habituellement exigé pour les différentes options d'intervention.

La fourchette des coûts et les exigences d'entretien estimé des différentes mesures d'intervention ont été déterminées à partir de l'expertise d'ingénieurs de divers ordres de gouvernement, de l'expérience locale et de sources documentaires. Ces données sont résumées au tableau A.6.

Tableau A.1 Mesures d'intervention et application selon le type de côte

| Type prédominant et application | | Estuaire | Marais salé | Système sableux | Plage de galets | Falaise/escarpement | Rivage rocheux | Côte construite | Marais endigués existants |
|---|---|----------|-------------|-----------------|-----------------|---------------------|----------------|-----------------|---------------------------|
| Région côtière | | | | | | | | | |
| Côte atlantique – N.-É., T.-N.-L. | | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | |
| Baie de Fundy – N.-É., N.-B. | | √ | √ | | √ | √ | √ | √ | √ |
| Golfe du Saint-Laurent et détroit de Northumberland – N.-É., Î.-P.-É. | | √ | √ | √ | | √ | | √ | |
| Mesure d'intervention | | | | | | | | | |
| P – Protection, A – Aménagement adaptatif, R – Retrait | | | | | | | | | |
| P, A | Littoral vivant/milieu humide | √ | √ | √ | √ | √ | | | |
| P, A | Stabilisation à l'aide de plantes | √ | √ | √ | | √ | | | √ |
| P, A | Restauration des dunes | | | √ | | | | | |
| P, A | Recharge des plages | | | √ | √ | √ | | | |
| P, A | Plage perchée | √ | √ | √ | √ | √ | | | |
| P, A | Récif artificiel | √ | √ | √ | √ | √ | | | |
| P | Revêtement | √ | | √ | √ | √ | | √ | √ |
| P | Revêtement enfoui | | | √ | √ | | | | |
| P | Perré | √ | √ | | | √ | | √ | √ |
| P | Épi | | | √ | | | | | |
| P | Brise-lames attaché | | √ | √ | √ | | | √ | |
| P | Brise-lames détaché | | √ | √ | √ | √ | | √ | |
| P | Mur de soutènement | √ | √ | | | √ | | √ | |
| P | Ouvrage longitudinal | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | |
| P | Digue | √ | √ | √ | √ | | √ | | √ |
| P | Protection contre l'affouillement | √ | √ | √ | √ | √ | | √ | √ |
| P | Coupe-marées/aboteau | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| A | Dragage | √ | | √ | | | | | √ |
| P | Protection contre les inondations à sec | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| A | Protection contre les inondations par voie humide | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| A | Infrastructure surélevée | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| A | Bâtiment flottant | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| A | Améliorer la gestion des eaux pluviales | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| Retrait planifié | Déplacement de l'infrastructure | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ |

Remarque : Il convient de prévoir les outils de planification en même temps que les mesures techniques, voire avant.

Tableau A.2 Mesures d'intervention et leur application selon l'exposition aux vagues

| P – Protection A – Aménagement adaptatif R – Retrait | | CONDITIONS D'APPLICATION IDÉALES | | | | |
|--|---|----------------------------------|---|---------------------------------|---------------------------|--|
| | | Climat des vagues | | Apport de sédiments nécessaire? | | Pente maximale recommandée (en degrés) |
| | | Exposition aux vagues* | Angle des crêtes de vagues avec le rivage | Apport initial | Approvisionnement naturel | |
| P, A | Littoral vivant/milieu humide | Minimale | | Oui | | 10 |
| P, A | Stabilisation à l'aide de plantes | Minimale | | | | 60 |
| P, A | Restauration des dunes | Maximale | | Oui | Oui | 20 |
| P, A | Recharge des plages | Modérée | | Oui | Oui | |
| P, A | Plage perchée | Modérée | Parallèle | Oui | Oui | |
| P, A | Récif artificiel | Modérée | | | | |
| P | Revêtement artificiel | Maximale | | | | 35 |
| P | Revêtement enfoui | Maximale | | Oui | Oui | 35 |
| P | Perré | Minimale | | | | 40 |
| P | Épi | Maximale | Oblique | Oui | | |
| P | Brise-lames attaché | Maximale | Oblique | | | |
| P | Brise-lames détaché | Maximale | | Oui | | |
| P | Mur de soutènement | Minimale | | | | 90 |
| P | Ouvrage longitudinal | Maximale | | Oui | | 90 |
| P | Digue | Maximale | | | | 25 |
| P | Protection contre l'affouillement | Minimale | | | | |
| P | Coupe-marées/aboteau | Modérée | | | | |
| A | Dragage | Minimale | | | Non, à éviter | |
| P | Protection contre les inondations à sec | Minimale | | | | |
| A | Protection contre les inondations par voie humide | Minimale | | | | |
| A | Infrastructure surélevée | Minimale | | | | |
| A | Bâtiment flottant | Minimale | | | | |
| A | Améliorer la gestion des eaux pluviales | S.O. | | | | |
| Retrait planifié | Déplacement de l'infrastructure | Maximale | | | | |

| Exposition aux vagues | Hauteur significative des vagues | Longueur de l'étendue d'eau libre soumise à un vent soutenu |
|-----------------------|----------------------------------|---|
| Minimale | < 1 m | < 5 km |
| Modérée | 1 à 3 m | 5 à 50 km |
| Maximale | 3 m + | 50 km + |

Tableau A.3 Caractéristiques fonctionnelles des mesures d'intervention

| | | Position type sur le profil côtier (zone sublittorale [ZS], avant-plage [Av], arrière-plage [Arr]) | Protection | | Incidence possible | | | Viabilité potentielle à long terme | |
|------------------|---|--|---|---|----------------------------|---------------------|-------------------------|--|---|
| | | | Protection de la côte au-dessus de la marée haute | Préservation des plages et des zones de marée | Érosion de la face en aval | Aspects esthétiques | Sécurité de la baignade | Préservation de la dynamique et de la morphologie côtières | Préservation de l'habitat et de la biodiversité |
| P, A | Littoral vivant/milieu humide | Av, Arr | - | ✓ | - | ✓ | - | ✓ | ✓ |
| P, A | Stabilisation à l'aide de plantes | Arr | ✓ | ✓ | - | ✓ | - | - | ✓ |
| P, A | Restauration des dunes | Arr | ✓ | ✓ | - | ✓ | - | X | ✓ |
| P, A | Recharge des plages | Arr | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | - | X | - |
| P, A | Plage perchée | ZS | - | ✓ | ✓ | ✓ | X | X | - |
| P, A | Récif artificiel | ZS | ✓ | ✓ | - | ✓ | X | X | ✓ |
| P | Revêtement artificiel | Av, Arr | ✓ | X | X | X | - | X | - |
| P | Revêtement enfoui | Arr | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | - | X | - |
| P | Perré | Av, Arr | ✓ | X | X | X | - | X | - |
| P | Épi | ZS | ✓ | ✓ | X | X | X | X | - |
| P | Brise-lames attaché | ZS | ✓ | ✓ | - | X | X | X | - |
| P | Brise-lames détaché | ZS | ✓ | ✓ | X | X | X | X | - |
| P | Mur de soutènement | Arr | ✓ | - | - | X | - | X | - |
| P | Ouvrage longitudinal | Arr | ✓ | X | X | X | - | X | - |
| P | Digue | Av | - | - | - | X | - | X | X |
| P | Protection contre l'affouillement | Av | ✓ | X | X | X | - | X | - |
| P | Coupe-marées/aboiteau | Av | ✓ | - | - | - | - | X | X |
| A | Dragage | Av | - | X | X | X | - | X | X |
| P | Protection contre les inondations à sec | Arr | - | - | - | - | - | - | - |
| A | Protection contre les inondations par voie humide | Arr | - | - | - | - | - | - | - |
| A | Infrastructure surélevée | Arr | - | - | - | - | - | - | - |
| A | Bâtiment flottant | ZS, Av | - | - | - | - | - | - | - |
| A | Améliorer la gestion des eaux pluviales | Arr | - | - | - | - | - | - | - |
| Retrait planifié | Déplacement de l'infrastructure | Arr | - | - | - | - | - | ✓ | ✓ |
| Légende : | | ✓ | Bonne protection | | Grande valeur récréative | | | Renforce la durabilité | |
| | | - | Neutre | | Neutre | | | Neutre | |
| | | X | Cause de l'érosion | | Impact négatif | | | Non durable | |

Tableau A.4 Autorités réglementaires générales des provinces de l'Atlantique

| Compétence gouvernementale | Province | Autorité réglementaire |
|-----------------------------------|-------------------------|--|
| Protection de l'environnement | Nouveau-Brunswick | Ministère de l'Environnement et des Gouvernements locaux (MEGL du N.-B.) |
| | Nouvelle-Écosse | Ministère de l'Environnement et des Changements climatiques (MECC de la N.-É.) |
| | Île-du-Prince-Édouard | Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de l'Action climatique (MEEAC de l'Î.-P.-É.) |
| | Terre-Neuve-et-Labrador | Ministère de l'Environnement et des Changements climatiques (MECC de T.-N.-L.) |
| Utilisation des terres | Nouveau-Brunswick | Municipalité, MEGL du N.-B. |
| | Nouvelle-Écosse | Municipalité, ministère des Affaires municipales et du Logement (MAML de la N.-É.) |
| | Île-du-Prince-Édouard | Municipalité, ministère de l'Agriculture et des Terres (MAT de l'Î.-P.-É.) |
| | Terre-Neuve-et-Labrador | Municipalité, ministère des Affaires municipales et provinciales (MAMP de T.-N.-L.) |
| Parcs et zones de gestion | Nouveau-Brunswick | Ministère des Ressources naturelles et du Développement de l'Énergie (MRNDE du N.-B.) Ministère du Tourisme, du Patrimoine et de la Culture (MPTC du N.-B.) |
| | Nouvelle-Écosse | Ministère des Ressources naturelles et des Énergies renouvelables (MRNER de la N.-É.) |
| | Île-du-Prince-Édouard | Ministère de la Croissance économique, du Tourisme et de la Culture (MCETC de l'Î.-P.-É.), MEEAC de l'Î.-P.-É. |
| | Terre-Neuve-et-Labrador | MECC de la N.-É. |
| Terres de la Couronne provinciale | Nouveau-Brunswick | MRNDE du N.-B. |
| | Nouvelle-Écosse | MRNER de la N.-É. |
| | Île-du-Prince-Édouard | MEEAC de l'Î.-P.-É. |
| | Terre-Neuve-et-Labrador | MAMP de T.-N.-L. |
| Plages | Nouveau-Brunswick | MRNDE du N.-B. Remarque : la portion humide de la plage ou la plage située entre la marée basse et la laisse de haute mer (marée haute) est considérée comme une « terre submergée de la Couronne » et elle est sous la compétence du MRNDE du N.-B. La portion sèche de la plage, située au-dessus de la laisse de haute mer (marée haute) appartient aux propriétaires privés. |
| | Nouvelle-Écosse | MRNER de la N.-É. |
| | Île-du-Prince-Édouard | MAT et MEEAC de l'Î.-P.-É. |
| | Terre-Neuve-et-Labrador | MECC de la N.-É. |
| Aquaculture | Nouveau-Brunswick | Ministère de l'Agriculture, de l'Aquaculture et des Pêches (MAAP du N.-B.) |
| | Nouvelle-Écosse | Ministère des Pêches et de l'Aquaculture (MPA de la N.-É.) |
| | Île-du-Prince-Édouard | Ministère des Pêches et des Communautés (MPC de l'Î.-P.-É.) |
| | Terre-Neuve-et-Labrador | Ministère des Pêches, des Forêts et de l'Agriculture (MPFA de T.-N.-L.) |

Tableau A.5 Exigences réglementaires types des différentes mesures d'intervention

| P – Protection A – Aménagement adaptatif R – Retrait | | Niveau d'approbation réglementaire exigé (bas, moyen ou haut) | | | | | | |
|--|---|---|------------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| | | Gouvernements locaux | Provincial | | | | Fédéral | Cumulatif |
| | | | N.-B. | Î.-P.-É. | T.-N.-L. | N.-É. | | |
| P | Protection contre l'affouillement | Faibles | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Moyennes |
| P | Revêtement artificiel | Faibles | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Moyennes |
| P | Perré | Faibles | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Moyennes |
| P | Épi | Faibles | S.O. | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Hautes | Hautes |
| P | Brise-lames perpendiculaire au rivage | Faibles | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Hautes | Hautes |
| P | Brise-lames sublittoral | Faibles | Faibles | Faibles | Faibles | Faibles | Hautes | Hautes |
| P | Mur de soutènement | Faibles | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Moyennes |
| P, A | Récif artificiel | Faibles | Faibles | Faibles | Faibles | Faibles | Moyennes | Moyennes |
| P, A | Plage perchée (seuil) | Faibles | Faibles | Faibles | Faibles | Faibles | Moyennes | Moyennes |
| P, A | Recharge des plages | Faibles | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Moyennes |
| P, A | Stabilisation à l'aide de plantes | Faibles | Faibles | Faibles | Faibles | Faibles | Faibles | Faibles |
| P | Ouvrage longitudinal | Faibles | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Moyennes |
| P | Revêtement enfoui | Faibles | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Moyennes |
| P, A | Littoral vivant/milieu humide | Faibles | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Faibles | Moyennes |
| P, A | Construction de dunes | Faibles | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Faibles | Moyennes |
| P | Digue | Moyennes | Hautes | Hautes | Hautes | Hautes | Hautes | Hautes |
| A | Gestion des eaux pluviales - augmenter la capacité d'infiltration, de transport - augmenter la capacité de stockage | Moyennes | Faibles | Faibles | Faibles | Faibles | Faibles | Faibles |
| | | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Faibles | Moyennes |
| A | Dragage | Faibles | Moyennes | Faibles | Moyennes | Faibles | Hautes | Hautes |
| P | Coupe-marées/aboteau | Moyennes | Hautes | Hautes | Hautes | Hautes | Hautes | Hautes |
| P | Protection contre les inondations à sec | Moyennes | Faibles | Faibles | Faibles | Faibles | Faibles | Moyennes |
| A | Protection contre les inondations par voie humide | Moyennes | Faibles | Faibles | Faibles | Faibles | Faibles | Moyennes |
| A | Infrastructure surélevée | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Faibles | Moyennes |
| A | Bâtiment flottant | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Moyennes | Faibles | Moyennes |
| R | Déplacement de l'infrastructure | Hautes | Hautes | Hautes | Hautes | Hautes | Moyennes | Hautes |

Tableau A.6 Fourchette des coûts types de construction des mesures d'intervention

| P – Protection A – Aménagement adaptatif R – Retrait | | Unité | Fourchette de coûts types au Canada atlantique | | | | Intervalle d'entretien type | | |
|--|---|-------------------------------------|--|---|--|---------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------|
| | | | < 1,000 | de 1 000 à 5 000 | de 5 000 à 10 000 | > 10,000 | Court < 5 ans | Variab le | Long ≥ 20 ans |
| P, A | Littoral vivant/milieu humide | \$/m de ligne de rivage | 20 à 40/m ² | | | | | | X |
| P, A | Stabilisation à l'aide de plantes | \$/m de ligne de rivage | X | | | | X | | |
| P, A | Restauration ou stabilisation des dunes | \$/m de ligne de rivage | | X | | | | X | |
| P, A | Recharge des plages | \$/m de ligne de rivage | | Source locale de sable | Source de sable au large | | | X | |
| P, A | Plage perchée | \$/m de ligne de rivage | | | avec berme rocheuse de 1 à 2 m de haut | | | X | |
| P, A | Récif artificiel | \$/m de ligne de rivage | | Berme rocheuse de 1 à 2 m de haut | | | | X | |
| P | Revêtement artificiel | \$/m de ligne de rivage | | Pierre locale | Source de pierre éloignée | | | | X |
| P | Revêtement enfoui | \$/m de ligne de rivage | | Pierre locale | Source de pierre éloignée | | | Couve rture de sable | Noyau rocheu x |
| P | Perré | \$/m de route ou de ligne de rivage | Pierre locale, travaux habituels (p. ex., réparation de route) | Source de pierre éloignée ou projet de grande envergure | | | | X | |
| P | Épi | \$/m de ligne de rivage | | | Pierre locale | Source de pierre éloignée | | | X |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|--|--|---|-----------------|-----------------------------|-----------------------|---|---|---|
| P | Brise-lames attaché | \$/m de structure | | | | | X | | | X |
| P | Brise-lames détaché | \$/m de ligne de rivage | | | Pierre locale | Source de pierre éloignée | | | | X |
| P | Mur de soutènement | \$/m de ligne de rivage | | Panneaux stabilisés mécaniquement | Béton | | | | X | |
| P | Ouvrage longitudinal | \$/m de ligne de rivage | | 0 à 2 m de haut | 2 à 4 m de haut | > 4 m de haut | | | | X |
| P | Digue | \$/m de ligne de rivage | 0 à 2 m de haut | 2 à 5 m de haut | 5 à 8 m de haut | > 8 m de haut | | | | X |
| P | Protection contre l'affouillement | \$/m de route ou de ligne de rivage | Pierre locale, travaux habituels (p. ex., réparation de route) | Source de pierre éloignée ou projet de grande envergure | | | | | X | |
| P | Coupe-marées/aboteau | 100 k\$ à 400 k\$/m ² de section hydraulique | | | | | X | | | X |
| P | Protection contre les inondations à sec | \$/m pour une largeur de lot en front de mer de 20 à 30 m | | | | | | | X | |
| A | Protection contre les inondations par voie humide | | | | | | | X | | |
| A | Infrastructure surélevée | \$/m (largeur de route ou de lot en front de mer de 20 à 30 m) | | | | | | | X | |
| A | Bâtiment flottant | \$/m d'un lot en front de mer | | | | Largeur de lot de 20 à 30 m | Largeur de lot < 20 m | | | X |
| A | Gestion des eaux pluviales | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|---|---------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------|--|----------------------------------|--|--|---|
| A | Fossé de drainage | \$/m de fossé | X | | | | | | X |
| A | Bassin de rétention | \$/m ³ | X | | | | | | X |
| A | Jardin pluvial | \$/m ² | 20 à 40/m ² | | | | | | X |
| R | Déplacement de l'infrastructure | \$/m de ligne de rivage | | \$/m de route | | Lot en front de mer jusqu'à 30 m | | | X |
| <i>Remarque : L'acquisition des terres n'est pas comprise</i> | | | | | | | | | |