



Raymond Brow via Flickr



$$VAN = \sum_{t=1}^T \frac{avantages_t}{(1+\rho)^t} - \sum_{t=1}^T \frac{coûts_t}{(1+\rho)^t}$$

# ANALYSE COÛTS-AVANTAGES DES OPTIONS D'ADAPTATION EN ZONE CÔTIÈRE AUX ÎLES-DE-LA-MADELEINE

Rapport final  
Mars 2016



Ressources naturelles  
Canada

Natural Resources  
Canada

Canada



Québec





# **ANALYSE COÛTS-AVANTAGES DES OPTIONS D'ADAPTATION EN ZONE CÔTIÈRE AUX ÎLES-DE-LA-MADELEINE**

**PROJET :** ÉVALUATION ÉCONOMIQUE DES RÉPERCUSSIONS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET ANALYSE COÛTS-AVANTAGES DES OPTIONS D'ADAPTATION EN ZONE CÔTIÈRE AU QUÉBEC

**Directrice de projet :** Manon Circé, Ouranos

**Équipe de réalisation :**

Laurent Da Silva, Ouranos  
Guillaume Duff, Ouranos  
Ursule Boyer-Villemare, Ouranos  
Sylvie Corbeil, AECOM  
François Morneau, Ouranos  
Claude Desjarlais, Ouranos  
Travis Logan, Ouranos

**Principaux collaborateurs :**

Pascal Bernatchez, UQAR  
Steeve Dugas, UQAR  
Susan Drejza, UQAR  
Municipalité des Îles-de-la-Madeleine  
Jean-Pierre Savard, Ouranos  
Philippe Roy, Ouranos

**Révision et mise en page:** Beatriz Osorio, Ouranos, et Katherine Pineault, Ouranos

**Crédit photo page couverture :** Raymond Brow via Flickr

**Numéro de projet :** 540010-000

**Citation suggérée :** Circé, M., Da Silva, L., Duff, G., Boyer-Villemare, U., Corbeil, S., Desjarlais, C., Morneau F. (2016) Analyse coûts-avantages des options d'adaptation en zone côtière aux Îles-de-la-Madeleine. Ouranos, Montréal. 174 pages et annexes

**Mars 2016**





## REMERCIEMENTS

La présente étude a été réalisée avec le soutien du Groupe de travail sur l'économie de la Plateforme canadienne d'adaptation au changement climatique, présidée par Ressources naturelles Canada. Elle a également bénéficié de l'appui financier du Fonds vert du Gouvernement du Québec dans le cadre du Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques.

Cette étude a été rendue possible grâce à de nombreuses collaborations, dont notamment celle de Pascal Bernatchez et de son équipe du Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières (LDGIZC) de l'Université du Québec à Rimouski (UQAR) qui ont partagé avec Ouranos leur expérience et leurs connaissances approfondies des processus hydrosédimentaires et de la dynamique des vagues sur les côtes du Québec.

Nous tenons à remercier la municipalité des Îles-de-la-Madeleine pour sa collaboration et son support indéfectible, notamment Serge Bourgeois, Benoît Boudreau et Caroline Richard. L'apport précieux des nombreux partenaires locaux, dont les membres du comité local d'orientation, a permis d'avoir accès aux informations et aux données essentielles à la réalisation du projet. Nous voulons également saluer la précieuse aide de Louis Vigneau (Transports Québec) et de Guglielmo Tita.

Nous tenons également à souligner la contribution des membres des différents comités mis en place dans le cadre du projet. Leur participation a permis, entre autres, de mieux

intégrer l'ensemble des enjeux de la zone d'étude : Josée Michaud (Bureau des Changements climatiques), Nick Xenos (Ressources naturelles Canada), Jean-Pierre Revéret (UQAM), Adam Fenech (UPEI), Dominique Bérubé (UNB), Élisabeth Marceau (MPO), Graham Frank (Baird), Marcel Roussy (MAPAQ), Rénald Méthot (MAMOT), Jacinthe Girard (MDDELCC), Laurence Laperrière (MDDELCC), Jean-Denis Bouchard (MDDELCC), François Hazel (MPO), Michel Michaud (Transports Québec), Guylène Chouinard (Transports Québec), Hélène Latérière (MCC), Valérie Labrecque (MRC Kamouraska) et Paul Gingras (MRC La Mitis).

Finalement, nous remercions toutes les organisations et firmes qui ont fourni des données essentielles à cette analyse, notamment les firmes Roche et Consultants Ropars.



## RÉSUMÉ EXÉCUTIF

Peu d'études ont porté jusqu'à maintenant sur l'évaluation économique des impacts des changements climatiques et des options d'adaptation en zone côtière dans l'Est-du-Québec. Un programme de travail a ainsi été lancé par le Groupe de travail sur l'économie de la Plateforme canadienne d'adaptation au changement climatique, présidée par Ressources naturelles Canada. Ce programme vise à développer des connaissances économiques et des outils afin d'aider les décideurs des secteurs privés et publics au Canada à faire de meilleurs choix d'investissement et décisions de politique publique. Dans le cadre de ce programme, le projet de recherche *Évaluation économique des répercussions des changements climatiques et analyse coûts-avantages des options d'adaptation* visait l'étude des régions côtières du Québec et des provinces atlantiques.

Au Québec, l'étude a été réalisée par Ouranos avec comme partenaire de recherche principal le Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières (LDGIZC) de l'Université du Québec à Rimouski (UQAR), qui a développé un imposant bagage de connaissances en matière d'érosion et de submersion sur les côtes du Québec. Les objectifs de l'étude étaient d'évaluer les impacts économiques de l'érosion sur les régions maritimes du Québec dans un contexte de changement climatique et d'analyser les coûts et les avantages de différentes options d'adaptation à l'érosion et à la submersion côtières.

Dans le cadre de la présente étude, cinq sites ont fait l'objet d'analyses coûts-avantages (ACA) : il s'agit des Îles-de-la-Madeleine, de Maria, de Carleton-sur-Mer, de Percé et de Kamouraska. Le présent rapport s'intéresse au littoral des Îles-de-la-Madeleine situé au milieu du golfe du Saint-Laurent.

Le littoral des Îles-de-la-Madeleine subit déjà d'importants impacts liés aux changements climatiques, lesquels se traduisent par la montée du niveau marin, l'adoucissement hivernal et la perte du couvert de glace dans le golfe du Saint-Laurent, ainsi que la modification du régime des tempêtes. La modification de ces paramètres hydro-climatiques vient accélérer et amplifier les aléas côtiers d'érosion et de submersion menaçant plusieurs infrastructures se trouvant en bord de mer, dont des bâtiments résidentiels et commerciaux, mais également des installations et des sites touristiques d'importance pour la vitalité économique et le dynamisme touristique des Îles-de-la-Madeleine.

### **Approche méthodologique**

Cette étude vise à déterminer, à l'aide de l'analyse coûts-avantages, les options d'adaptation les plus avantageuses pour protéger la zone côtière des Îles-de-la-Madeleine des impacts de l'érosion et de la submersion qui s'intensifient à cause des changements climatiques. L'étude s'appuie sur des projections d'érosion future fournies par le LDGIZC de l'UQAR, de même que sur des projections de niveaux d'eau extrêmes développées conjointement par Ouranos et le LDGIZC.

L'analyse coûts-avantages consiste à comparer d'un point de vue économique l'ensemble des avantages et des coûts de différentes options d'adaptation techniquement réalisables. L'ACA se base sur deux indicateurs économiques pour comparer les options d'adaptation à la non-intervention : la valeur actualisée nette (VAN) et le ratio avantages-coûts.

L'étude présente une évaluation des impacts économiques, environnementaux et sociaux ainsi que des coûts des options d'adaptation. Ces derniers comprennent à la fois les coûts des études préparatoires, de construction et d'entretien des différentes solutions. Quant aux avantages de l'adaptation, ils proviennent en majeure partie des coûts évités et des gains liés à l'usage du littoral.

Les avantages et les coûts des différentes options d'adaptation proposées sont actualisés à 4 % sur la période d'étude, soit de 2015 à 2064. Ils sont évalués dans une perspective régionale, soit pour l'ensemble des Îles-de-la-Madeleine.

### **Zone d'étude**

La zone d'étude des Îles-de-la-Madeleine a été divisée en 3 secteurs, soit les secteurs Cap-aux-Meules, La Grave et Grande-Entrée. Ces secteurs regroupaient initialement 20 segments de côte découpés en fonction des caractéristiques physiques de la côte et d'occupation du sol. Une analyse plus détaillée a conduit à la rétention de 6 segments distincts dans le secteur Cap-aux-Meules, d'un segment dans le secteur La Grave et d'un segment dans le secteur Grande-Entrée pour un total de 8 segments. La figure A présente les trois secteurs à l'étude aux Îles-de-la-Madeleine.

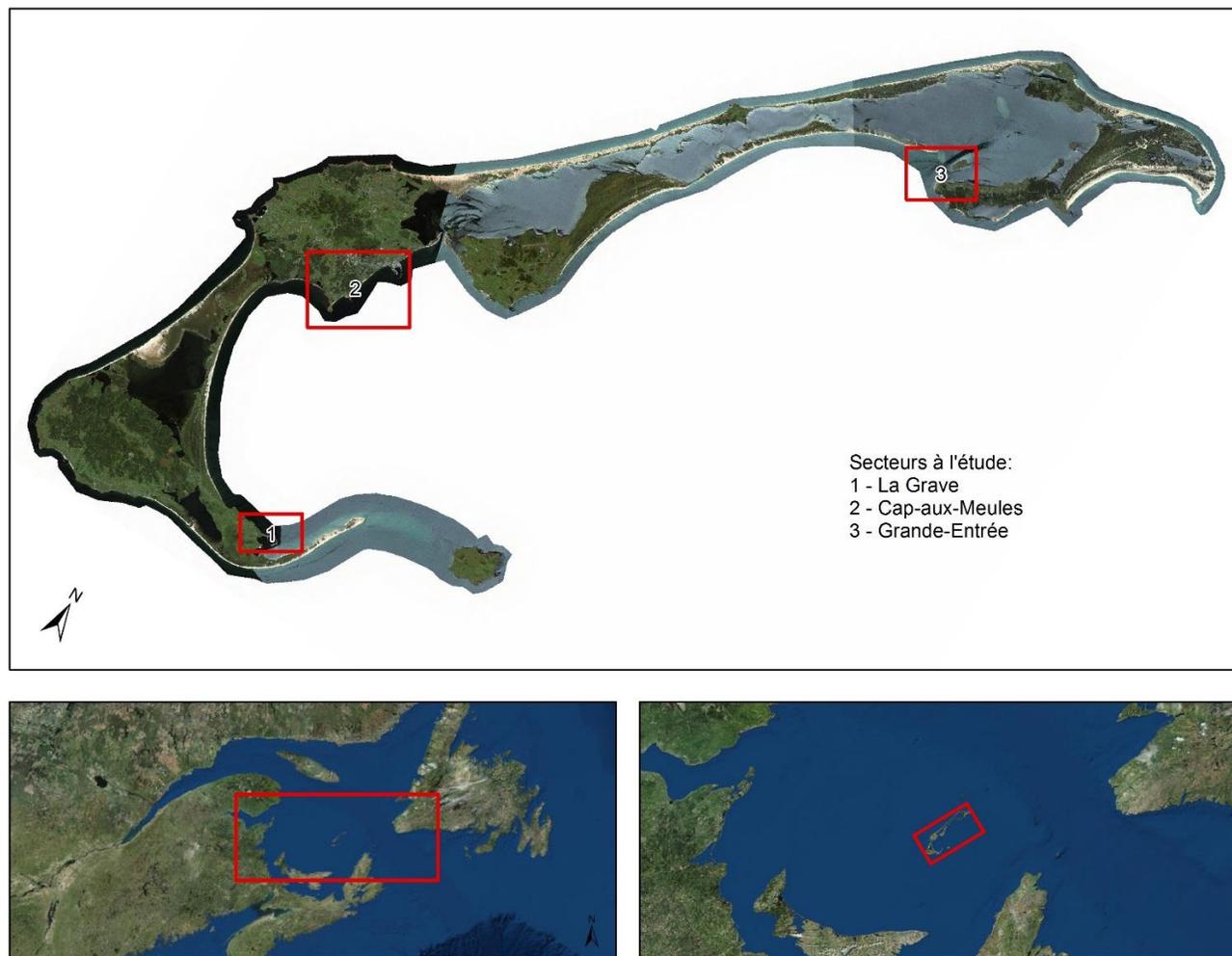


Figure A – Carte de la zone d'étude et localisation des trois secteurs étudiés

### **Options d'adaptation**

Les options d'adaptation étudiées comprennent des structures côtières rigides (enrochement, riprap), des structures côtières mobiles (recharge de plage en gravier, recharge de plage avec butée), ainsi qu'une option sans structure côtière combinant l'immunisation et la relocalisation stratégique lorsque des actifs sont touchés par l'érosion, la submersion ou les deux. Les options d'adaptation considérées dans chacun des 8 segments à l'étude sont présentées au tableau A.

**Tableau A** – Options d'adaptation considérées dans chacun des segments

<b>Secteur</b>	<b>Segment</b>	<b>Structure côtière rigide</b>	<b>Structure côtière mobile</b>	<b>Solution sans structure côtière</b>
Cap-aux-Meules	Camping Gros-Cap	Riprap Enrochement		Relocalisation stratégique
	Gros-Cap Est	Riprap Enrochement	Recharge de plage avec butée	Relocalisation stratégique
	Échouerie Ouest	Riprap Enrochement		Relocalisation stratégique
	Route municipale	Riprap Enrochement		Relocalisation stratégique
	Plage municipale	Riprap Enrochement	Recharge de plage avec butée	Relocalisation stratégique
	Centre-ville	Riprap Enrochement		Relocalisation stratégique
La Grave		Riprap Enrochement	Recharge de plage en gravier	Immunisation et relocalisation stratégique
Grande-Entrée		Riprap Enrochement	Recharge de plage avec épis	Immunisation et relocalisation stratégique

Les solutions techniques étudiées, tout particulièrement les structures d'ingénierie, ont été tirées de l'étude conceptuelle réalisée par la firme Roche (Roche, 2011) et d'une étude complémentaire réalisée pour évaluer la faisabilité technique de certaines options d'adaptation à La Grave par Consultants Ropars (Ropars, 2016). Ces études de conception fournissent uniquement une évaluation préliminaire des options envisageables. Le design des ouvrages prend en compte les conditions hydrodynamiques, l'érosion, la sédimentation et les contraintes géotechniques liées aux

segments à l'étude. Les options d'adaptation ont été conçues pour éviter tout problème d'érosion et de submersion au cours des 50 prochaines années.

Les principales conclusions relatives aux trois secteurs d'intervention retenus aux Îles-de-la-Madeleine sont exposées ci-dessous.

### **Secteur Cap-aux-Meules**

Le secteur Cap-aux-Meules est constitué de 14 segments, dont 6 ont été retenus aux fins d'analyse économique. Les segments qui ont fait l'objet de l'ACA sont présentés à la figure B. Ils couvrent plus de 6 km de côtes alternant entre des zones de terrasses de plage et de falaises de grès. Les segments étudiés abritent une diversité d'actifs de grande importance pour l'économie régionale et le dynamisme touristique des Îles-de-la-Madeleine, dont le camping du Gros-Cap, une plage municipale, un sentier multifonctionnel, des hébergements touristiques et un bâtiment industriel majeur.



- 1 - Camping Gros-Cap
- 2 - Gros-Cap Est
- 3 - Échouerie Ouest
- 4 - Route municipale
- 5 - Plage municipale
- 6 - Centre-ville

**Figure B –** Secteur Cap-aux-Meules et les 6 segments retenus pour l'ACA

Le tableau B résume les résultats des ACA pour chacun des segments du secteur de Cap-aux-Meules. Plusieurs constats peuvent être tirés des analyses réalisées. Premièrement, dans 5 des 6 segments à l'étude, il est préférable d'intervenir que de ne rien faire. Seul le segment Route municipale fait exception. Cela s'explique par la faible valeur des actifs à risque dans ce secteur. Deuxièmement, là où il y a présence d'enjeux économiques ou touristiques majeurs, des structures côtières rigides telles que le riprap sont justifiables pour préserver les actifs en bord de mer et les activités économiques qu'ils supportent. C'est notamment le cas pour les segments Camping du Gros-Cap, Échouerie Ouest et Centre-ville.

**Tableau B –** Option d'adaptation privilégiée, avantage net par rapport à la non-intervention et ratio avantages-coûts pour chaque segment de Cap-aux-Meules

Segment	Option d'adaptation la plus avantageuse	Avantage net par rapport à la non-intervention	Ratio avantages-coûts
Camping du Gros-Cap	Riprap	6 287 928 \$	4,54
Gros-Cap Est	Relocalisation stratégique	17 585 \$	1,29
Échouerie Ouest	Riprap	4 227 590 \$	2,54
Route municipale	Non-intervention	-	NA
Plage municipale	Relocalisation stratégique	147 561 \$	1,72
Centre-ville	Riprap	842 052 \$	1,07

Finalement, la relocalisation stratégique est privilégiée dans les segments Plage municipale et Gros-Cap Est, là où peu d'actifs bâtis sont présents et où une intervention sur le littoral viendrait restreindre l'usage de la côte.

Les avantages nets par rapport à la non-intervention et les ratios avantages-coûts permettent de mettre en perspective la rentabilité des options d'adaptation privilégiées par l'ACA. Certaines des options d'adaptation génèrent des avantages nets par rapport à la non-intervention de plusieurs millions de dollars (Camping du Gros-Cap et

Échouerie Ouest). Ce sont également les options d'adaptation ayant les ratios avantages-coûts les plus élevés. Autrement dit, ces options permettent à la fois de maximiser la quantité totale des bénéfices générés par l'intervention et de tirer un maximum de bénéfices pour chaque dollar consenti.

Les segments où la relocalisation stratégique est privilégiée ont des avantages nets beaucoup plus faibles tout en ayant des ratios avantages-coûts qui suggèrent une bonne rentabilité sociale de l'option. Cette option génère peu d'avantages, mais coûte également peu cher.

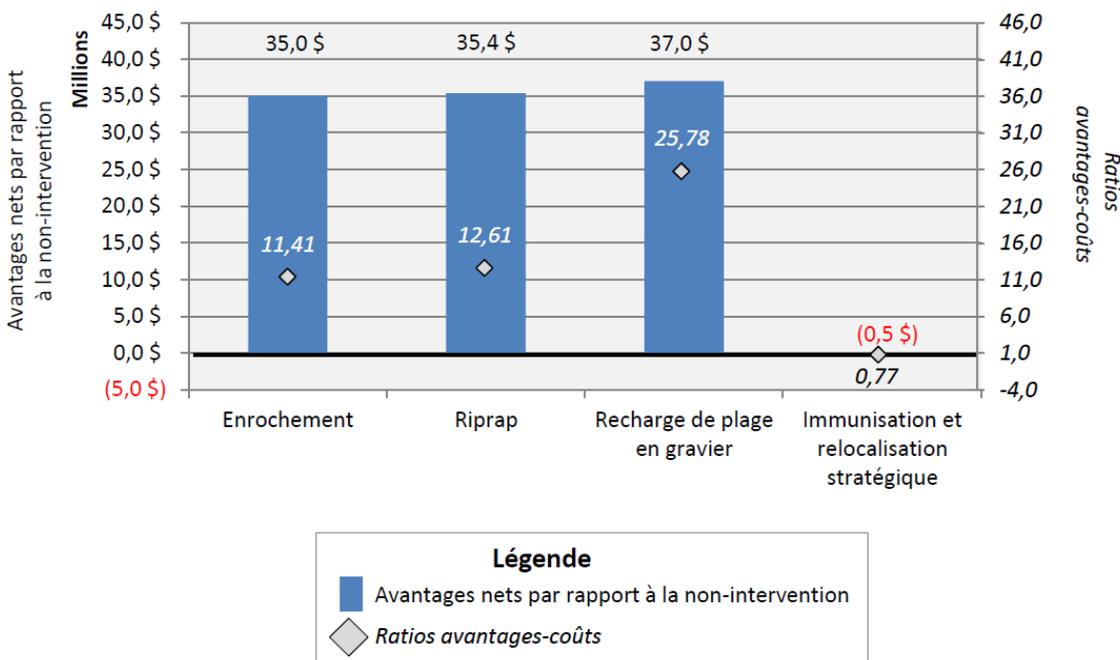
La plupart des analyses de sensibilité suggèrent que les options d'adaptation retenues dans les 6 segments sont robustes aux variations dans les hypothèses de base des ACA. La seule exception est le segment Centre-ville où les analyses de sensibilité favorisent parfois le riprap et parfois la non-intervention. Ces résultats doivent être mis en perspective considérant que l'efficacité d'un riprap n'a pas été confirmée par une étude d'ingénierie spécifique dans ce segment. La hauteur des falaises implique que d'autres processus d'érosion (notamment éolien et cryogénique) sont en jeu dans ce type de côte. Il est possible qu'une protection en riprap en bas de falaise ne puisse pas totalement freiner l'ensemble des processus actifs.

### **La Grave**

Le secteur La Grave, d'une longueur de 6,5 km, est constitué de cinq segments dont les caractéristiques côtières et le niveau de vulnérabilité diffèrent grandement. Après une analyse préliminaire des segments, seul le site patrimonial de La Grave a été retenu aux fins de l'analyse économique. Le segment La Grave est constitué d'un tombolo de 440 m reliant deux îlots rocheux. Il abrite le cœur historique, patrimonial et culturel de La Grave.

L'ACA a permis d'évaluer que la non-intervention pour ce segment aurait des impacts appréhendés d'une valeur actualisée de plus de 40 M\$ sur 50 ans, générés principalement par la perte de retombées touristiques et une baisse de la valeur d'usage du site. Toutes les options d'adaptation considérées, à l'exception de l'immunisation et

de la relocalisation stratégique, permettent de préserver intégralement la majeure partie du segment La Grave.



**Figure C** – Avantages nets de chaque option par rapport à la non-intervention et ratios avantages-coûts

Comme indiqué à la figure C, l'option d'adaptation la plus rentable économiquement est la recharge de plage en gravier grâce à un coût de mise en œuvre relativement faible et au fait qu'elle permettrait d'accroître la valeur d'usage du littoral. Les analyses de sensibilité ont permis de démontrer la robustesse de ce résultat qui apparaît toujours comme l'option la plus avantageuse lorsque des variables clés sont modifiées (taux d'actualisation, niveaux d'eau extrêmes et retombées économiques).

### **Grande-Entrée**

Le segment Pointe de Grande-Entrée est une zone basse largement artificialisée par les installations portuaires qui accueillent la plus grande flottille de pêche des Îles-de-la-Madeleine. La portion non artificialisée est composée d'une côte à terrasse de plage qui est en recul rapide depuis le milieu des années 2000.

Au cours des 50 prochaines années, l'érosion viendra gruger une proportion importante de la Pointe de Grande-Entrée sans toutefois venir toucher les infrastructures majeures dans la zone, soit les installations portuaires et l'usine de transformation des produits de la mer. Quant à la submersion, les épisodes de niveaux d'eau extrêmes généreront des dommages aux quelques bâtiments résidentiels et commerciaux présents dans la zone.

Malgré ces impacts appréhendés, l'ACA a montré que la non-intervention serait l'option la plus avantageuse pour ce segment d'un point de vue économique. Les structures côtières considérées sont trop coûteuses en comparaison aux dommages qu'elles permettent d'éviter, et ce, même en utilisant un coût de construction minimal. Quant à l'option de relocalisation et d'immunisation, elle n'est pas économiquement efficace. En conséquence, en vertu des conditions prévalant actuellement dans le segment Pointe de Grande-Entrée et de l'évolution des aléas côtiers au cours des cinquante prochaines années, il apparaît plus avantageux économiquement de ne pas agir.

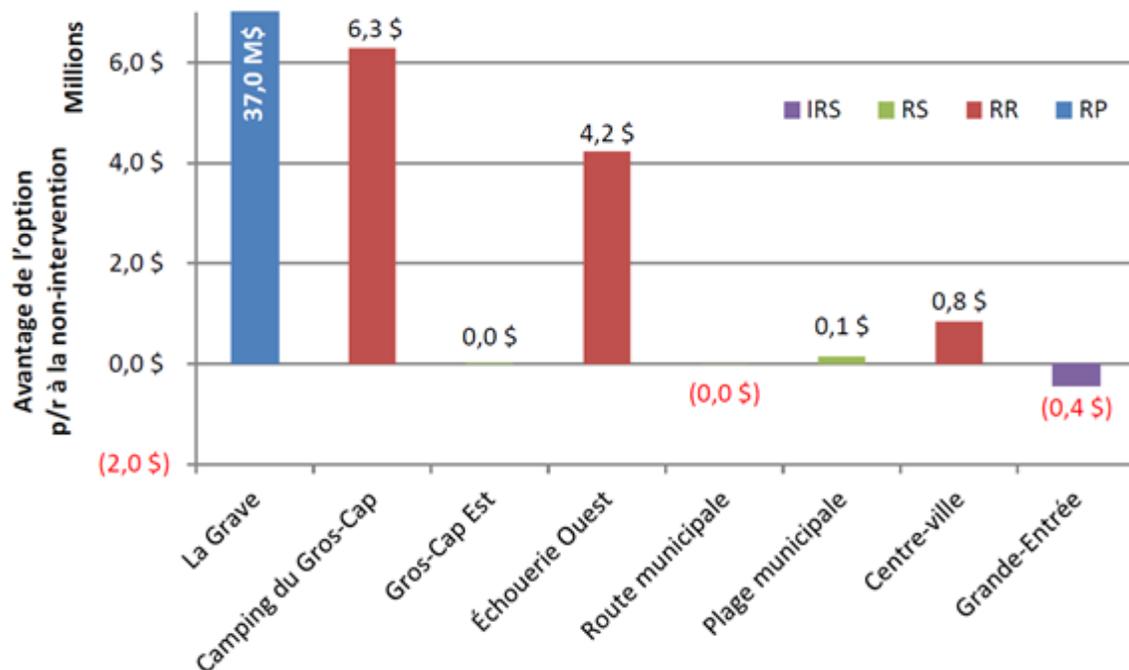
### **Conclusion**

L'analyse coûts-avantages des options d'adaptation proposées pour éviter les dommages dus aux aléas côtiers sur le littoral des Îles-de-la-Madeleine vise principalement à aider les décideurs à sélectionner les options les plus avantageuses, et ce, en comparant l'ensemble des coûts et avantages économiques sur un horizon temporel de 50 ans.

La figure D permet, pour chacun des 8 segments à l'étude, de visualiser la valeur actualisée nette de l'option la plus avantageuse par rapport à l'option de non-intervention. Il est ainsi possible de constater que pour 2 segments, soit Route municipale et Pointe de Grande-Entrée, la non-intervention constitue l'option la plus avantageuse du point de vue économique. Pour les segments La Grave, Camping du Gros-Cap, Échouerie Ouest, Centre-ville et Plage municipale, la mise en place de différentes options est nettement préférable à la non-intervention. Pour le segment Gros-Cap Est, les avantages nets de l'option la plus avantageuse (relocalisation stratégique) par rapport à la non-intervention sont très faibles et ne permettent pas de statuer clairement sur l'option à privilégier d'un point de vue économique.

Aux Îles-de-la-Madeleine, certains segments de côte à protéger abritent des actifs économiques majeurs ou des attraits touristiques fortement utilisés qui sont vulnérables à l'érosion. Considérant la valeur des pertes anticipées et le type de côte (basses falaises rocheuses) sur lequel ces infrastructures sont situées, des structures côtières rigides comme le riprap sont justifiées économiquement. Pour d'autres segments, situés sur de basses côtes où l'usage du littoral a une valeur importante, tant pour les touristes que pour les résidents, les options d'adaptation privilégiées favorisent le maintien d'une côte naturelle avec des structures côtières mobiles ou une stratégie de relocalisation des actifs à risque. C'est le cas des segments Plage municipale et La Grave.

Finalement, dans les segments où les impacts appréhendés sont faibles, comme c'est le cas à Gros-Cap Est et à Route municipale, les options d'adaptation considérées sont très légèrement avantageuses ou encore non justifiées économiquement.



Légende : IRS : Immunisation et relocalisation stratégique; RS : Relocalisation stratégique; RR : Riprap; RP : Recharge de plage

**Figure D** – Valeur actualisée nette des options les plus avantageuses par rapport à la non-intervention



## TABLE DES MATIÈRES

<b>1. INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>2. CONTEXTE DE L'ÉTUDE</b> .....	<b>4</b>
2.1 ZONE D'ÉTUDE.....	4
2.2 PROBLÉMATIQUES LIÉES AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES .....	7
2.3 PROCÉDURE DE SEGMENTATION ET DE SÉLECTION.....	8
<b>3. APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE</b> .....	<b>11</b>
3.1 PROCESSUS CONSULTATIF .....	11
3.2 ANALYSE HYDRODYNAMIQUE .....	13
3.2.1 Hypothèses relatives à la submersion .....	14
3.2.2 Hypothèses relatives à l'érosion.....	17
3.3 ANALYSE ÉCONOMIQUE .....	18
3.3.1 Identification des options d'adaptation.....	19
3.3.2 Identification des impacts appréhendés .....	20
3.3.3 Monétisation des impacts appréhendés .....	22
3.3.4 Estimation des dommages par submersion.....	23
3.3.5 Estimation des dommages causés par l'érosion.....	23
3.3.6 Estimation des coûts des options d'adaptation.....	24
3.3.7 Comparaison des coûts et des avantages.....	24
3.3.8 Analyse de sensibilité des résultats.....	26
<b>4. SECTEUR CAP-AUX-MEULES</b> .....	<b>27</b>
4.1 DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SECTEUR .....	27
4.1.1 Segment Camping du Gros-Cap .....	29

4.1.2	Gros-Cap Est .....	31
4.1.3	Segment Échouerie Ouest .....	32
4.1.4	Segment Route municipale .....	33
4.1.5	Segment Plage municipale.....	34
4.1.6	Segment Centre-ville.....	35
4.1.7	Problématique.....	36
4.1.8	Option de non-intervention .....	37
4.1.9	Options d'adaptation .....	37
4.1.10	Impacts appréhendés.....	41
4.2	ESTIMATION MONÉTAIRE DES IMPACTS .....	43
4.2.1	Impacts liés à l'érosion.....	43
4.2.2	Impacts économiques .....	45
4.2.3	Impacts environnementaux .....	47
4.2.4	Impacts sociaux .....	47
4.2.5	Estimation du coût de la non-intervention et des options d'adaptation.....	49
4.3	ANALYSE COÛTS-AVANTAGES .....	51
4.3.1	Camping Gros-Cap .....	51
4.3.2	Gros-Cap Est .....	61
4.3.3	Échouerie Ouest .....	69
4.3.4	Route municipale .....	78
4.3.5	Plage municipale.....	85
4.3.6	Centre-ville.....	94
4.4	CONCLUSION .....	104
<b>5.</b>	<b>SECTEUR LA GRAVE.....</b>	<b>106</b>
5.1	DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SECTEUR .....	106
5.1.1	Problématique.....	109
5.1.2	Option de non-intervention .....	110
5.1.3	Options d'adaptation .....	110
5.1.4	Impacts appréhendés.....	114
5.2	ESTIMATION MONÉTAIRE DES IMPACTS .....	116
5.2.1	Impacts liés à l'érosion et à la submersion .....	116
5.2.2	Impacts économiques .....	119
5.2.3	Impacts sociaux .....	120

5.2.4	Estimation du coût de la non-intervention et des options d'adaptation....	123
5.3	ANALYSE COÛTS-AVANTAGES .....	125
5.3.1	Calcul des coûts sur 50 ans .....	125
5.3.2	Analyse de sensibilité.....	132
5.3.3	Taux d'actualisation .....	133
5.3.4	Niveaux d'eau extrêmes.....	134
5.3.5	Aucun impact sur les retombées économiques .....	135
5.3.6	Synthèse de l'analyse de sensibilité.....	136
5.4	CONCLUSION .....	137
<b>6.</b>	<b>SECTEUR GRANDE-ENTRÉE .....</b>	<b>138</b>
6.1	DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SECTEUR .....	138
6.1.1	Problématique.....	140
6.1.2	Option de non-intervention.....	141
6.1.3	Options d'adaptation .....	141
6.1.4	Impacts appréhendés.....	144
6.2	ESTIMATION MONÉTAIRE DES IMPACTS .....	146
6.2.1	Impacts dus à l'érosion et à la submersion.....	146
6.2.2	Impacts économiques .....	148
6.2.3	Impacts sociaux .....	149
6.2.4	Estimation du coût de la non-intervention et des options d'adaptation....	150
6.3	ANALYSE COÛTS-AVANTAGES .....	152
6.3.1	Calcul des coûts sur 50 ans .....	152
6.3.2	Calcul des avantages sur 50 ans .....	155
6.3.3	Valeur actualisée nette et comparaison des options.....	155
6.4	ANALYSE DE SENSIBILITÉ .....	159
6.4.1	Taux d'actualisation .....	159
6.4.2	Diminution du coût des options .....	160
6.4.3	Synthèse de l'analyse de sensibilité.....	161
6.5	CONCLUSION .....	161
<b>7.</b>	<b>CONCLUSION GÉNÉRALE .....</b>	<b>163</b>
<b>8.</b>	<b>GLOSSAIRE .....</b>	<b>166</b>
<b>9.</b>	<b>RÉFÉRENCES.....</b>	<b>171</b>



## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 2.1</b> – Liste des segments à l'étude par secteur .....	9
<b>Tableau 3.1</b> - Processus consultatif et rôle des comités .....	12
<b>Tableau 3.2</b> – Résumé des hypothèses sous-tendant les probabilités de submersion pour les Îles-de-la-Madeleine.....	15
<b>Tableau 3.3</b> – Niveaux de submersion futurs pour La Grave .....	16
<b>Tableau 3.4</b> – Niveaux de submersion futurs pour Grande-Entrée .....	16
<b>Tableau 3.5</b> – Taux d'érosion probable pour les Îles-de-la-Madeleine.....	17
<b>Tableau 3.6</b> – Options d'adaptation étudiées pour chacun des secteurs et segments .....	19
<b>Tableau 3.7</b> – Ensemble des impacts appréhendés aux Îles-de-la-Madeleine .....	21
<b>Tableau 4.1</b> – Segments du secteur Cap-aux-Meules omis de l'ACA.....	29
<b>Tableau 4.2</b> – Options étudiées pour chacun des segments de Cap-aux-Meules.....	38
<b>Tableau 4.3</b> – Comparaison des impacts appréhendés selon les options d'adaptation .....	42
<b>Tableau 4.4</b> – Coûts et avantages actualisés des options d'adaptation – Camping Gros-Cap ...	56
<b>Tableau 4.5</b> – Paramètres de l'analyse de sensibilité – Camping Gros-Cap .....	58
<b>Tableau 4.6</b> – Analyse de sensibilité – Taux d'actualisation de 2 et 6 % - Segment Camping Gros-Cap.....	59
<b>Tableau 4.7</b> – Analyse de sensibilité – Perte de l'accès au Camping Gros-Cap en 2040 .....	60
<b>Tableau 4.8</b> – Analyse de sensibilité – Pas de perte d'accès au camping – Segment Camping Gros-Cap.....	60
<b>Tableau 4.9</b> – Option d'adaptation la plus avantageuse selon l'analyse de sensibilité – Camping Gros-Cap.....	61
<b>Tableau 4.10</b> – Coûts et avantages actualisés des options d'adaptation – Gros-Cap Est.....	64
<b>Tableau 4.11</b> – Paramètres de l'analyse de sensibilité – Gros-Cap Est .....	67
<b>Tableau 4.12</b> – Analyse de sensibilité – Taux d'actualisation de 2 et 6 % .....	67
<b>Tableau 4.13</b> – Analyse de sensibilité – Augmentation de la valeur du marais .....	68

<b>Tableau 4.14</b> – Option d’adaptation la plus avantageuse selon l’analyse de sensibilité – Segment Gros-Cap Est .....	69
<b>Tableau 4.15</b> – Coûts et avantages actualisés des options d’adaptation – Échouerie Ouest.....	73
<b>Tableau 4.16</b> – Paramètres de l’analyse de sensibilité – Échouerie Ouest .....	75
<b>Tableau 4.17</b> – Analyse de sensibilité – Taux d’actualisation de 2 et 6 % .....	75
<b>Tableau 4.18</b> – Analyse de sensibilité – Diminution de 50 % de l’achalandage touristique.....	76
<b>Tableau 4.19</b> – Analyse de sensibilité – Perte de 50 % des emplois de l’usine.....	77
<b>Tableau 4.20</b> – Option d’adaptation la plus avantageuse selon l’analyse de sensibilité – Segment Échouerie Ouest .....	77
<b>Tableau 4.21</b> – Coûts et avantages actualisés des options d’adaptation –Segment Route municipale .....	82
<b>Tableau 4.22</b> – Analyse de sensibilité – Taux d’actualisation de 2 et 6 % - segment Route municipale .....	84
<b>Tableau 4.23</b> – Coûts et avantages actualisés des options d’adaptation – Plage municipale .....	89
<b>Tableau 4.24</b> – Paramètres de l’analyse de sensibilité – Plage municipale.....	91
<b>Tableau 4.25</b> – Analyse de sensibilité – Taux d’actualisation de 2 et 6 % .....	92
<b>Tableau 4.26</b> – Analyse de sensibilité – Augmentation de la valeur d’usage de la plage.....	93
<b>Tableau 4.27</b> – Option d’adaptation la plus avantageuse selon l’analyse de sensibilité – Plage municipale .....	94
<b>Tableau 4.28</b> – Coûts et avantages actualisés des options d’adaptation – Segment Centre-ville.....	97
<b>Tableau 4.29</b> – Paramètres de l’analyse de sensibilité – Centre-ville .....	100
<b>Tableau 4.30</b> – Analyse de sensibilité – Taux d’actualisation de 2 et 6 % .....	101
<b>Tableau 4.31</b> – Analyse de sensibilité – Variation de la valeur d’usage du sentier du littoral ....	102
<b>Tableau 4.32</b> – Analyse de sensibilité – Diminution de la durée de vie utile du riprap existant .	103
<b>Tableau 4.33</b> – Option d’adaptation la plus avantageuse selon l’analyse de sensibilité – Segment Centre-ville .....	104
<b>Tableau 4.34</b> – Options d’adaptation les plus avantageuses pour chaque segment de Cap-aux-Meules.....	105
<b>Tableau 5.1</b> – Segments du secteur La Grave omis de l’ACA .....	108
<b>Tableau 5.2</b> – Impacts appréhendés selon les options d’adaptation – Segment La Grave .....	115
<b>Tableau 5.3</b> – Nombre de bâtiments affectés par l’érosion ou la submersion – La Grave.....	118
<b>Tableau 5.4</b> – Variation de valeur d’usage du site de La Grave en fonction des options d’adaptation.....	122
<b>Tableau 5.5</b> – Coûts de la recharge de plage en gravier et des recharges d’entretien.....	124
<b>Tableau 5.6</b> – Coûts et avantages actualisés des options d’adaptation – Segment La Grave ..	130
<b>Tableau 5.7</b> – Paramètres des analyses de sensibilité – Segment La Grave .....	133
<b>Tableau 5.8</b> – Variation de la VAN en fonction du taux d’actualisation – La Grave .....	133
<b>Tableau 5.9</b> – Variation de la VAN en fonction du niveau d’eau – La Grave .....	135

<b>Tableau 5.10</b> – Variation de la VAN en l'absence de retombées économiques – La Grave.....	136
<b>Tableau 5.11</b> – Options les plus avantageuses selon les analyses de sensibilité – Segment La Grave .....	137
<b>Tableau 6.1</b> – Stratégies mises de l'avant pour le segment Pointe de Grande-Entrée.....	142
<b>Tableau 6.2</b> – Comparaison des impacts appréhendés selon les options d'adaptation – Segment Pointe de Grande-Entrée .....	145
<b>Tableau 6.3</b> – Coûts actualisés nets – Pointe de Grande-Entrée .....	156
<b>Tableau 6.4</b> – Paramètres des analyses de sensibilité – Pointe de Grande-Entrée .....	159
<b>Tableau 6.5</b> – Variation de la VAN avec des taux d'actualisation de 2 % et 6 % – Pointe de Grande-Entrée .....	160
<b>Tableau 6.6</b> – Variation de la VAN suite à une diminution du coût des structures d'ingénierie rigides – Pointe de Grande-Entrée .....	161



## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 2.1</b> – Carte de la zone d'étude .....	5
<b>Figure 4.1</b> – Image satellite du secteur Cap-aux-Meules .....	28
<b>Figure 4.2</b> - Image satellite du segment Camping du Gros-Cap .....	30
<b>Figure 4.3</b> – Image satellite du segment Gros-Cap Est.....	31
<b>Figure 4.4</b> – Image satellite du segment Échouerie Ouest.....	32
<b>Figure 4.5</b> – Image satellite du segment Route municipale .....	34
<b>Figure 4.6</b> – Image satellite du segment Plage municipale .....	35
<b>Figure 4.7</b> – Image satellite du segment Centre-ville .....	36
<b>Figure 4.8</b> – Coupe-type de l'enrochement .....	39
<b>Figure 4.9</b> – Coupe-type de l'option de riprap .....	39
<b>Figure 4.10</b> – Coupe-type d'une recharge de plage avec butée .....	40
<b>Figure 4.11</b> – Ventilation des coûts et avantages par option .....	56
<b>Figure 4.12</b> – Somme actualisée des avantages nets par rapport à la non-intervention entre 2015 et 2064 – Camping Gros-Cap .....	57
<b>Figure 4.13</b> – Ventilation des coûts et avantages par option .....	65
<b>Figure 4.14</b> – Somme actualisée des avantages nets par rapport à la non-intervention entre 2015 et 2064 – Gros-Cap Est .....	66
<b>Figure 4.15</b> – Ventilation des coûts et avantages par option .....	73
<b>Figure 4.16</b> – Somme actualisée des avantages nets par rapport à la non-intervention entre 2015 et 2064 – Échouerie Ouest .....	74
<b>Figure 4.17</b> – Ventilation des coûts et avantages par option .....	81
<b>Figure 4.18</b> – Somme actualisée des avantages nets par rapport à la non-intervention entre 2015 et 2064 – Route municipale .....	83
<b>Figure 4.19</b> – Ventilation des coûts et avantages par option .....	88
<b>Figure 4.20</b> – Somme actualisée des avantages nets par rapport à la non-intervention entre 2015 et 2064 – Plage municipale.....	91

<b>Figure 4.21</b> – Ventilation des coûts et avantages par option .....	98
<b>Figure 4.22</b> – Somme actualisée des avantages nets par rapport à la non-intervention entre 2015 et 2064 – Centre-ville .....	99
<b>Figure 5.1</b> – Image satellite du secteur La Grave.....	107
<b>Figure 5.2</b> – Coupe-type d'une recharge de plage en gravier pour le segment de La Grave ....	111
<b>Figure 5.3</b> – Coupe- type d'un riprap pour le segment de La Grave .....	112
<b>Figure 5.4</b> – Coupe- type d'un enrochement pour le segment de La Grave .....	113
<b>Figure 5.5</b> – Ventilation des coûts et avantages par option – Segment La Grave .....	131
<b>Figure 5.6</b> – Somme actualisée des avantages nets par rapport à la non-intervention entre 2015 et 2064 – La Grave .....	132
<b>Figure 6.1</b> – Image satellite du secteur Grande-Entrée.....	139
<b>Figure 6.2</b> – Image satellite du segment Pointe de Grande-Entrée .....	140
<b>Figure 6.3</b> – Coupe-type de l'enrochement .....	143
<b>Figure 6.4</b> – Ventilation des coûts nets actualisés et VAN (4 %) – Pointe Grande-Entrée .....	157
<b>Figure 6.5</b> – Somme actualisée des avantages nets par rapport à la non-intervention entre 2015 et 2064 – Grande-Entrée .....	158
<b>Figure 7.1</b> – Valeur actualisée nette des options les plus avantageuses par rapport à la non-intervention aux Îles-de-la-Madeleine .....	164



## LISTE DES ANNEXES

- Annexe A** Estimation des dommages de submersion
- Annexe B** Valeur d'usage du littoral à Cap-aux-Meules
- Annexe C** Coûts de relocalisation et d'immunisation des bâtiments
- Annexe D** Valeur d'usage et touristique du segment La Grave
- Annexe E** Coûts annuels des différentes options pour la période 2015-2064 pour le secteur Cap-aux-Meules
- Annexe F** Coûts annuels des différentes options pour la période 2015-2064 pour le secteur La Grave
- Annexe G** Coûts annuels des différentes options pour la période 2015-2064 pour le secteur Grande-Entrée



## LISTE DES ACRONYMES

ACA	Analyse coûts-avantages
CA	Comité aviseur
CC	Changements climatiques
CLO	Comité local d'orientation
CR	Comité régional
CT	Comité technique
DAM	Domage annuel moyen
ISQ	Institut de la statistique du Québec
LDGIZC	Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières
MAMOT	Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du Territoire
MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
MCC	Ministère de la Culture et des Communications
MDDELCC	Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques.
MPO	Pêches et Océans Canada
MRC	Municipalité régionale de comté
NI	Non-intervention
NMM	Niveau moyen des mers
PIB	Produit intérieur brut
Ratio A/C	Ratio avantages-coûts
RS	Relocalisation stratégique
UQAR	Université du Québec à Rimouski
VAN	Valeur actualisée nette



## SYMBOLES ET UNITÉS

mm :	millimètre
cm :	centimètre
m :	mètre
km :	kilomètre
m. lin. :	mètre linéaire
\$ :	dollars de 2012 à moins d'indications contraires



## 1. INTRODUCTION

Le Québec possède plus de 3 000 kilomètres de littoral dans l'Est de son territoire. Cette zone maritime, qui comprend la Côte-Nord, le Bas-Saint-Laurent, la Gaspésie, les Îles-de-la-Madeleine et l'île d'Anticosti, comptait en 2014 une population de 388 000 habitants répartie en 212 municipalités dont 110 sont situées sur la côte (ISQ, 2014a). Plus du tiers de cette population vit à moins de 500 mètres des berges et plus de 90 %, à moins de 5 km (Bourque et Simonet, 2008). Le produit intérieur brut (PIB) de la zone maritime en 2013 atteignait 17,1 milliards de dollars avec comme principales industries la pêche, le tourisme, les alumineries et des installations portuaires assurant le transport des produits miniers en plus d'importantes infrastructures de transport terrestre (ISQ, 2014b).

Ces collectivités font face à une transformation sans précédent de leur environnement côtier causée par les changements climatiques (CC). En modifiant les principaux paramètres à la base des processus côtiers, les CC menacent l'intégrité des zones côtières. À titre d'exemple, la tempête maritime de décembre 2010 a généré des dommages évalués à plus de 30 millions de dollars aux infrastructures publiques et à quelque 740 propriétés riveraines de l'estuaire et du golfe Saint-Laurent ainsi que de la baie des Chaleurs. (Quintin et al., 2015). C'est dans ce contexte qu'Ouranos a entrepris l'analyse des options d'adaptation à l'érosion et à la submersion marine qui menacent les côtes du Québec.

La présente étude fait partie d'un projet de recherche appuyé par Ressources naturelles Canada et le Fonds vert du Québec, qui s'intéresse aux impacts des CC et aux options d'adaptation pouvant protéger les actifs et les usages du littoral. Ce projet inclut une évaluation globale des répercussions de l'érosion sur le littoral du Québec maritime qui a déjà été publiée. Il comporte également cinq études de cas qui vise à déterminer la viabilité économique de différentes options d'adaptation pour protéger le littoral. Les coûts et les avantages de différentes options d'adaptation sont comparés afin de déterminer lesquelles parmi ces options offrent un avantage net.

Ce rapport s'intéresse aux Îles-de-la-Madeleine, archipel de 13 000 habitants situé au centre du golfe du Saint-Laurent (Statistique Canada, 2013). Le territoire est formé de sept îles reliées par des cordons dunaires offrant plus de 300 km de plage aux quelques 50 000 touristes qui le visitent annuellement. Le littoral des Îles-de-la-Madeleine est particulièrement vulnérable à l'érosion et à la submersion, étant constitué de falaise de grès très friable, de terrasse de plage et de cordon dunaire de faible élévation. De nombreux bâtiments, infrastructures et sites historiques et touristiques sont menacés par ces aléas.

Le deuxième chapitre de ce rapport présente la zone d'étude et ses principales caractéristiques géomorphologiques, hydrosédimentaires et socioéconomiques. Il décrit sommairement les segments à l'étude et les critères ayant conduit à leur choix. Enfin, il expose la problématique côtière aux Îles-de-la-Madeleine.

Le troisième chapitre présente la démarche méthodologique de l'étude. Ce chapitre débute en rappelant l'approche participative qui a été privilégiée tout au cours de l'étude afin d'identifier les enjeux, les impacts et les options d'adaptation. Enfin, les grandes lignes de l'analyse hydrosédimentaire et de la méthodologie économique sont résumées.

Les trois chapitres suivants présentent, plus en détail, l'approche méthodologique et les résultats de l'analyse coûts-avantages (ACA) réalisée pour chacun des secteurs à l'étude. Chaque chapitre comprend une description des caractéristiques et des enjeux du secteur et présente les options d'adaptation envisagées ainsi que leurs impacts

potentiels. Ces impacts sont quantifiés, puis monétisés aux fins de l'analyse coûts-avantages.

Les coûts et les avantages des différentes options d'adaptation considérées dans un segment donné sont ensuite comparés afin de déterminer lesquelles parmi ces options sont les plus avantageuses. Les résultats de l'ACA sont présentés en détail et des analyses de sensibilité sont réalisées pour tester leur robustesse. Dans le cas du chapitre portant sur Cap-aux-Meules, les résultats sont présentés successivement pour les 6 segments compris dans le secteur. Chaque chapitre se termine par une présentation synthèse des options d'adaptation les plus avantageuses au plan économique.

Enfin, la conclusion du rapport permet au lecteur d'avoir une vue d'ensemble des résultats obtenus pour les trois secteurs étudiés dans la municipalité des Îles-de-la-Madeleine.



## 2. CONTEXTE DE L'ÉTUDE

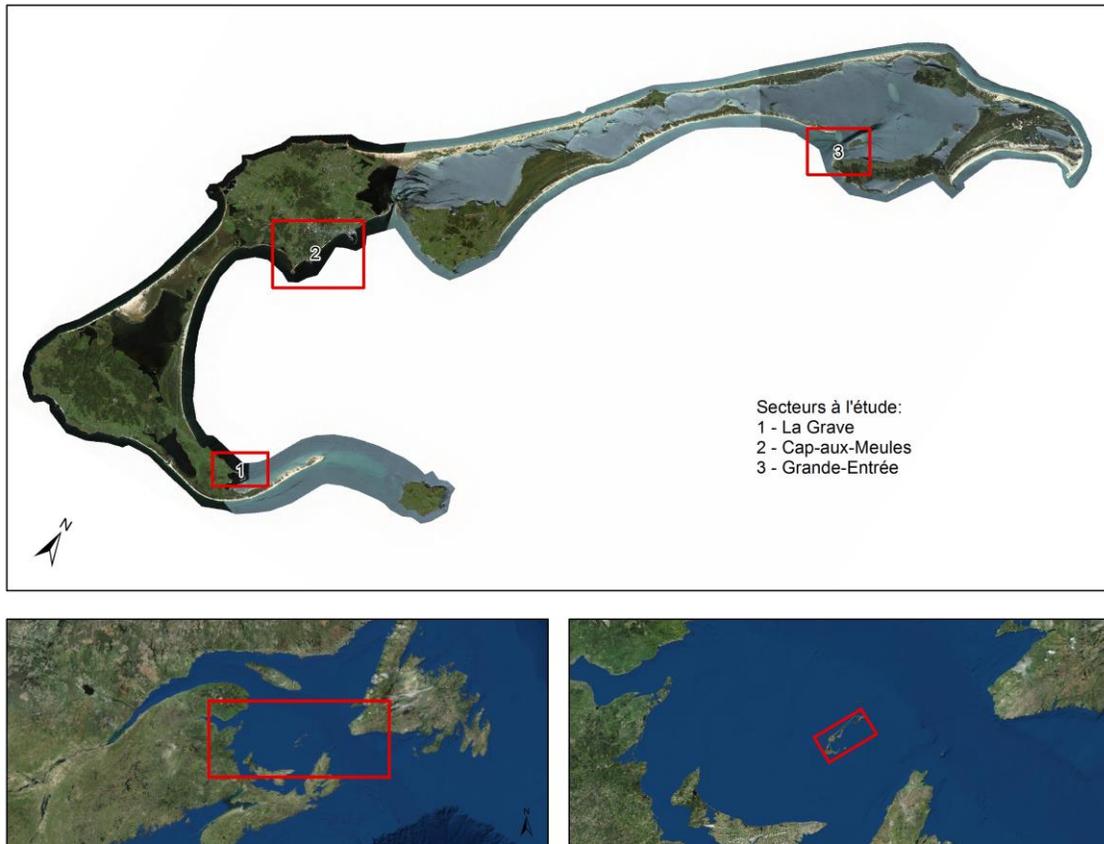
Le présent chapitre décrit d'abord les principales caractéristiques de la zone d'étude, suivies d'une description des problématiques liées aux aléas côtiers aux Îles-de-la-Madeleine. Le processus de segmentation du littoral est ensuite exposé, de même que les critères ayant conduit au choix des segments à l'étude. Les caractéristiques générales des segments retenus sont finalement présentées.<sup>1</sup>

### 2.1 ZONE D'ÉTUDE

Sis en plein cœur du golfe du Saint-Laurent, l'archipel des Îles-de-la-Madeleine est localisé à 105 km de l'Île-du-Prince-Édouard, à 95 km du Cap-Breton et à 215 km de la péninsule gaspésienne (voir figure 2.1). Il est composé de douze îles dont sept sont rattachées par des dunes et des ponts. La route 199, longue de 88 km, s'étend d'un bout à l'autre de l'archipel. À celle-ci s'ajoutent 240 kilomètres de routes secondaires dont 218 kilomètres sont entretenus par la municipalité et le reste, soit 22 kilomètres, par Transports Québec.

---

<sup>1</sup> Le lecteur est invité à consulter les chapitres consacrés à chacun des segments à l'étude afin d'obtenir la description détaillée de chaque segment.



**Figure 2.1** – Carte de la zone d'étude

L'occupation des Îles-de-la-Madeleine par l'homme n'est pas récente : Vikings, Amérindiens, pêcheurs basques et bretons y auraient séjourné et exploité les nombreuses ressources locales. Bien que Jacques Cartier rendit officiel ses passages aux Îles-de-la-Madeleine dès 1534, ce n'est qu'après la conquête anglaise de 1760 que la colonisation fut effective et que les premiers Acadiens s'y établirent. Aujourd'hui plus de 13 000 personnes vivent aux Îles-de-la-Madeleine dont la moitié est regroupée sur l'île de Cap-aux-Meules.

L'économie des Îles-de-la-Madeleine s'articule essentiellement autour de deux activités saisonnières soit : l'exploitation et la transformation des ressources halieutiques ainsi que le tourisme. Bien que l'industrie de la pêche demeure l'épine dorsale de l'économie locale, la part du tourisme ne cesse d'augmenter, de 20 000 visiteurs au début des

années 70, le nombre de visiteurs oscille aujourd'hui autour de 55 000 visiteurs annuellement. Cet engouement touristique est dû au milieu naturel exceptionnel de l'archipel de même qu'aux caractéristiques particulières de la vie des Madelinots. La part permanente de l'activité économique, quant à elle, est assurée par le secteur tertiaire, les services publics, parapublics et communautaires ainsi que par l'exploitation du sel (Mines Seleine à Grosse-Île). L'aquaculture, l'agroalimentaire ainsi que les arts et culture constituent des secteurs d'activités économiques en développement depuis les deux dernières décennies.

L'aéroport, situé sur l'île de Havre-aux-Maisons, dessert l'ensemble des Îles-de-la-Madeleine. Du mois d'avril au mois de janvier, l'approvisionnement des Îles-de-la-Madeleine est en grande partie assuré par un transport maritime hebdomadaire, entre Montréal et Cap-aux-Meules. À cela s'ajoute le transport de camions de marchandises et de passagers via le traversier assurant tout au long de l'année la liaison entre la ville de Souris (Île-du-Prince-Édouard) et Cap-aux-Meules.

Les principales caractéristiques des îles où se situent les secteurs à l'étude sont les suivantes :

#### *Cap-aux-Meules*

Cap-aux-Meules constitue l'île centre des Îles-de-la-Madeleine. La route 199 à cet endroit est une artère animée où l'on retrouve des établissements commerciaux, des services privés, des services fédéraux et provinciaux, ainsi que, des institutions de santé et de services sociaux. La population de Cap-aux-Meules n'a pas cessé de croître au cours des 50 dernières années ce qui s'est traduit par un développement à caractère urbain, avec rues, petits lotissements, alignement des bâtiments, etc.

#### *Grande-Entrée*

Grande-Entrée abrite le plus important port de pêche des Îles-de-la-Madeleine en termes de flottille et de la valeur des débarquements, en grande majorité constitués de homard. Au cours des dernières décennies, la population de l'île de Grande-Entrée a enregistré une décroissance importante due à l'exode d'une partie de sa population vers l'île centrale.

### *L'Île-du-Havre-Aubert*

Premier lieu d'habitation permanent aux Îles-de-la-Madeleine, Havre-Aubert était jadis le village le plus peuplé, chef-lieu du comté et principale place d'affaires. À partir des années 1950, Havre-Aubert a vu graduellement décroître son importance au profit de l'île centrale avec la mise en place du réseau routier et d'un port de mer à Cap-aux-Meules. Cependant, elle a su tirer profit de son riche patrimoine naturel et bâti pour se créer un capital touristique qui en fait aujourd'hui un lieu de séjour prisé des visiteurs. C'est sur cette île que l'on retrouve le secteur La Grave, faisant l'objet d'une ACA dans le cadre de la présente étude.

## **2.2 PROBLÉMATIQUES LIÉES AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES**

La position de l'archipel des Îles-de-la-Madeleine, situé en plein cœur du Golfe du Saint-Laurent rend ses côtes exposées aux vagues de tempêtes pouvant se former dans l'Atlantique Nord ou à même le Golfe du Saint-Laurent. Le côté est des Îles, où sont situés les trois secteurs à l'étude, est particulièrement vulnérable aux vagues de tempêtes provenant du nord-est.

À cette exposition naturelle s'ajoutent la modification des conditions hydroclimatiques découlant des CC qui viendra influencer la vulnérabilité des Îles-de-la-Madeleine aux aléas côtiers. D'une part, le rehaussement global du niveau des mers se superposera à la subsidence des Îles-de-la-Madeleine qui s'enfoncent à un rythme estimé entre 1,5 et 4,1 mm par année (Koozare et al., 2008; James et al., 2014; Han et al., 2015). La combinaison de ces deux phénomènes devrait mener à une augmentation du niveau marin de l'ordre de 50 cm environ d'ici 50 ans. D'autre part, l'adoucissement des conditions hivernales causera une réduction du couvert de glace et une augmentation potentielle des tempêtes en période d'eau libre, modifiant l'efficacité avec laquelle les tempêtes produiront des dommages sur la côte et par le fait même leur influence sur l'érosion des côtes.

La dynamique côtière et la sensibilité des côtes à l'érosion ont été analysées par l'UQAR. Les chercheurs du Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières de l'Université du Québec à Rimouski (LDGIZC-UQAR) ont noté que plusieurs études avaient été effectuées depuis le début des années 2000. Ces études démontrent

que la vitesse de déplacement du littoral lors de la période allant des années 90 à aujourd'hui serait représentative de l'évolution future du trait de côte, et ce, pour les prochaines décennies. Selon Bernatchez et al. (2008), cette dernière période serait caractérisée par un réchauffement important des températures moyennes annuelles. Ce réchauffement serait significatif depuis les années 80 pour ce qui est des températures hivernales.

Malgré que Bernatchez et Dugas (2014) aient noté des contraintes liées à la disponibilité des données relatives à l'évolution de la côte du Québec maritime, LDGIZC-UQAR disposait pour les Îles-de-la-Madeleine de données historiques et de données récentes sur l'évolution côtière (1990 à aujourd'hui). Ainsi, LDGIZC-UQAR a pu déterminer des taux de déplacement probables d'ici 2065 pour les huit segments géomorphologiques étudiés. Sommairement, les Îles-de-la-Madeleine, de par leur exposition et la composition géologique de leurs côtes présentent les taux d'érosion les plus importants du Québec maritime. Les taux probables estimés pour les secteurs à l'étude varient entre quelques centimètres par année dans les formations calcaires à des taux de plus d'un mètre dans les falaises de grès ou les terrasses de plage et les dunes. Ces taux sont présentés et expliqués dans les chapitres traitant plus spécifiquement de chacun des secteurs à l'étude.

Il est à noter qu'en raison de l'exposition du littoral et de la composition géologique des côtes des Îles-de-la-Madeleine, les côtes peuvent subir des reculs importants lors d'un seul événement de tempête. Toutefois, compte tenu de la difficulté de prédire quels segments de côte pourraient être affectés par de tels événements de tempête dans le futur, l'érosion due aux événements de tempête a été prise en compte directement dans le calcul des taux d'érosion historiques.

### **2.3 PROCÉDURE DE SEGMENTATION ET DE SÉLECTION**

Le littoral des secteurs à l'étude aux Îles-de-la-Madeleine a fait l'objet d'une segmentation de manière à ce que chaque segment de littoral soit suffisamment homogène pour y appliquer une même option d'adaptation. (LDGIZC-UQAR, 2015). En effet, une option d'adaptation envisagée pour une terrasse de plage n'est pas nécessairement la même que pour une flèche littorale ou un marais maritime, par

exemple. Les critères de segmentation utilisés sont le type de côte, la dynamique hydrosédimentaire, l'état de la côte, les protections existantes et l'environnement bâti. Suivant ce processus de segmentation et l'analyse préliminaire des enjeux spécifiques à chaque segment, 8 segments ont été sélectionnés et soumis à une ACA.

Dans le cadre de cette étude, un total de 8 segments a été retenu dans les 3 secteurs des Îles-de-la-Madeleine (tableau 2.1). Ces segments font face aux problématiques d'érosion, de submersion ou les deux à divers degrés.

**Tableau 2.1** – Liste des segments à l'étude par secteur

Secteurs	Segments à l'étude	Longueur (m)
Cap-aux-Meules	Camping du Gros-Cap	1 734
	Gros-Cap Est	180
	Échouerie Ouest	460
	Route municipale	1 258
	Plage municipale	345
	Centre-Ville	2 163
La Grave		440
Grande-Entrée		1 208

Il est à noter que l'ensemble de ces segments sont touchés par des problèmes d'érosion tandis que la submersion ne constitue une problématique que pour les secteurs de Grande-Entrée et de La Grave.

Le secteur Cap-aux-Meules, qui couvre un plus de 6 km de côte, comprend 6 segments, nommément le Camping du Gros-Cap, Gros-Cap Est, l'Échouerie Ouest, la Route municipale, la Plage municipale et le Centre-ville. Le secteur Grande-Entrée, couvre une distance de plus d'un kilomètre et comprend la zone portuaire de Grande-Entrée et une portion de la dune de la Pointe. Enfin, le secteur La Grave, s'étend sur une distance de 440 m couvrant essentiellement le secteur historique de La Grave.

Chaque segment est décrit en détail aux chapitres 4 à 6, puisqu'un chapitre est consacré à chacun des secteurs. Ces chapitres, en plus de présenter une description des caractéristiques et de la problématique des segments, identifient les options

d'adaptation considérées, leurs impacts potentiels, leurs coûts ainsi que les résultats de l'ACA et de l'analyse de sensibilité.



## 3. APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

Ce chapitre présente d'abord le processus consultatif mis en place par Ouranos afin de s'assurer de la pertinence de l'étude pour les décideurs locaux et régionaux. Les approches méthodologiques privilégiées dans le cadre de cette étude pour effectuer l'analyse hydrodynamique et l'analyse économique sont ensuite exposées.

### 3.1 PROCESSUS CONSULTATIF

La réalisation d'une analyse coûts-avantages nécessite une bonne compréhension des enjeux économiques, environnementaux et sociaux présents sur le territoire d'étude, de même que de la façon dont ces enjeux seront affectés par les interventions proposées.

Dans le cadre de ce projet, quatre comités ont été mis sur pied pour assister l'équipe de projet dans l'avancement de l'analyse : un comité local d'orientation, un comité régional, un comité technique et un comité aviseur. Le tableau 3.1 résume l'implication de chacun de ces quatre comités dans les différentes activités réalisées.

Dans chaque municipalité ciblée par l'étude, un comité local d'orientation (CLO) composé d'intervenants du milieu, de décideurs, de fonctionnaires et d'élus a été mis sur pied par la municipalité, afin d'orienter les travaux de l'étude en fonction des besoins et des réalités locales. Dans le cas des Îles-de-la-Madeleine, le comité local d'orientation était composé essentiellement de fonctionnaires municipaux, de même que de fonctionnaires du MTQ et d'intervenants de groupes environnementaux (Comité ZIP et Attention Fragîles). En plus de fournir de nombreuses données à l'équipe de projet, les



membres du comité local d'orientation se sont réunis à quatre reprises au cours de la réalisation de l'étude. La première rencontre a eu lieu en début d'étude afin de discuter des objectifs et de la méthodologie de l'ACA, de définir avec précision les différents segments biophysiques retenus et de discuter de façon préliminaire des options d'adaptation envisagées pour chacun des segments. Au même moment, l'équipe de projet avait rencontré le conseil municipal afin d'obtenir le support des autorités politiques au projet.

**Tableau 3.1** - Processus consultatif et rôle des comités

Activités		CLO	CR	CT	CA
1	Définition de l'approche méthodologique				X
2	Validation des segments biophysiques	X			
3	Validation des scénarios d'érosion				X
4	Identification d'options d'adaptation	X	X	X	
5	Identification des impacts des options étudiées	X	X		
6	Évaluation économique des coûts et avantages	X		X	
7	Analyses coûts-avantages à l'horizon 2065				X

CLO : Comité local d'orientation, CR : Comité régional, CT : Comité technique, CA : Comité aviséur

La deuxième rencontre a permis d'échanger sur les options d'adaptation à retenir pour chacun des segments étudiés et d'identifier les impacts potentiels de ces options sur les milieux humain et biophysique. La troisième rencontre du comité local d'orientation visait, quant à elle, à discuter des hypothèses posées pour estimer la valeur économique des impacts.

Enfin, une dernière rencontre visait à présenter les résultats préliminaires de l'étude au CLO, afin de prendre en considération leurs commentaires et suggestions. Tous les élus du conseil municipal ont été invités à cette dernière rencontre afin qu'ils puissent se familiariser avec l'approche méthodologique et s'approprier les résultats.

Le comité régional (CR), pour sa part, a participé à l'identification des options d'adaptation potentielles et des impacts que ces options pourraient avoir sur la faune, la



flore, les infrastructures et les activités de pêche. Les résultats préliminaires de l'étude ont aussi été discutés avec le CR afin de valider certaines conclusions. Les cinq ministères québécois représentés sur le comité régional incluent le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), le ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire (MAMOT), le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), le ministère de la Culture et des Communications (MCC) et le Ministère des Transports du Québec (MTQ). Des représentants du ministère Pêches et Océans Canada siégeaient également sur ce comité.

Quant au comité technique (CT), il était composé de spécialistes dans le domaine côtier, dont deux ingénieurs côtiers, deux géomorphologues, un océanographe et des économistes. Le comité s'est rencontré une fois en début d'étude lors d'une séance de remue-méninges afin de proposer, pour chacun des segments, des options d'adaptation aux problématiques côtières en jeu.

Enfin, le comité aviseur regroupait des spécialistes du milieu côtier et de l'analyse coûts-avantages, ainsi que des représentants des organismes finançant le projet. Ce comité avait comme mandat de valider les grandes orientations de recherche du projet et la méthodologie adoptée pour réaliser les différentes étapes de l'étude. Le comité s'est réuni deux fois au cours du projet.

### **3.2 ANALYSE HYDRODYNAMIQUE**

L'érosion et la submersion sont des phénomènes complexes auxquels sont exposés les actifs et activités en bordure du littoral des Îles-de-la-Madeleine. Cette section présente d'abord les hypothèses reliées à la submersion (3.2.1) suivies de celles relatives à l'érosion des côtes (3.2.2). Dans les deux cas, les informations géomorphologiques proviennent directement ou sont dérivées de la *Base de données d'évolution, de classification et d'utilisation des zones côtières du Québec* (LDGIZC-UQAR, 2015).

### 3.2.1 Hypothèses relatives à la submersion

Les épisodes de submersion résultent de niveaux d'eau extrêmes, lesquels proviennent de la conjugaison de deux phénomènes : la *surcote* de niveau d'eau marégraphique et les hautes vagues. La submersion se produit lorsque la hauteur du niveau d'eau, combinée à la hauteur du niveau des vagues, excède la hauteur du terrain à l'arrière de la zone littorale. Une partie de ce débordement provient du *jet de rive* ou *runup*, c'est-à-dire du phénomène de transformation de l'énergie des vagues après leur déferlement en un courant ascendant vers la rive.

Les vagues se forment lors des épisodes de grands vents qui surviennent généralement lors des tempêtes. On s'attend donc généralement à ce qu'une surcote de tempête soit accompagnée de forts vents et donc de vagues (sauf lorsqu'il y a un couvert de glace, que les vents ne sont pas suffisamment forts ou que les vents ne sont pas orientés dans le secteur critique à un segment de côte en particulier). Dans l'approche statistique pour déterminer les récurrences de niveaux d'eau totaux pouvant causer de la submersion à la côte, ces paramètres ont donc été considérés comme partiellement dépendants.

En ce qui concerne les conditions futures, les récurrences de niveaux d'eau totaux seront affectées par l'augmentation du niveau marin relatif et l'adoucissement hivernal. Le premier est dû principalement au réchauffement des océans (par expansion thermique) et à l'enfoncement du continent (*ajustement isostatique*). Quant à l'adoucissement des températures hivernales, il est anticipé qu'il réduira la superficie de glace de mer, ce qui laissera libre cours à la formation de vagues pendant une période annuelle plus longue (Bernatchez et al., 2008).

À la lumière de ces fondements, l'approche générale a consisté à élaborer des périodes de retour de hauteurs de submersion pour la situation actuelle de même que pour les horizons temporels de 2030 et 2055, afin de soutenir le développement de projections de niveaux d'eau extrêmes. Ces niveaux d'eau incluent l'impact des changements climatiques et s'appuient sur une série d'hypothèses concernant :

- les probabilités de surcotes de tempête;
- les probabilités de vagues et le *jet de rive* associé;



- les paramètres qui feront varier les probabilités dans le futur, c'est-à-dire la hausse du niveau marin et le mouvement isostatique; et
- les probabilités conjointes de surcote de tempête et de vagues dans le présent et le futur entre les extrêmes de niveaux d'eau et de vague (hypothèse des paramètres partiellement dépendants).

Les hypothèses retenues sont résumées au tableau 3.2. La méthodologie complète est disponible dans un rapport méthodologique complémentaire à la présente étude (Boyer-Villemaire et al., 2016).

**Tableau 3.2 – Résumé des hypothèses sous-tendant les probabilités de submersion pour les Îles-de-la-Madeleine**

<b>Paramètre</b>	<b>Hypothèses, explications et sources de données</b>
<b>Hausse du niveau marin</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- RCP 8.5 du GIEC (2013) : interpolation des valeurs annuelles à partir d'une polynomiale d'ordre 2 sur les valeurs décennales fournies par le GIEC, appliquées pour les intervalles 2010-2030 et 2010-2055</li> <li>- Hausses utilisées : actuel : +2 cm; 2030 : +13 cm; 2055 : +29 cm</li> </ul>
<b>Mouvement isostatique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valeur de -3,5 mm/an estimées Koohzare et al., 2008.</li> </ul>
<b>Récurrence des niveaux d'eau extrêmes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Données : issues du modèle de Z. Xu (2015), Institut Maurice-Lamontagne / Pêches et Océans Canada. <ul style="list-style-type: none"> <li>o La Grave : Niveaux d'eau modélisés à Cap-aux-Meules</li> <li>o Grande-Entrée : Niveaux d'eau modélisés à Grande-Entrée</li> </ul> </li> <li>- Récurrences : analyse probabiliste par la méthode de dépassement de seuils (plus petit maximum annuel) basée sur l'estimation des paramètres et l'ajustement des résidus à une distribution de Gumbel</li> </ul>
<b>Récurrence des hauteurs significatives de vagues (Hs)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Données : Modèle de vagues au large GENEREUX, 1980-2012, récif de la Perle (47.34667 / -61.52583), Neumeier et al., 2013.</li> <li>- Récurrences : analyse probabiliste par la méthode de dépassement de seuils (plus petit maximum annuel) basée sur l'estimation des paramètres et l'ajustement des résidus à une distribution de Gumbel</li> </ul>
<b>Probabilités conjointes des niveaux d'eau extrêmes et des vagues</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hypothèse des paramètres partiellement dépendants : basée sur une analyse statistique exploratoire, où : <ul style="list-style-type: none"> <li>- 8 événements sur 121 événements extrêmes sont survenus à la fois en eau libre, avec des fortes vagues et des vagues provenant du secteur critique (6,6 %).</li> </ul> </li> </ul>
<b>Jet de rive</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les mesures de terrain combinées au LIDAR ont permis de calibrer un paramètre de transformation des vagues au large en jet de rive à</li> </ul>

Paramètre	Hypothèses, explications et sources de données
<b>Hausse du niveau marin</b>	- RCP 8.5 du GIEC (2013) : interpolation des valeurs annuelles à partir d'une polynomiale d'ordre 2 sur les valeurs décennales fournies par le GIEC, appliquées pour les intervalles 2010-2030 et 2010-2055 - Hausses utilisées : actuel : +2 cm; 2030 : +13 cm; 2055 : +29 cm
	la côte à 15,5 %. Ce paramètre s'applique à La Grave et Grande-Entrée.

À la lumière des hypothèses précédentes, les tableaux 3.3 et 3.4 présentent les niveaux de submersion actuels et futurs pour les secteurs vulnérables à la submersion, soit La Grave et Grande-Entrée. Les tableaux présentent à la fois les niveaux d'eau extrêmes avec et sans jet de rive. Les niveaux sans jet de rive sont réservés aux secteurs protégés par un cordon ou une flèche littorale qui bloque le jet de rive (fond de la lagune à Grande-Entrée). À partir de ces niveaux extrêmes pour diverses récurrences, il a été possible de créer des scénarios de probabilité d'occurrence et de les transformer en dommages à l'environnement bâti, comme décrit à la section 3.3.

**Tableau 3.3 – Niveaux de submersion futurs pour La Grave**

Niveau extrême total (m géodésique)						
Période de retour	Sans jet de rive			Avec jet de rive		
	2005	2030	2055	2005	2030	2055
2 ans	0,89	1,12	1,35	1,62	1,85	2,08
5 ans	1,01	1,24	1,47	1,86	2,09	2,32
10 ans	1,10	1,33	1,56	2,02	2,25	2,48
20 ans	1,19	1,42	1,65	2,19	2,42	2,65
30 ans	1,24	1,47	1,70	2,28	2,51	2,74

**Tableau 3.4 – Niveaux de submersion futurs pour Grande-Entrée**

Niveau extrême total (m géodésique)						
Période de retour	Sans jet de rive			Avec jet de rive		
	2005	2030	2055	2005	2030	2055
2 ans	0,77	1,00	1,23	1,50	1,73	1,96



5 ans	0,93	1,16	1,39	1,77	2,00	2,23
10 ans	1,04	1,27	1,50	1,97	2,20	2,43
20 ans	1,16	1,39	1,62	2,16	2,39	2,62
30 ans	1,23	1,46	1,69	2,27	2,50	2,73

### 3.2.2 Hypothèses relatives à l'érosion

Les taux d'érosion utilisés ont été fournis par le LDGIZC. Ils ont été calculés sur une base historique à l'aide de photographies aériennes, de bornes de mesures sur le terrain et d'imageries satellitaires. Le choix du taux de déplacement probable par l'UQAR est expliqué de manière détaillée dans Bernatchez et al. (2015). Il est essentiellement basé sur une évaluation d'experts du mode d'évolution de la côte et de la période historique la plus représentative de ce mode d'évolution, en tenant compte des impacts attendus des changements climatiques sur ce dernier.

Les taux probables sont présentés au tableau 3.5. Ces taux indiquent que tous les secteurs/segments seront en érosion. Les Îles-de-la-Madeleine affichent parmi les taux de recul les plus importants de l'Est-du-Québec. Certains secteurs de terrasse de plage ou de dunes sont en érosion à un rythme dépassant un mètre par année (Grande-Entrée). Les secteurs de falaises de grès comme à Cap-aux-Meules montrent des taux inférieurs, mais relativement rapides, avoisinant cinquante centimètres par année.

**Tableau 3.5** – Taux d'érosion probable pour les Îles-de-la-Madeleine

Segment	Taux probable (m/an)	Recul événementiel (m)
<b>Secteur Cap-aux-Meules</b>		
Camping du Gros-Cap	-0,37 à -0,82	-4,4
Gros-Cap Est	-0,45 à -1,0	-4,4 à -12,2
Échouerie Ouest	-0,45	-4,4
Route municipale	-0,38	-4,4
Plage de Cap-aux-Meules	-0,38 à -0,64	-4,4 à -12,5
Centre-ville	-0,31 à -0,43	-4,4 à -12,5



<b>Secteur Grande-Entrée</b>		
Zone portuaire	0	0
Dune de la Pointe Ouest	-1,61	-12,5
<b>Secteur La Grave</b>		
Secteur historique	-0,23	-16,9

Les reculs événementiels sont présentés à titre informatif seulement. De manière générale, ce taux de recul événementiel dépend du degré de consolidation de la côte; les côtes rocheuses étant les moins exposées à ce phénomène, alors que les flèches littorales et marais maritimes étant les plus exposés. Par ailleurs, les structures anthropiques complexifient les patrons de réfraction des vagues et peuvent concentrer ces phénomènes à certains endroits. Cependant, il n'est pas possible de prévoir l'occurrence de ces événements d'érosion et il n'existe pas de récurrences de ce type d'événement pour les Îles-de-la-Madeleine. Ce type de risque ponctuel à la côte est inclus dans les taux historiques, mais ni sa probabilité ni le moment de son occurrence ne sont explicitement considérés dans la méthode basée sur les taux annuels probables.

### 3.3 ANALYSE ÉCONOMIQUE

L'objet de cette étude est de comparer les différentes options d'adaptation à la non-intervention afin de déterminer s'il est préférable d'intervenir et quelle option d'adaptation serait la plus avantageuse économiquement, en tenant compte de l'ensemble des coûts et avantages sociaux, économiques et environnementaux.

La méthode utilisée est l'analyse coûts-avantages (ACA) qui permet de comparer la somme des avantages nets de chaque option d'adaptation, du point de vue de l'ensemble de la société. Il s'agit d'une méthode largement utilisée en analyse économique, notamment par les différents ordres de gouvernement depuis plusieurs décennies et dont les modalités sont bien connues des utilisateurs. Sur une période donnée, elle permet de prendre en compte les composantes économiques, environnementales et sociales d'un projet en estimant la valeur monétaire des impacts

du projet sur ces différentes composantes. L'ACA permet de comparer dans le temps différentes options d'adaptation sur une base commune à l'aide d'indicateurs, soit la valeur actualisée nette (VAN) et le ratio avantages-coûts (ratio A/C). Il devient alors possible de classer les options étudiées en fonction de leur performance économique.

Il est important de préciser qu'une ACA n'est pas une analyse financière. L'ACA prend en considération les avantages et les coûts directs et indirects d'une option, alors qu'une analyse financière s'intéresse seulement aux flux monétaires pour le promoteur. Ainsi, les coûts des externalités liées à la réalisation d'un projet, tels que les impacts sociaux et environnementaux, ne sont pas inclus dans une analyse financière, alors qu'ils le sont dans le cadre d'une analyse coûts-avantages.

La réalisation d'une ACA inclut six étapes principales : 1) identification des options d'adaptation possibles 2) identification des impacts appréhendés des options d'adaptation et de la non-intervention; 3) monétisation des impacts négatifs (coûts) et des impacts positifs (avantages); 4) estimation des coûts de mise en œuvre des options d'adaptation; 5) comparaison des coûts et des avantages; 6) analyse de sensibilité des résultats.

### 3.3.1 Identification des options d'adaptation

À la lumière du contexte de la zone d'étude et des rencontres réalisées avec les comités local, régional et technique, trois types d'options d'adaptation ont été sélectionnées pour chacun des segments à l'étude : des structures côtières rigides, des structures côtières mobiles et des options ne nécessitant pas d'intervention côtière (tableau 3.6).

**Tableau 3.6** – Options d'adaptation étudiées pour chacun des secteurs et segments

Secteur	Segment	Structure côtière rigide	Structure côtière mobile	Option sans structure côtière
Cap-aux-Meules	Camping Gros-Cap	Riprap Enrochement		Relocalisation stratégique
	Gros-Cap Est	Riprap Enrochement	Recharge avec butée	Relocalisation stratégique
	Échouerie Ouest	Riprap Enrochement		Relocalisation stratégique
	Route	Riprap		Relocalisation

	municipale	Enrochement		stratégique
	Plage municipale	Riprap Enrochement	Recharge avec butée	Relocalisation stratégique
	Centre-ville	Riprap Enrochement		Relocalisation stratégique
La Grave		Riprap Enrochement	Recharge de plage en gravier	Immunisation relocalisation stratégique
Grande-Entrée		Riprap Enrochement	Recharge de plage avec épis	Immunisation relocalisation stratégique

Les structures rigides représentent des structures d'ingénierie côtière classique, telles que des murs et des enrochements, qui modifient en profondeur la dynamique sédimentaire. Les structures mobiles, comme la recharge de plage, permettent un certain mouvement naturel des sédiments. Les options sans intervention côtière, quant à elles, visent plutôt à réduire l'exposition des actifs aux aléas en agissant sur les actifs à risque plutôt que sur le milieu. Le détail de la mise en œuvre, les coûts et les implications techniques de chacune des options sont décrits dans les chapitres consacrés à chacun des segments.

Les structures côtières rigides et mobiles qui ont été retenues pour analyse proviennent d'une étude réalisée par la firme Roche pour la municipalité des Îles-de-la-Madeleine (Roche, 2011). Compte tenu des différents paramètres biophysiques, géomorphologiques et océanographiques de la côte aux Îles-de-la-Madeleine, Roche a identifié de façon préliminaire des ouvrages qui pourraient protéger le littoral des Îles-de-la-Madeleine contre les aléas côtiers pour une période de 35 ans. L'extrapolation de la durée de vie des ouvrages de 35 à 50 ans et des coûts afférents s'est fait grâce à des consultations auprès d'ingénieurs côtiers. Les options d'adaptation pour le secteur La Grave ont été conçues de manière préliminaire par Consultants Ropars dans le cadre d'un rapport technique préparé pour Ouranos (Ropars, 2016).

### 3.3.2 Identification des impacts appréhendés

Une fois que les options d'adaptation pour un segment donné du littoral sont choisies, l'analyse économique peut alors débuter. Étant donné que chaque option exige d'intervenir dans un milieu où il existe déjà des activités économiques et sociales, il est



essentiel d'évaluer comment ces activités seront affectées par l'option proposée. Il en va de même pour l'environnement naturel qui est souvent perturbé par l'intervention humaine.

Un premier groupe d'impacts provient des aléas côtiers (érosion et submersion) et leurs conséquences directes. Il s'agit, entre autres, des pertes ou dommages aux terrains et aux bâtiments, ainsi que des coûts entraînés par le nettoyage des débris, les mesures d'urgence et les coûts d'évacuation. Ces impacts sont appelés dans le cadre de cette étude les impacts directs de l'érosion et de la submersion. Ils seront amplifiés par les changements climatiques dans la municipalité des Îles-de-la-Madeleine.

En plus des impacts liés directement à l'érosion et à la submersion, il y a les impacts économiques, environnementaux<sup>2</sup> et sociaux. Le tableau 3.7 présente les impacts positifs et négatifs appréhendés aux Îles-la-Madeleine.

**Tableau 3.7 – Ensemble des impacts appréhendés aux Îles-de-la-Madeleine**

Impacts	Impacts négatifs	Impacts positifs
<b>Liés à l'érosion et à la submersion</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perte ou dommage aux terrains</li> <li>- Pertes ou dommages aux bâtiments résidentiels ou commerciaux</li> <li>- Perte ou dommages aux infrastructures publiques</li> <li>- Nettoyage de débris</li> </ul>	
<b>Économiques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diminution de la valeur économique des propriétés</li> <li>- Pertes de marchandises et de revenus commerciaux</li> <li>- Pertes d'achalandage touristiques</li> <li>- Pertes d'emplois</li> </ul>	

<sup>2</sup> Les impacts environnementaux considérés dans le cadre de cette étude se limitent aux impacts à moyen et long termes des options d'adaptation sur le milieu biophysique. Les impacts appréhendés pendant la réalisation des travaux sont exclus, car ils sont généralement de durée trop limitée pour avoir un effet significatif sur la VAN. Toutefois, les études d'impact environnemental, dont les coûts sont pris en compte dans l'ACA, considéreront ces impacts comme il se doit selon les pratiques reconnues dans le domaine.



Impacts	Impacts négatifs	Impacts positifs
<b>Environnementaux</b>	- Perte d'habitats naturels	
<b>Sociaux</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perte de vue sur la mer</li> <li>- Perte d'accès à la mer</li> <li>- Détérioration de l'usage récréatif du littoral</li> <li>- Diminution de la qualité de vie (anxiété, insécurité, etc.)</li> <li>- Détérioration du paysage</li> <li>- Détérioration du patrimoine historique et culturel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Amélioration de l'usage récréatif du littoral</li> <li>- Amélioration de la qualité de vie (sécurité)</li> </ul> Amélioration du paysage

### 3.3.3 Monétisation des impacts appréhendés

Une fois les impacts des options d'adaptation identifiés et quantifiés, il est nécessaire d'estimer leur valeur monétaire. Dans le cadre de cette étude, plusieurs méthodes d'évaluation ont été utilisées selon la nature des impacts à valoriser et la disponibilité des données.

La monétisation des impacts à partir de transactions réalisées sur le marché a été privilégiée. Toutefois, en l'absence d'un marché pour le type d'impact considéré, les méthodes basées sur un marché connexe permettant de monétiser indirectement la valeur d'un impact ont été utilisées. Il s'agit, entre autres, de la méthode des prix hédoniques et celle des coûts de transport. Enfin, faute de données provenant de transactions directes ou indirectes, la monétisation de certains impacts a nécessité de recourir à des méthodes basées sur un marché hypothétique comme l'évaluation contingente.

Les hypothèses relatives à la monétisation des impacts des options d'adaptation sont présentées dans le chapitre portant sur chaque segment à l'étude. Quant aux principales hypothèses pour estimer les dommages causés par la submersion et l'érosion, elles sont brièvement expliquées ci-dessous.

### 3.3.4 Estimation des dommages par submersion

L'estimation des dommages probables causés par les événements de submersion est réalisée sur la base d'une approche par analyse de risque. Dans le cadre de cette étude, le risque est défini comme étant la combinaison des dommages causés par un aléa et de la probabilité de ce même aléa, et ce, pour l'ensemble des aléas possibles. Dans le domaine côtier plus spécifiquement, le risque est donc la combinaison des dommages associés aux épisodes de niveaux d'eau extrêmes et de leurs probabilités d'occurrence.

Pour chacun des bâtiments présents dans la zone d'étude, la projection des niveaux d'eau extrêmes de 2, 5, 10, 20 et 30 ans de récurrence ont été établis et les dommages correspondants ont été estimés. Pour ce faire, la hauteur d'eau atteinte a été comparée à la cote d'élévation du plancher principal pour ensuite calculer le dommage monétaire à l'aide d'une des courbes de dommages-hauteur d'eau. Ces courbes proviennent de Bonnifait (2005) et elles ont été construites de sorte à tenir compte des principales caractéristiques du bâtiment ayant une influence sur les dommages :

- Nombre d'étages
- Présence d'un sous-sol
- Sous-sol fini ou non fini

Une fois les dommages établis pour chaque événement, le dommage annuel moyen pour chaque bâtiment est calculé à l'aide de l'approximation de Riemann. Essentiellement, ce calcul est réalisé en additionnant les produits des dommages associés à chaque événement par la probabilité d'occurrence de ces événements. Les détails de ce calcul se trouvent à l'annexe A.

### 3.3.5 Estimation des dommages causés par l'érosion

Les dommages annuels liés à la perte de terrain sont calculés à partir de la projection linéaire des taux d'érosion probable, au prorata de la valeur de la superficie perdue. La valeur de la superficie totale provient du rôle d'évaluation 2014 qui reflète les prix du marché de 2012.

En cas de non-intervention, la perte économique est calculée à partir du moment où le trait de côte rejoint le point du bâtiment le plus près de la côte. Lorsqu'un bâtiment est exposé, une perte équivalente à la valeur foncière du bâtiment est comptabilisée. En fonction de la superficie de terrain restante au moment de la perte, une perte résiduelle de valeur du terrain est également enregistrée. Si la superficie restante de terrain est encore suffisamment grande pour qu'une nouvelle construction soit bâtie sur le terrain, ce sont plutôt les pertes annuelles de terrain qui continuent à être comptabilisées.

### **3.3.6 Estimation des coûts des options d'adaptation**

En plus des coûts liés aux impacts appréhendés, l'analyse coûts-avantages exige d'estimer les coûts de mise en œuvre et d'entretien des options d'adaptation. En général, ces coûts sont déterminés à partir de projets similaires ou en faisant appel à des ingénieurs spécialisés dans la conception des options considérées. Quoique ces coûts soient relativement faciles à estimer, puisqu'ils sont basés sur des projets déjà réalisés, ils demeurent tout de même approximatifs.

Dans la présente étude, les coûts des options d'adaptation impliquant des travaux de génie ont été estimés par la firme Roche (Roche, 2011) dans le cadre d'un mandat visant à identifier de façon préliminaire les ouvrages qui pourraient protéger le littoral aux Îles-de-la-Madeleine. Pour les options d'ingénierie étudiées dans le secteur La Grave, les coûts ont été établis en combinant les quantités estimées dans le cadre de l'étude de conception préliminaire réalisée par Consultants Ropars et les prix unitaires présentés dans l'étude de la firme d'ingénierie Roche (Roche, 2011).

Par ailleurs, en ce qui concerne le coût de l'immunisation ou du déplacement des actifs, la firme Héneault et Gosselin a fourni des coûts unitaires en fonction du type de revêtement des bâtiments. Ces coûts unitaires (au mètre linéaire) sont conformes aux coûts de mobilisation des équipements aux Îles-de-la-Madeleine.

### **3.3.7 Comparaison des coûts et des avantages**

Après avoir estimé les différents coûts et avantages de chacune des options d'adaptation et de la non-intervention, la prochaine étape consiste à calculer la somme



des avantages nets sur la période d'étude afin de pouvoir comparer les options entre elles. Ce calcul repose sur des hypothèses de base qui sont décrites ci-dessous.

*a) Population d'intérêt*

Dans le cadre de cette étude, la population considérée pour l'estimation des coûts et des avantages des options d'adaptation est la population des Îles-de-la-Madeleine. Le choix de la population d'intérêt se fait généralement sur la base des individus qui vont le plus bénéficier du projet parce qu'ils sont des usagers directs des infrastructures à risque ou qu'ils profitent indirectement des retombées économiques de la zone d'étude. Dans ce cas-ci, la population des Îles-de-la-Madeleine serait la première à bénéficier des options d'adaptation en vue de protéger le littoral.

*b) Horizon temporel*

L'horizon temporel retenu pour cette étude est de 50 ans, soit de 2015 à 2064. Le choix de cet horizon est lié à la durée de vie des infrastructures côtières. Une période de 50 ans représente une durée de vie réaliste pour de telles infrastructures. Ainsi, les options d'adaptation considérées dans l'ACA devront permettre de protéger le littoral sur l'ensemble de la période d'étude.

*c) Actualisation*

La méthode utilisée pour agréger les avantages et les coûts liés à une option d'adaptation donnée sur l'horizon temporel considéré est l'actualisation de ces derniers. Cette méthode permet de ramener les valeurs considérées pour chacune des années sur une même base à l'aide d'un facteur d'actualisation. La formule ci-dessous est utilisée pour estimer la valeur actualisée des avantages et des coûts :

$$VAN = \frac{f_i}{(1+r)^i}$$

Où :

VAN : Valeur actualisée nette

f = flux monétaires (avantages ou coûts)

i : période à laquelle le flux monétaire est observé

r : taux d'actualisation



Le taux d'actualisation représente le coût d'opportunité des fonds engagés tout au long de l'horizon considéré. Un taux d'actualisation plus élevé signifie que la valorisation des coûts et avantages futurs est moindre. Dans la présente étude, le taux d'actualisation choisi est de 4 %. Il s'agit du taux recommandé par Ouranos dans son guide de l'évaluation des avantages et des coûts de l'adaptation (Webster et al., 2008) et retenu pour la réalisation des études régionales lancées par Ressources naturelles Canada. Puisque le taux d'actualisation peut influencer les résultats de l'ACA, une analyse de sensibilité de  $\pm 2\%$  est également réalisée. Une telle analyse permet de vérifier si le résultat obtenu (soit la VAN) est robuste à un changement d'hypothèse.

Une autre hypothèse de cette étude est l'unité monétaire choisie, soit le dollar canadien de 2012. Il a été choisi en raison de la disponibilité des données économiques pour cette année de référence, notamment les valeurs foncières.

Quant aux résultats de l'ACA, ils sont présentés à l'aide de la valeur actualisée nette, soit la VAN. La VAN a l'avantage d'indiquer directement la perte ou le gain économique lié à chaque option en plus de l'ampleur de cet élément. Le ratio avantages-coûts est aussi utilisé, lorsque cela est opportun, afin de présenter les résultats en terme relatif. Ceci permet généralement de favoriser les options les moins coûteuses parmi celles qui ont une VAN similaire.

### **3.3.8 Analyse de sensibilité des résultats**

L'analyse de sensibilité permet d'examiner la robustesse de la VAN obtenue lorsque les hypothèses importantes de l'analyse varient. Ainsi, les paramètres ou hypothèses ciblés par une telle analyse sont choisis par rapport à l'influence qu'ils peuvent avoir sur les résultats de l'ACA. Cela apporte une information complémentaire sur la variabilité potentielle des résultats, aidant ainsi les décideurs à faire des choix mieux informés.

Les trois prochains chapitres présentent les analyses coûts-avantages réalisées pour chacun des segments à l'étude en se référant aux méthodologies et hypothèses précédemment énoncées dans ce chapitre.



## 4. SECTEUR CAP-AUX-MEULES

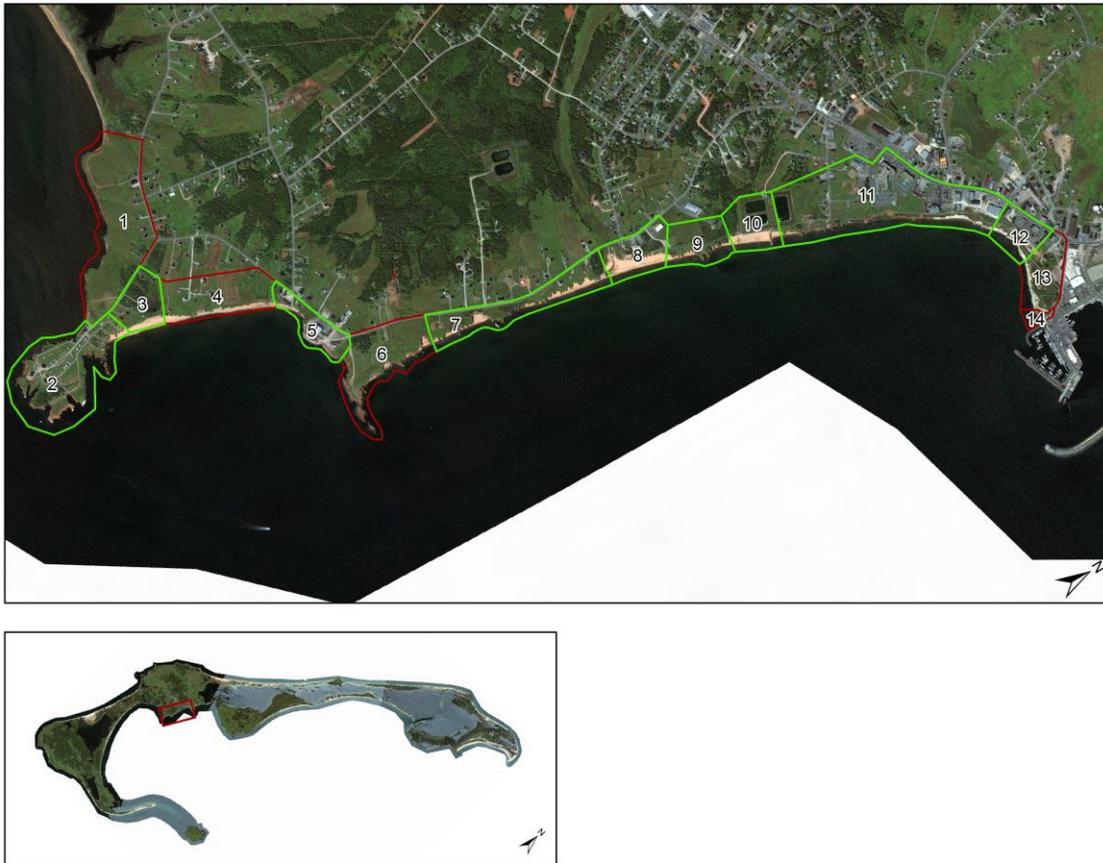
### 4.1 DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SECTEUR

Le secteur Cap-aux-Meules s'étend sur plus de 8,8 km de la falaise rocheuse à l'ouest du Gros-Cap jusqu'au début de la zone portuaire. Ce secteur a été initialement découpé en 14 segments en fonction de la procédure de segmentation décrite à la section 2.3. La figure 4.1 présente les 14 segments ayant été analysés initialement le long du littoral de Cap-aux-Meules.

Toutefois, suite à une analyse préliminaire, 5 segments ont été omis de l'ACA compte tenu de l'absence d'enjeux dans la période d'analyse retenue. Ces segments sont présentés dans le tableau 4.1 suivant. De plus, 4 segments ont été regroupés soit les segments 9 à 12 puisqu'ils partagent la même problématique : segments de falaises localisés au centre-ville, ils accueillent la piste multifonctionnelle (sentier du littoral) ainsi que quelques bâtiments résidentiels et commerciaux.

Ainsi, aux fins de l'ACA, 6 segments seront retenus dans le secteur de Cap-aux-Meules soit :

1. Camping du Gros-Cap (segment 2)
2. Gros-Cap Est (segment 3)
3. Échouerie Ouest (segment 5)
4. Route municipale (segment 7)
5. Plage municipale (segment 8)
6. Centre-ville (regroupement des segments 9-10-11-12)



**Figure 4.1** – Image satellite du secteur Cap-aux-Meules

Ces segments couvrent un total de 6,1 km de côte. Près de 90 % du littoral à l'étude est composé de falaises rocheuses, le reste étant constitué de terrasses de plage. Plus de 80 % de la côte est toujours active alors que moins de 25 % de la pente est recouverte de végétation, 8 % est semi-végétalisée et 12 % est stable du fait de la mise en place de mesure de protection (enrochement, blocs déversés, épi rocheux).

**Tableau 4.1 – Segments du secteur Cap-aux-Meules omis de l'ACA**

Segment	Localisation	Caractéristique	Enjeu
<b>Segment 1</b>	Segment de 1 027 m dans la zone de la falaise rocheuse à l'ouest du Gros-Cap	Basses falaises rocheuses de 4 à 5 mètres (96 %), aucune mesure de protection	Aucun enjeu. À cet endroit, les quelques bâtiments et infrastructures sont à plus de 130 mètres du bord du talus
<b>Segment 4</b>	Segment de 180 m de la fin du secteur Gros-Cap Est jusqu'à l'enrochement du motel	Falaises rocheuses (81 %), terrasse de plage (19 %), côte naturelle à 96 % sujette à l'érosion	Aucun enjeu majeur. Un seul bâtiment exposé à l'érosion d'ici 2065
<b>Segment 6</b>	Segment de 846 m localisé à la pointe de l'Échouerie	Falaises rocheuses (100 %), aucune mesure de protection	Aucun enjeu. Aucune structure. Route suffisamment éloignée et non exposée d'ici 2065
<b>Segment 13</b>	Segment de 256 m situé à la limite est du centre-ville de Cap-aux-Meules	Falaises rocheuses (100 %), aucune mesure de protection	Aucun enjeu. Structures résidentielles et commerciales suffisamment éloignées et non exposées d'ici 2065
<b>Segment 14</b>	Segment de 58 m situé au début de la zone portuaire	Côte artificielle (remblais de la zone portuaire)	Aucun enjeu

#### 4.1.1 Segment Camping du Gros-Cap

Le segment Camping du Gros-Cap, d'une longueur de 1 730 m, est constitué en quasi-totalité de falaises de grès rouge non protégées d'une hauteur variant entre 5 et 16 mètres. Au haut de cette presqu'île qui s'avance dans la baie de Plaisance, on retrouve un terrain de camping de plus de 125 sites et 4 bâtiments, dont un pavillon (le pavillon Montreuil), une auberge (l'Auberge internationale des Îles-de-la-Madeleine pouvant accueillir 30 personnes), une structure d'accueil et un abri. Sur la partie étroite conduisant au camping sont localisés une route et quelques bâtiments à l'est. Dans ce

segment, seul un court tronçon de 62 m (3 %) situé à l'arrière du bâtiment d'accueil, à l'endroit où la route est le plus près du littoral, est enroché.

Ce segment est très exposé aux vagues. Soumis à une érosion graduelle importante, il se trouve affaibli par la présence de failles et de grottes. Cette situation est problématique et peut entraîner des effondrements et des reculs soudains pouvant atteindre plusieurs mètres ainsi que la formation de profondes encoches d'érosion. Les taux d'érosion sont variables selon l'orientation de la côte et le type de processus en action :

Ouest du Cap : Taux de recul probable de -0,37 m/an (1963-1977)

Est du Cap : Taux de recul probable de -0,46 m/an (2001-2008)

Nord-est du Cap : Taux de recul probable de -0,82 m/an (2001-2008).

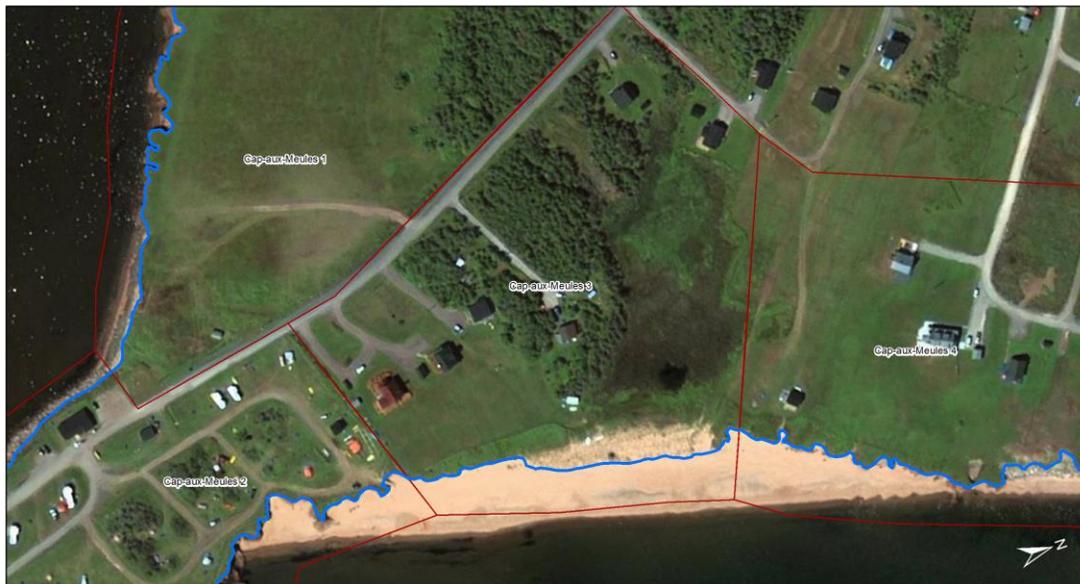
Le taux de recul événementiel dans ce type de côte est estimé à -4,4 m.



**Figure 4.2-** Image satellite du segment Camping du Gros-Cap

### 4.1.2 Gros-Cap Est

Le segment Gros-Cap Est s'étend sur une distance d'un peu plus de 180 m à partir de la limite est du segment Camping Gros-Cap. Il présente une terrasse de plage entre deux basses falaises rocheuses, sans aucune mesure de protection. On y retrouve quelques résidences et un petit marais.



**Figure 4.3** – Image satellite du segment Gros-Cap Est

La dérive littorale dominante transporte les sédiments du sud vers le nord. Les taux de déplacement mesurés de 2005 à 2012 à l'endroit des deux maisons les plus au sud (deux stations de suivi du LDGIZC) indiquent un recul moyen de -0,28 m/an avec un recul maximum de -0,70 m mesuré en 2010-2011. L'évolution historique montre que la période 1963-1983 a été la plus intense et c'est donc sur les taux observés pendant cette période (Bernatchez et al., 2012) que la présente analyse est basée. En fonction de la nature de la côte et de l'évolution historique de chaque section, le taux de recul probable du segment varie entre 0,45 m/an à -1,0 m/an. Le recul événementiel mesuré est de -4,4 m pour les falaises rocheuses et de -12,2 m à l'endroit de la terrasse de plage.

Une brèche dans la dune pourrait entraîner la submersion du milieu humide (marais) lors de tempêtes et peut-être même, un risque d'inondation de la maison au nord du secteur, laquelle est construite à une altitude d'environ 3 m. Au sud, les résidences sont situées à une altitude plus élevée (6 m) et pourraient être exposées à l'érosion d'ici 2065.

#### 4.1.3 Segment Échouerie Ouest

Ce segment est constitué de basses falaises rocheuses sur une distance de 460 m dont la moitié est artificialisée. Il s'étend de l'enrochement du motel L'Archipel jusqu'à la pointe de l'Échouerie. L'enrochement devant le motel et l'usine de transformation est en bon état sauf pour une petite portion de 24 m (10 %) qui est très endommagé. On trouve également sur ce segment une résidence.



**Figure 4.4** – Image satellite du segment Échouerie Ouest

La dérive littorale dominante transporte les sédiments de l'ouest vers l'est. Le taux de recul probable est estimé à -0,45 m/an (sur la base de la période 2001-2008) et le recul événementiel mesuré est de -4,4 m à l'endroit des falaises rocheuses.

Les commerces sont protégés par des enrochements. Les bâtiments sont toutefois très près de la côte ce qui exige un entretien régulier des structures de protection afin de les maintenir en bon état. L'impact de l'artificialisation de ce secteur est minime sur la dynamique hydrosédimentaire des segments voisins. Par contre, les ouvrages concentrent les vagues dans la partie centrale, entre le motel et l'usine ce qui accélère le processus d'érosion dans la section où la route est la plus près de la côte.

#### **4.1.4 Segment Route municipale**

Sur ce segment, le littoral est composé à 100 % de falaises rocheuses sur une longueur de 1 258 m. La côte est active sur 86 % du segment, le reste étant artificialisé au moyen d'enrochement (78 %) ou de blocs déversés (22 %) dont près de 40 % sont en très mauvais état. Le segment accueille à proximité du rivage des bâtiments et une route municipale.

Les falaises subissent une érosion graduelle. Les mesures faites sur 7 stations de suivi du LDGIZC entre 2005 et 2012 indiquent un taux de recul moyen de -0,31 m/an. Le recul maximal enregistré était de -2,30 m en 2011-2012, ce qui montre que des reculs importants peuvent survenir annuellement. Aux fins de l'ACA, le taux de recul probable projeté est de -0,38 m/an (enregistré sur la période 1963-1983) et le recul événementiel mesuré de -4,4 m.

La dureté variable du grès entraîne la formation d'encoches d'érosion dans tout le segment. Ces encoches reculent plus rapidement que le reste de la côte et nécessiteront de protéger certains tronçons de route et peut-être même, de relocaliser quelques résidences de manière progressive, à mesure que ces infrastructures seront exposées. Déjà, 2 encoches s'approchent dangereusement de la route (moins de 10 m). De plus, toutes les résidences sont à moins de 33 m du bord de la falaise, dont une à environ 15 m. Les actifs concernés dans ce segment comprennent donc 4 résidences de même que la route municipale.



**Figure 4.5** – Image satellite du segment Route municipale

#### **4.1.5 Segment Plage municipale**

D'une longueur de 345 m, ce segment est constitué à 90 % d'une terrasse de plage bordée à l'ouest par une petite portion de falaises rocheuses. Un peu moins du quart de la côte est artificialisé par un enrochement (68 %) de même que par des blocs déversés (32 %). Près du tiers de ces ouvrages est complètement endommagé.

À l'ouest du segment, on trouve un petit cours d'eau qui est susceptible de produire des épisodes d'inondation lors des grandes marées combinées avec de fortes pluies. Lors de la tempête de 2010, une portion de la route municipale a d'ailleurs été inondée pendant quelques heures.

Au niveau de l'érosion, les mesures faites sur une station de suivi du LDGIZC entre 2005 et 2012 indiquent un taux de recul moyen de -0,54 m/an sur ce segment. Le recul maximal enregistré a été de -2,52 m en 2010-2011, ce qui montre que des reculs importants peuvent survenir annuellement, surtout lors des tempêtes. Aux fins de l'ACA, le taux d'érosion probable projeté est, pour la portion constituée d'une terrasse de plage,

de -0,64 m/an (enregistré dans la période 1963-1983). Un taux de -0,38 m/an (1963-1983) est considéré pour la portion de la côte composée de falaises rocheuses.

On retrouve dans ce secteur des bâtiments (condos), une portion de la route municipale ainsi que le début d'un sentier multifonctionnel longeant le littoral. Cette portion du sentier est présentement fermée en raison de l'érosion de la dune.



**Figure 4.6** – Image satellite du segment Plage municipale

#### 4.1.6 Segment Centre-ville

Ce segment s'étend sur 2 163 m et constitue le littoral du centre-ville de Cap-aux-Meules. Il est formé à 90 % de falaises rocheuses et à 10 % de terrasses de plage. Environ 9 % de la côte est artificialisée : épis rocheux (42 % en très mauvais état) et blocs déversés.

Le taux de recul probable sur ce segment varie de -0,38 m à -0,43 m. Le recul événementiel est de - 4,4 m pour les portions de falaises rocheuses et de -12,5 m, à l'endroit des terrasses de plage.

Dans ce segment, le principal actif concerné par l'érosion au cours de la période à l'étude est le sentier multifonctionnel du littoral emprunté tant par des piétons que des cyclistes, résidents et touristes. Ce sentier est à proximité du bord du talus de la côte tout au long du segment et sera menacé par les encoches d'érosion à court terme.



**Figure 4.7** – Image satellite du segment Centre-ville

#### **4.1.7 Problématique**

La problématique dans ce secteur est liée à l'érosion. Tous les segments en tout ou en partie sont composés de falaises de grès rouge très vulnérables à l'érosion. Ainsi, plusieurs actifs deviendront exposés au cours de la période d'étude retenue soit 50 ans. Les actifs principaux sont des bâtiments résidentiels, commerciaux et industriels, le site du camping du Gros-Cap, une portion de la route municipale à l'est de Cap-aux-Meules et le sentier du littoral longeant le centre-ville. Les pertes ou dommages à ces actifs conduisent également à la perte de revenus commerciaux, à des pertes d'emplois et à des pertes d'usage du littoral ou des actifs présent en bord de mer.

#### 4.1.8 Option de non-intervention

L'option de non-intervention constitue le scénario de référence de l'ACA et suppose que la situation actuelle se perpétuera pour les 50 prochaines années. La non-intervention implique donc que la côte s'érodera à un rythme représentatif des observations historiques présentées aux sections précédentes. Dans le secteur de Cap-aux-Meules, on ne dénote aucune problématique de submersion provenant de la mer. En effet, la submersion observée dans le segment Plage municipale est davantage liée au débordement du ruisseau lors de crues printanières combinées à une surcote de tempête.

Concrètement, à mesure que la côte s'érodera, il y aura des pertes de terrain et certains bâtiments se retrouveront exposés. Des actifs à risque sont localisés dans tous les segments du secteur. Il est supposé que ces derniers seront démolis lorsque la côte les touchera en leur point le plus près du rivage, puisqu'il ne sera plus sécuritaire d'y habiter (bâtiments) ou de les utiliser (route, sentier multifonctionnel, commerces, usine).

#### 4.1.9 Options d'adaptation

Cette section présente l'ensemble des options d'adaptation ayant été considérées dans un ou plusieurs des segments à l'étude du secteur Cap-aux-Meules. Trois grands types d'options ont été proposés soient des structures côtières rigides (enrochement et riprap), des structures côtières mobiles (recharge de plage avec butée) et la relocalisation stratégique des actifs. Le tableau 4.2 présente les options proposées pour chacun des segments du secteur Cap-aux-Meules.

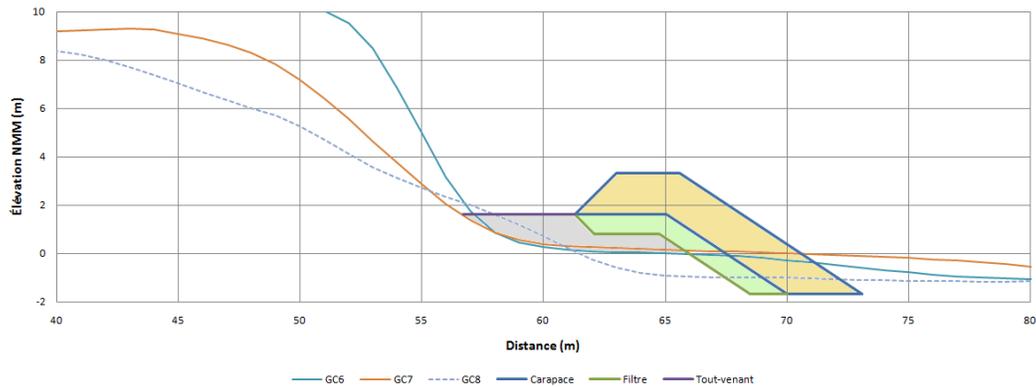
**Tableau 4.2** – Options étudiées pour chacun des segments de Cap-aux-Meules

Segment	Structure côtière rigide	Structure côtière mobile	Option sans structure côtière
<b>Camping Gros-Cap<sup>3</sup></b>	Enrochement Riprap		Relocalisation stratégique
<b>Gros-Cap Est</b>	Riprap	Recharge de plage avec butée	Relocalisation stratégique
<b>Échouerie Ouest</b>	Enrochement Riprap		Relocalisation stratégique
<b>Route municipale</b>	Enrochement Riprap		Relocalisation stratégique avec déplacement de la route Relocalisation stratégique seulement
<b>Plage municipale</b>	Enrochement Riprap	Recharge de plage avec butée	Relocalisation stratégique
<b>Centre-ville</b>	Enrochement Riprap		Relocalisation stratégique

a) *Enrochement (E)*

Cette option consiste à protéger la côte par enrochement classique avec une pente 1,5/1. La figure 4.8 présente une coupe-type d'un enrochement qui s'appliquerait dans ce secteur. Il s'agit d'un enrochement qui comprend deux couches de grosses pierres de carrière permettant d'absorber l'impact des vagues et un géotextile qui retient le matériel sous la roche. Cette option à l'avantage de moins interférer avec la dynamique sédimentaire. Elle permettrait de freiner l'érosion sur l'horizon temporel retenu dans les segments où elle s'applique.

<sup>3</sup> Pour le secteur Camping Gros-Cap, des discussions avec le gestionnaire du site ont eu lieu afin d'identifier les options d'adaptation à l'érosion cohérentes avec le site. Certaines options proposées, notamment l'installation d'un système de captation des sédiments grâce à un aménagement de rondins de bois, de filet et de technopieux, n'ont pas été retenues pour l'analyse par manque de données techniques et de coûts, de même qu'en raison de l'incertitude entourant leur efficacité.



Source : Tiré de Roche (2011)

**Figure 4.8** – Coupe-type de l'enrochement

#### b) Riprap (RR)

Le riprap est constitué de pierres de carrière de différentes grosseurs disposées en vrac sur la côte avec une pente de 20% (5/1). La pente adoucie, en comparaison avec l'enrochement classique, permet d'absorber et de diffuser l'énergie des vagues avant qu'elle n'atteigne la ligne de rivage. Vu cette pente, la hauteur atteinte par le jet de rive (*runup*) lorsque les vagues frappent l'ouvrage est inférieure à celle atteinte en présence d'un enrochement. Par conséquent, l'élévation nécessaire de la crête est plus faible pour un riprap que pour un enrochement.



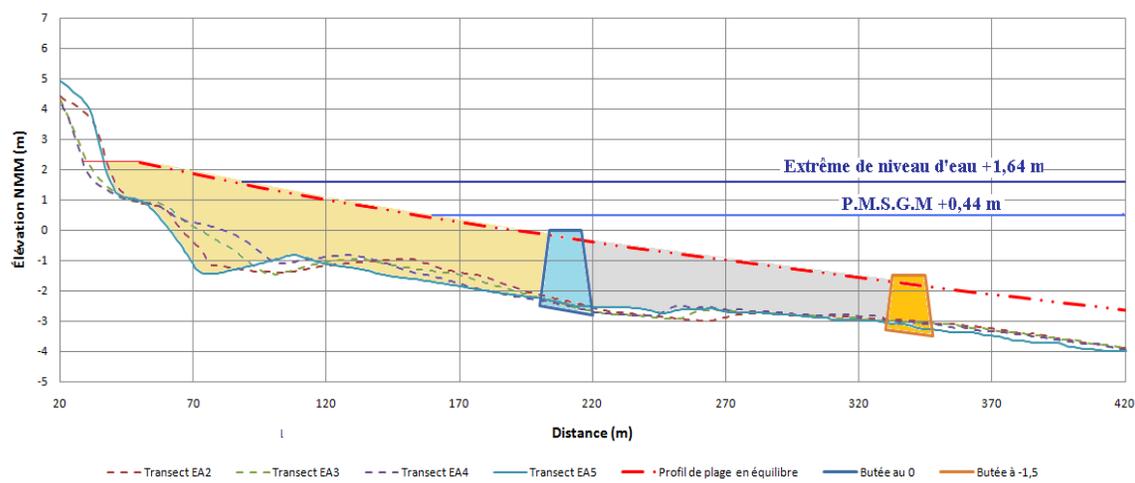
Source : Tiré de Roche (2011)

**Figure 4.9** – Coupe-type de l'option de riprap

c) *Rechargement de plage avec butée de pied (RPBU)*

La seule façon d'envisager un rechargement de plage à certains endroits du secteur Cap-aux-Meules est de concevoir ce rechargement combiné à une butée de pied pour assurer la stabilité de la plage (Roche, 2011). Afin de minimiser les dommages à la butée de pied, il serait important de placer la crête de cette butée le plus bas possible de façon à ce que les vagues et les glaces ne la détruisent pas rapidement. Par contre, plus on place la butée profondément, moins cette dernière est efficace pour réduire la hauteur des vagues et plus il faut mettre du sable pour construire la plage suspendue.

La figure 4.10 illustre la coupe-type d'un rechargement de plage sous la forme d'une «plage suspendue» dont le pied serait protégé par une butée qui serait en enrochement. Deux exemples de butée de pied sont illustrés, soit une butée dont la crête serait à 0,0 m NMM et une butée dont la crête serait à -1,5 m NMM. Une butée en enrochement pourrait être constituée de pierre de type « rip-rap » de 50 à 1 500 kg placée avec une crête d'au moins 12 m de largeur. Cette pierre pourrait être déversée directement d'un chaland. À cause des contraintes mécaniques auxquelles sera soumise cette pierre, il sera nécessaire de s'approvisionner à l'extérieur des Îles-de-la-Madeleine pour obtenir une qualité minimale des matériaux et une durabilité acceptable de l'ouvrage.



Source : Tiré de Roche (2011)

**Figure 4.10** – Coupe-type d'une recharge de plage avec butée

d) *Relocalisation stratégique (RS)*

Un bâtiment est relocalisé dès qu'il est à moins de 5 mètres du trait de côte. Le déménagement peut se faire sur le même terrain, s'il est suffisamment grand, sinon la relocalisation sera effectuée sur un nouveau terrain. Le déménagement sur un même terrain est favorisé dans la mesure où les règlements de zonage sont respectés et que les bâtiments déménagés sont hors de danger jusqu'à la fin de la période d'étude.

#### **4.1.10 Impacts appréhendés**

Avec son port, ses nombreux commerces, restaurants, lieux d'hébergement et autres services, Cap-aux-Meules est le centre névralgique de l'archipel. La nature y est partout présente et les points de vue magnifiques. Entre autres, le sentier du littoral, que les piétons et cyclistes peuvent emprunter sur plus de 2 km, donne sur des paysages maritimes d'exception où les falaises en grès rouge de l'île tiennent une grande place. Ainsi, il importe que les interventions sur le littoral répondent à des impératifs de protection et soient conçues de manière à minimiser les impacts négatifs appréhendés sur ces milieux, notamment au point de vue paysager.

Les impacts appréhendés sont de deux types. Les premiers, les impacts directs sont associés aux aléas côtiers. Ils comprennent essentiellement l'ensemble des dommages causés aux terrains, aux bâtiments et aux infrastructures par l'érosion et la submersion. Le second type d'impacts découle principalement des options d'adaptation ou des effets collatéraux des impacts directs. Ces impacts peuvent être de nature économique, environnementale ou sociale. Le tableau 4.3 compare les impacts appréhendés des cinq options étudiées dans le cadre de l'analyse coûts-avantages du secteur Cap-aux-Meules, soit la non-intervention (NI), l'enrochement (E), le riprap (RR), la recharge de plage avec butée (RPBU) et la relocalisation stratégique (RS).

La non-intervention implique évidemment des pertes de terrain et des dommages aux bâtiments dus à l'érosion. Les structures d'ingénierie, une fois mise en place permettront d'éviter ces dommages. La relocalisation stratégique, quant à elle, ne freine pas le processus érosif, mais réduit les dommages aux bâtiments.

**Tableau 4.3 – Comparaison des impacts appréhendés selon les options d'adaptation**

Types d'impacts	Impact appréhendé	NI	E	RR	RPBU	RS
<b>Impacts liés à l'érosion et à la submersion</b>	Pertes physiques de terrain	X				X
	Dommmages ou pertes de bâtiments résidentiels et commerciaux	X				X
	Dommmages aux infrastructures publiques	X				X
<b>Impacts économiques</b>	Modification de la valeur des propriétés					X
	Pertes de revenus commerciaux	X				X
	Pertes de retombées touristiques	X				X
	Perte d'emploi	X				X
<b>Impacts environnementaux</b>	Perte d'un marais	X				X
<b>Impacts sociaux</b>	Qualité de vie (anxiété, insécurité, dérangement)	X				X
	Perte ou modification de la valeur d'usage du littoral	X	X	X	X	X
	Modification de la vue ou de l'accès à la mer	X				X

NI : Non-intervention; E : Enrochement; RR : Riprap, RPBU : Recharge de plage avec butée; RS : relocalisation stratégique.

Les impacts économiques concernent la perte d'achalandage touristique lorsque des structures ou des sites d'hébergement sont affectés par l'érosion. Les pertes d'emplois découlant de la perte d'infrastructures commerciales (touristiques ou autres) supposent que les emplois ne pourraient pas être remplacés aux Iles-de-la-Madeleine. Finalement, les impacts économiques incluant également la perte de la valeur économique des terrains lorsque ceux-ci sont déclarés non constructibles. Cela ne se produit que lorsqu'un bâtiment est relocalisé sur un autre terrain, l'ancien terrain perdant alors son statut de terrain constructible et par le fait même sa valeur.

Les options de non-intervention et de relocalisation stratégique entraînent des impacts environnementaux (perte d'un marais) puisque rien n'est fait pour arrêter l'érosion de la côte.

Au niveau des enjeux sociaux, la non-intervention, de même que certaines interventions priveraient certains résidents d'une vue et/ou d'un accès à la mer. De plus, la perte du sentier du centre-ville ou de plages existantes engendrerait une perte d'accès au littoral pour les résidents et les visiteurs. La valeur accordée à l'usage du littoral a donc été évaluée. Enfin, pour les résidents vivant à proximité du littoral dans ce secteur, les événements de tempêtes peuvent être des moments de grande insécurité et de stress affectant leur qualité de vie, comme cela a été documenté sur la Côte-Nord (Séguin-Aubé, 2013). Une amélioration de la protection des berges pourrait potentiellement diminuer cet effet néfaste et bonifier la qualité de vie en bord de mer.

## **4.2 ESTIMATION MONÉTAIRE DES IMPACTS**

### **4.2.1 Impacts liés à l'érosion**

Les coûts de l'érosion associés à la non-intervention correspondent globalement aux avantages qu'offrent certaines des options d'adaptation, puisque celles-ci visent souvent à arrêter le processus d'érosion. En monétisant ces impacts directs, il est possible de mettre en perspective les enjeux relatifs aux actifs à risque si aucune mesure n'est mise en place. Tous les impacts présentés dans les paragraphes qui suivent sont associés à la non-intervention et sont exprimés en dollars de 2012 actualisés à 4 %.

#### *a) Pertes physiques de terrain*

Des pertes de terrain sont prévues annuellement en raison de l'érosion dans le secteur Cap-aux-Meules. La superficie perdue est calculée en se basant sur les taux d'érosion probable fournis par l'UQAR. La valeur économique des superficies de terrain perdues a été estimée en se référant au rôle d'évaluation de Cap-aux-Meules de 2014, lequel est représentatif des conditions de marché de 2012.

Les pertes de terrain sont comptabilisées jusqu'à ce que le bâtiment principal d'une unité d'évaluation soit considéré exposé. À partir de ce moment, la valeur du terrain restant est considérée perdue et les pertes de terrain des années subséquentes ne sont plus comptabilisées, car il est considéré non constructible. Il est à noter que la valeur résiduelle d'un terrain, lorsqu'il est considéré non constructible, est déterminée en

soustrayant de la valeur initiale du terrain la valeur des pertes annuelles déjà comptabilisées en lien à l'érosion.

Des pertes de terrain sont comptabilisées pour la non-intervention de même que pour la relocalisation stratégique. Des pertes liées à l'érosion sont également comptabilisées pour l'enrochement, le riprap et la recharge de plage avec butée, mais seulement pour la période précédant leur mise en place, c'est-à-dire avant 2018.

*b) Dommages ou pertes de bâtiments résidentiels et commerciaux*

Dans le secteur Cap-aux-Meules, les dommages ou pertes de bâtiments résidentiels découlent des impacts de l'érosion et sont comptabilisés dès qu'un bâtiment est exposé. Cette exposition est constatée une fois que le point du bâtiment le plus près de la côte est touché par le recul de la ligne de rivage. Une fois exposé, le bâtiment est considéré comme une perte totale et la valeur inscrite au rôle d'évaluation est utilisée pour comptabiliser cette perte. Si aucun autre bâtiment n'est présent sur le lot et que le lot est petit, le terrain est également considéré comme non constructible et perd sa valeur résiduelle (valeur totale moins les pertes annuelles de terrain enregistrées). Les pertes de bâtiments reliées à l'érosion ne sont constatées que dans le cas de la non-intervention.

*c) Dommages ou pertes d'infrastructures publiques*

Dans le secteur Cap-aux-Meules, l'érosion conduira à la perte de certaines infrastructures publiques soit des portions de la route municipale (segment Route municipale), du sentier multifonctionnel du littoral (segment Centre-ville) et de l'usine de traitement des eaux usées (segment Centre-ville).

Les coûts d'aménagement d'une route aux Iles-de-la-Madeleine, comprenant services d'égout et d'aqueduc, sont estimés à 1 000 \$ du mètre linéaire. Ce montant sera utilisé pour le calcul du coût d'aménagement d'un tracé alternatif ou du coût associé aux contournements des zones de la route qui seront exposées dans le segment Route municipale.

#### 4.2.2 Impacts économiques

Les impacts économiques dans le secteur Cap-aux-Meules sont liés à la modification de la valeur des propriétés, à la perte d'achalandage touristique et à la perte d'emplois.

##### a) *Modification de la valeur économique des terrains*

La modification de la valeur d'un terrain survient lors du déménagement d'un bâtiment sur un autre terrain. Cette perte de valeur est enregistrée lorsqu'un terrain est déclaré non constructible, i.e. une fois que le bâtiment est déménagé selon l'option de la relocalisation stratégique. La perte de valeur des terrains s'applique seulement pour les terrains qui sont trop petits pour que les bâtiments soient déménagés sur le même terrain.

Tel que décrit plus haut, dans le cas de la non-intervention, un terrain peut être déclaré non constructible lorsque son bâtiment principal est touché par l'érosion. Toutefois, à ce moment, la perte de valeur du terrain sera considérée comme une perte liée à l'érosion plutôt que comme un impact économique. Ainsi, les impacts économiques décrits dans la présente section ne peuvent s'appliquer que pour la relocalisation stratégique puisqu'il s'agit de la seule option où les bâtiments sont déménagés.

##### b) *Perte d'achalandage touristique*

La perte de terrains de camping, du pavillon Montreuil et de l'auberge à Gros-Cap, de même que du motel l'Archipel dans le segment Échouerie Ouest entraîne la perte de revenus commerciaux qui, s'ils ne peuvent être transférés à un autre site de camping ou un autre lieu d'hébergement, ailleurs aux Îles-de-la-Madeleine, constitue une perte économique pour la population d'intérêt.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Le calcul des pertes de retombées économiques dans le cadre de cette ACA se concentre sur l'impact direct des baisses d'achalandage sur les dépenses touristiques faites aux Îles-de-la-Madeleine. Il est évident qu'une telle baisse aura des impacts collatéraux sur les autres secteurs d'activités et sur la vitalité économique de l'archipel. Une modélisation d'impact économique intersectoriel sur l'emploi, les revenus, les taxes, etc. est toutefois en dehors de la portée de cette analyse, mais pourrait vraisemblablement mener à des pertes économiques plus importantes que celles estimées dans le cadre de cette étude.

Du côté du Camping Gros-Cap, la valeur de l'ensemble des dépenses (hébergement et hors hébergement) des campeurs qui ne pourront se relocaliser au camping de Barachois, lequel est considéré ici comme un site de substitution potentiel, constitue une perte de retombées économiques pour les Îles. En haute saison, soit du 15 juillet au 15 août (32 jours), tous les campings (et autres lieux d'hébergement) sont à pleine capacité aux Îles-de-la-Madeleine et la perte de sites de camping se traduit donc en une perte nette d'achalandage touristique. Celle-ci correspond à la perte de la valeur de la location d'un terrain et à la diminution des retombées économiques laquelle est calculée à partir des dépenses moyennes hors hébergement. Lors des sondages réalisés par Ouranos à la plage municipale et au sentier du littoral au mois d'août 2015, il a été possible d'évaluer ces dépenses à 63 \$ par personne par nuitée. Il est supposé que pour chaque site de camping non substitué, ce sont les dépenses moyennes de deux adultes qui sont perdues.

En dehors de la haute saison, lorsque le Camping Gros-Cap ne peut plus accueillir de nouveaux campeurs, la perte d'un site est alors égale à la perte de jouissance des campeurs (environ 5 \$) découlant de la relocalisation de ces derniers au Camping Le Barachois. Cette valeur correspond à la différence de prix moyenne entre deux sites ayant les mêmes services entre les deux centres de camping.

Dans le segment Échouerie Ouest, la perte du motel de L'Archipel entraîne la perte de 10 unités d'hébergement dont la clientèle ne pourra être relocalisée en haute saison. Ici aussi, les dépenses d'hébergement et hors hébergement constituent la valeur économique de la perte d'achalandage touristique. En dehors de la pleine saison, aucune perte de revenus commerciaux ou de retombées n'est comptabilisée. La même méthodologie s'applique l'auberge du Gros-Cap et au pavillon Montreuil (segment Camping du Gros-Cap).

### *c) Perte d'emplois*

Dans ce secteur, pour la non-intervention la perte de lieux d'hébergement (segment Camping Gros-Cap et Échouerie Ouest) et d'une usine de transformation de poisson (segment Échouerie Ouest) conduira à des pertes d'emplois permanentes qui ne

pourront pas être relocalisés ailleurs aux Îles-de-la-Madeleine étant donné les contraintes dans ces secteurs spécifiques.

La perte économique est calculée sur la base du nombre d'employés ayant perdu leur emploi, le nombre de semaines travaillées annuellement, le nombre d'heures par semaine et le salaire horaire moyen (21 \$ de l'heure (ISQ, 2015)). Le coût social des pertes d'emploi prend en considération plusieurs éléments, dont la capacité de marché de l'emploi à s'ajuster de même que celle de l'employé à se trouver un autre emploi dans un domaine différent de celui dans lequel il évoluait. Dans le contexte des Îles, le coût social lié à la perte d'emplois est égal à 20 % du salaire annuel net de l'employé (Bartik, 2013)

#### **4.2.3 Impacts environnementaux**

Le seul enjeu environnemental du secteur se situe au niveau de la protection du marais saumâtre du segment Gros-Cap Est. Ce type de marais en milieu marin abrite une flore et une faune particulière que l'on doit protéger. Les données utilisées pour établir la valeur de cet habitat sont tirées de Costanza et al. (2006). Dans cet article, les auteurs ont recensé les différentes études économiques réalisées sur la valeur des marais en milieu marin au New Jersey afin de déterminer une valeur économique moyenne pour ce type de milieu. Cette valeur était ensuite segmentée selon les services écologiques rendus par le marais. La valeur économique obtenue pour la destruction d'habitat naturel et de refuge a été estimée à 856 \$ par hectare par année. Faute d'études canadiennes sur la valeur économique des marais saumâtres, la situation de l'état du New Jersey a été jugée assez comparable au Québec pour permettre l'utilisation de cette valeur.

Aucune modification importante d'habitats naturels n'est anticipée pour les options d'ingénierie rigides ou mobiles.

#### **4.2.4 Impacts sociaux**

##### *a) Perte ou gain de vue ou d'accès à la mer*

Afin d'établir la valeur de la vue et de l'accès à la mer, les données provenant des évaluations de plusieurs bâtiments et terrains résidentiels, réalisées par une firme

d'évaluateurs agréés de la région gaspésienne, ont été analysées. Elles ont permis de comparer des terrains de plusieurs municipalités, dont Maria, New Richmond, Carleton-sur-Mer, etc. Une régression linéaire simple a permis d'extraire l'influence de la vue sur la mer et de l'accès à la mer sur le prix des terrains en contrôlant les autres facteurs pouvant affecter le prix des terrains tels la proximité à des services publics ou à des commerces. En utilisant cette méthode, les primes moyennes de vue sur la mer et d'accès à la mer obtenues sont respectivement de 8 797 \$ et 19 131 \$. Ainsi, dans les villes à l'étude, un terrain permettant d'avoir un accès à la mer, toutes choses étant égales par ailleurs, coûterait 19 000 \$ de plus qu'un terrain n'offrant pas un tel accès. De la même manière, un terrain offrant une vue sur la mer, indépendamment de l'accès à la mer, vaudrait environ 9 000 \$ de plus qu'un terrain sans vue sur la mer.

Le déplacement ou la démolition de bâtiments dans plusieurs des segments à l'étude affectera ces deux dimensions.

*b) Qualité de vie*

L'influence des tempêtes sur la qualité de vie des gens vivant dans les zones à risque constitue une problématique bien documentée (voir notamment Brisson et Richardson, 2009). Cependant, il est extrêmement difficile de chiffrer la valeur de cette perte de jouissance en termes économiques. Ainsi, dans le cadre de la présente analyse, cet impact est traité que de manière qualitative en soulignant que toutes les options d'adaptation étudiées devraient, par rapport à la non-intervention, améliorer la qualité de vie des résidents en diminuant l'insécurité.

*c) Modification ou perte de la valeur d'usage du littoral*

Dans le segment Centre-ville, les options de non-intervention et de relocalisation supposent que l'érosion entraînera la perte du sentier multifonctionnel du littoral emprunté tant par les cyclistes que par les piétons. De même, les structures d'ingénierie (enrochement, riprap) prévues sur le segment Plage municipale entraînent une perte d'usage de cette dernière. La monétisation de ces pertes passe par l'analyse de l'usage que les gens font de ces sites. Leurs comportements sont des indices qui permettent de déduire quelle place prend ces lieux dans leur vie, comment ils les valorisent et de

quelle manière cette valeur pourrait être affectée par la mise en place de l'une ou l'autre des options étudiées.

Suite à des sondages réalisés par Ouranos en août 2015, sur les habitudes de fréquentation du sentier du littoral et de la plage municipale, il a été possible d'attribuer une valeur d'usage à ces lieux. L'étude évaluait principalement le temps de transport pour se rendre au site (pour les résidents) et le temps passé sur le site (pour les résidents et les touristes). Le salaire horaire moyen net des travailleurs des Îles-de-la-Madeleine et le salaire moyen net de l'échantillon des touristes ont été utilisés pour établir respectivement la valeur du temps passé sur les sites par les résidents et les touristes.

Selon les données obtenues de ces sondages, la valorisation marginale du sentier multifonctionnel du littoral pour les résidents et les touristes est respectivement de 355 382 \$ et de 209 059 \$ pour un total de 564 442 \$. Cette valeur s'applique dès 2015 alors qu'une portion centrale de la piste sera touchée par l'érosion et que d'autres secteurs le seront peu après rendant le sentier impraticable. De la même manière, une valeur d'usage de la plage municipale a été calculée. Cette dernière est estimée à 158 197 \$ par année suite à l'enrochement du littoral. Pour l'option riprap, la moitié seulement de cette valeur est considérée puisque l'ouvrage est recouvert de sable annuellement ce qui permet de conserver une partie de la valeur récréative de la plage.

Le détail des calculs effectués pour déterminer la valeur d'usage du sentier du littoral et de la plage municipale est présenté à l'annexe B.

#### **4.2.5 Estimation du coût de la non-intervention et des options d'adaptation**

Les options d'adaptation envisagées impliquent des coûts de différentes envergures, lesquels ont été estimés à partir de consultations menées auprès d'experts dans le domaine.

La relocalisation stratégique consiste à déplacer un bâtiment en s'éloignant du bord de mer, sur le même terrain s'il y a de la place, ou sur un nouveau terrain en le transportant sur la route. Les coûts de déménagement des bâtiments sont des coûts génériques fournis par la firme de déménagement Héneault et Gosselin Inc. Les prix fournis varient

entre 1 300 \$ et 2 100 \$ du mètre linéaire selon les différents revêtements de bâtiments et la nature de la relocalisation (sur le même terrain ou sur un autre terrain). Voir l'annexe C pour les détails des coûts employés.

Ces coûts unitaires ont été appliqués à chacun des bâtiments nécessitant d'être relocalisé en fonction de leur revêtement extérieur respectif. S'ajoute à ces coûts, le coût de gestion des fils, lequel est faible si le bâtiment est déménagé sur le même terrain alors qu'ils sont plus importants si le bâtiment est relocalisé sur un autre terrain, car il faut gérer l'ensemble des fils présents sur le trajet de relocalisation. Soulignons, que, selon Héneault et Gosselin, l'usine de transformation sise dans le segment Échouerie Ouest ne peut être déménagée par les méthodes standards.

Les coûts de relocalisation stratégique sur d'autres terrains, quant à eux, comprennent également l'aménagement de services dans les quartiers qui accueilleront les bâtiments déménagés. Ces coûts sont estimés à 1 000 \$ du mètre linéaire de route avec services.

Dans le cas des structures d'ingénierie, une étude commandée par la municipalité des Îles-de-la-Madeleine et réalisée par Roche en 2011 a servi de base pour estimer les coûts des structures rigides et mobiles pour chacun des segments (Roche, 2011). Étant donné que l'étude de Roche ne couvrait pas exactement les mêmes zones que la présente analyse, une extrapolation des coûts a été réalisée. Cette extrapolation s'est faite sur la base de la compatibilité des structures selon le type de côte et l'exposition aux conditions hydrodynamiques.

Le coût de l'enrochement se situe entre 4 177 \$ et 6 903 \$ du mètre linéaire et inclut des frais de contingence de 20 %. À ce montant, il faut ajouter 15 % pour les frais d'ingénierie et les études préparatoires durant les deux années précédant la construction de l'ouvrage. Aucun entretien n'est requis sur la durée de vie utile de l'enrochement.

Le coût d'aménagement du riprap, lequel consiste essentiellement en une recharge avec des matériaux grossiers, varie entre 3 361 \$ et 5 154 \$ du mètre linéaire. À ce montant, il faut ajouter 15 % pour les frais d'ingénierie et les études préparatoires durant les deux années précédant la construction et 20% de frais de contingence. Cette option

requiert que trois recharges soient effectuées sur une période de 50 ans. La quantité de matériel requise pour la première, deuxième et troisième recharge est respectivement de 40%, 20% et 15 % du matériel initial.

Le coût d'aménagement de la recharge de plage avec butée est respectivement de 15 260 \$ et de 27 743\$ du mètre linéaire sur les segments Gros-Cap Est et Plage municipale. Les coûts sont plus importants pour le segment Plage municipale compte tenu de la largeur de cette dernière et de la nécessité de submerger la butée aux fins d'esthétisme. La butée serait toutefois visible sur le segment Gros-Cap Est. La durée de vie moyenne d'une recharge de plage est estimée à 7,5 ans. Ainsi, sur un horizon de 50 ans 6 recharges additionnelles sont requises : la première correspondant à 50 % du matériel initial et les autres à 20 %.

Il est important de mentionner que la non-intervention a également un coût de mise en œuvre puisqu'elle suppose que les bâtiments exposés seront démolis. Le coût de démolition des bâtiments a été estimé à 54 \$ le mètre carré<sup>5</sup> en plus d'un coût fixe de 3 240 \$ pour l'enlèvement des fondations.

### **4.3 ANALYSE COÛTS-AVANTAGES**

Ce chapitre présente l'ensemble des coûts et avantages estimés sur un horizon temporel de 50 ans pour la non-intervention et chacune des options d'adaptation. Une comparaison des coûts et des avantages de chaque option est effectuée par segment, dans le cadre du calcul de la VAN afin de comparer leur rentabilité économique.

#### **4.3.1 Camping Gros-Cap**

##### *a) Calcul des coûts sur 50 ans*

Les options d'adaptation proposées pour le segment Camping Gros-Cap sont le riprap (RR), l'enrochement (E) ainsi que la relocalisation stratégique (RS). Ce segment s'étend

---

<sup>5</sup> Le coût de démolition au mètre carré provient de l'étude intitulée *Analyse coûts-avantages de solutions d'adaptation à l'érosion côtière pour la Ville de Sept-Îles* (Tecsult, 2008). Ce coût a été actualisé à l'aide de l'indice des prix à la consommation canadien (IPC).

sur plus de 1 km et est constitué à 97 % de falaises rocheuses sans aucun ouvrage de protection. Cette presqu'île, sujette à l'érosion, abrite un camping, une auberge et d'autres bâtiments de même qu'une route dans sa partie la plus étroite.

Il est à souligner que malgré la présence de failles dans ce segment, la projection du taux d'érosion a été appliquée de manière uniforme sur tout le segment. De plus, même en non-intervention, une zone tampon de 5 m a été utilisée afin de conserver une marge de sécurité pour les campeurs. C'est ainsi que tout emplacement de camping se retrouvant à moins de 5 m du bord de la falaise est considéré comme perdu.

#### COÛTS LIÉS À LA NON-INTERVENTION

Les coûts liés à la non-intervention dans le segment Camping Gros-Cap concernent essentiellement la perte de revenus commerciaux due à l'érosion du terrain jusqu'en 2025, année où l'instabilité du terrain localisé à l'entrée du Camping Gros-Cap (partie étroite) sera telle qu'il ne sera plus sécuritaire de s'y rendre.

Les dommages aux actifs dus à l'érosion concernent un seul bâtiment (exposé en 2015) avant la perte d'accès complète au site. À partir de 2025, tous les bâtiments sont supposés démolis. Le coût des dommages aux bâtiments est évalué à 531 318 \$ alors que les pertes de terrain se chiffrent 28 557 \$ pour l'ensemble de la période. Les coûts actualisés de démolition du bâtiment, quant à eux, sont évalués à 72 217 \$.

La perte de l'accès en 2025 fera perdre un nombre important de sites de camping aux Îles-de-la-Madeleine. La valeur de la perte qui leur est associée est calculée en fonction de la capacité des campeurs à se relocaliser sur d'autres terrains. Le camping Le Barchois, localisé à Fatima sur l'île de Cap-aux-Meules, compte 128 places et pourrait, compte tenu de caractéristiques similaires, se substituer au Camping Gros-Cap. Il est considéré que les campings Gros-Cap et Le Barchois sont à pleine capacité entre le 15 juillet et le 15 août soit pendant 32 jours. Ainsi, pendant cette période, un terrain de camping perdu à Gros-Cap entraîne une perte complète de la valeur de location du terrain de camping pendant 32 jours. Pour les jours hors haute saison, la perte est égale à la perte de jouissance (5 \$) découlant d'une relocalisation des campeurs au Camping Le Barchois ou dans un autre camping.

Pour les campeurs qu'il est impossible de relocaliser (i.e tous les campeurs des sites perdus en haute saison), il est supposé une perte d'achalandage touristique, laquelle diminuera les retombées économiques aux Îles. Ces pertes de retombées économiques ont été calculées à partir des dépenses hors hébergement estimées à 63 \$ par personne par nuitée à partir des sondages faites par Ouranos.

Dès 2020, il est supposé également que les sites de camping réservés aux motorisés sur la partie étroite de la presqu'île ne pourront plus, pour des raisons de sécurité, être utilisés. La perte de dépenses (d'hébergement) correspond à 5 \$ par jour par site en haute saison (32 jours) puisqu'il est supposé que ces campings pourront être utilisés par d'autres campeurs (tentes). Le montant de 5 \$ constitue la différence entre le prix d'un terrain avec 2 services et celui avec 3 services.

La variation de l'achalandage touristique entraîne ainsi une réduction des retombées économiques (hébergement et hors hébergement) totalisant 10,01 M\$ sur l'horizon temporel considéré.

De plus, les hypothèses posées supposent que dès 2025 l'ensemble des emplois du camping (saisonnier et permanent) est perdu. La perte de ces emplois entraîne une perte correspondant à 20 % du salaire annuel net des employés pour une valeur actualisée de 518 582 \$.

Le coût actualisé net de la non-intervention s'élève ainsi à 11,22 M\$ de 2015 à 2064.

#### COÛTS LIÉS AU RIPRAP

La mise en œuvre du riprap comprend des coûts d'ingénierie, d'études préparatoires et de construction représentant une somme actualisée de 1,36 M\$. En raison de l'impact sur le paysage et de coûts prohibitifs, la mise en place de riprap n'est pas prévue sur tout le littoral du segment, mais seulement là où cette option permettra de préserver les bâtiments présents sur le site du camping, soit sur 287 m. Des coûts d'entretien de 0,41 M\$ sont également associés à la recharge en matériaux grossiers qui doit être effectuée tous les 15 ans soit à trois reprises sur la durée de vie utile de l'ouvrage (50 ans). Les coûts unitaires utilisés pour estimer le coût d'aménagement et d'entretien de l'ouvrage ont été calculés à partir des coûts unitaires établis par Roche (Roche,

2011). Les coûts liés à l'érosion des terrains s'élèvent à 6 177 \$ pour l'ensemble de la période d'analyse.

Cette option implique également des pertes d'achalandage touristique au fur et à mesure de l'érosion des terrains de camping. Toutefois, puisque l'auberge et le Pavillon Montreuil sont préservés, les pertes d'emplois associées sont évitées. Les impacts économiques résiduels pour cette option sont donc estimés à 3,16 M\$.

Ainsi, les coûts actualisés liés à la mise en place de cette option totalisent 4,94 M\$ sur l'horizon temporel 2015-2064.

#### COÛTS LIÉS À L'ENROCHEMENT

Le même raisonnement que pour le riprap s'applique pour l'enrochement. Celui-ci sera mis en place à certains endroits pour préserver les bâtiments, et ce, sur une longueur de 287 m. Il est en effet impensable pour des raisons de coûts et particulièrement pour des raisons d'esthétisme de procéder à l'enrochement de l'ensemble du Gros-Cap.

Les coûts liés à l'enrochement sont d'environ 2,04 M\$. Ce montant inclut les coûts d'ingénierie et des études préparatoires. Les coûts ont été estimés en supposant une durée de vie utile de 50 ans, au bout de laquelle l'ouvrage devra être reconstruit. Les coûts associés à l'érosion sont les mêmes que ceux du riprap et correspondent aux dommages dus à l'érosion pour la période 2015-2017 soit 6 177 \$. L'enrochement ne requiert aucun entretien annuel ou périodique.

Tout comme le riprap, cette option implique des pertes d'achalandage touristique de 3,16 M\$ et aucune perte d'emplois puisque l'auberge ainsi que le pavillon du camping sont préservés et que la perte des sites de camping s'effectue de manière graduelle sur la période d'analyse retenue.

Ainsi, les coûts totaux actualisés liés à la mise en place de l'enrochement s'élèvent à 5,21 M\$ sur l'horizon temporel 2015-2064.

#### COÛTS LIÉS À LA RELOCALISATION STRATÉGIQUE

Sur ce segment, les coûts de la relocalisation stratégique sont liés au déplacement de trois bâtiments : un premier en 2015, un deuxième en 2018 et un troisième en 2025

alors qu'il ne sera plus possible de se rendre sur la presqu'île. Le coût de déménagement de ces bâtiments totalise 575 848 \$. L'importance de ce montant est due au fait que l'auberge ne s'appuie que sur une dalle de béton et non sur une fondation. Il faut donc couper le bâtiment à environ 1 m du sol afin de le déménager. Les pertes de terrain dues à l'érosion s'élèvent, tout comme pour la non-intervention, à 28 557 \$.

Les pertes d'achalandage touristique, quant à elles, sont moins importantes que dans l'option de non-intervention et s'élèvent à 8,8 M\$. En effet, ici les bâtiments seront relocalisés et non démolis et il sera donc toujours possible d'y être hébergé. Les pertes d'emplois également seront réduites aux employés qui œuvraient strictement auprès des campeurs.

Au total, les coûts actualisés de la relocalisation stratégique s'élèvent à 9,40 M\$.

*b) Calcul des avantages sur 50 ans*

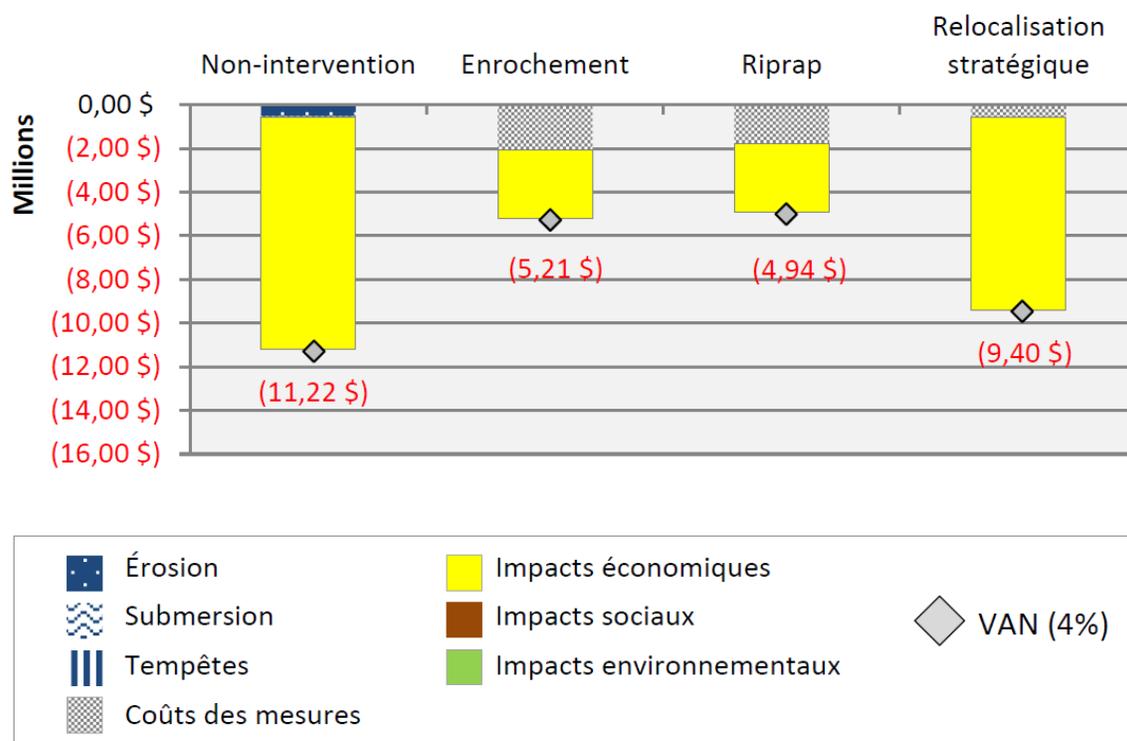
Les options d'adaptation étudiées dans le segment Camping Gros-Cap ne génèrent pas d'avantages particuliers en termes environnementaux, touristiques, récréatifs ou sociaux. Les avantages des options correspondent principalement aux coûts évités en matière d'érosion par rapport à l'option de non-intervention.

*c) Valeur actualisée nette et comparaison des options*

La valeur actualisée nette (VAN) a été calculée pour chacune des options d'adaptation étudiées, en utilisant les coûts quantifiés et monétisés auparavant. La VAN permet, entre autres, de discriminer les options en fonction de leur performance économique, et ce, même s'il y a absence d'avantages directs. La ventilation des VAN de chaque option d'adaptation est présentée au tableau 4.4 et à la figure 4.11. Le détail des coûts annuels pour la non-intervention et les options d'adaptation est présenté à l'annexe E.

**Tableau 4.4 – Coûts et avantages actualisés des options d'adaptation – Camping Gros-Cap**

Impacts actualisés nets	Non-intervention	Riprap	Enrochement	Relocalisation stratégique
Érosion*	(534 273 \$)	(6 177 \$)	(6 177 \$)	(28 557 \$)
Coûts des options	(72 217 \$)	(1 722 961 \$)	(2 044 328 \$)	(575 848 \$)
Impacts économiques	(10 618 420 \$)	(3 157 844 \$)	(3 157 844 \$)	(8 791 995 \$)
VAN	(11 224 910 \$)	(4 936 982 \$)	(5 208 349 \$)	(9 396 400 \$)
Avantages p/r non-intervention		6 287 928 \$	6 016 561 \$	1 828 510 \$
Ratios avantages-coûts		4,55	3,94	4,18

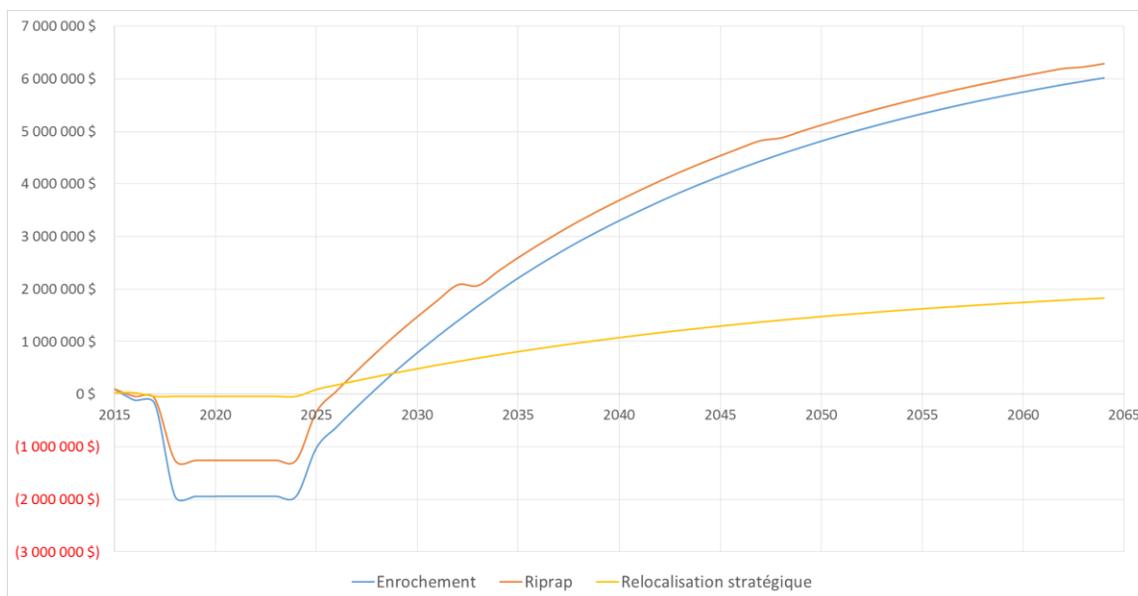
**Figure 4.11– Ventilation des coûts et avantages par option (M\$)**

Dans le cas présent, l'option qui minimise les coûts pour la société est le riprap. En effet, les coûts actualisés de cette option sont inférieurs de plus de 6,29 M\$ aux coûts de la

non-intervention. Les structures d'ingénierie de même que la relocalisation sont toutes plus avantageuses que la non-intervention, les coûts évités par ces options compensant largement ceux de la mise en œuvre de la mesure comme telle.

Les ratios avantages-coûts penchent également en faveur du riprap puisque que son ratio atteint 4,55 \$ d'avantages pour chaque dollar de coûts, comparativement à 4,18 et 3,94 respectivement pour la relocalisation stratégique et l'enrochement.

La figure 4.12 illustre la somme cumulée des avantages nets par rapport à la non-intervention actualisée à un taux de 4 % sur la période 2015-2064. Ce graphique permet de préciser à quel moment une option devient plus avantageuse que la non-intervention. Il est ainsi possible de constater que le riprap devient plus avantageux à partir de 2026. La relocalisation stratégique est avantageuse plus rapidement que les structures d'ingénierie (riprap et enrochement), soit en 2025, mais ne permet pas d'éviter autant de coûts. Cela fait en sorte que dès 2027, le riprap prend le dessus sur la relocalisation stratégique jusqu'à la fin de la période d'étude.



**Figure 4.12** – Somme actualisée des avantages nets par rapport à la non-intervention entre 2015 et 2064 – Camping Gros-Cap

d) *Analyse de sensibilité*

Cette section présente les VAN obtenues lorsque des hypothèses importantes de l'analyse sont modifiées. L'objectif de ces analyses additionnelles est d'examiner la robustesse de la VAN suite à de telles modifications. Celles-ci sont apportées aux hypothèses concernant le taux d'actualisation et la date où il ne sera plus possible d'accéder au Camping. Le tableau 4.5 indique de manière plus détaillée les analyses de sensibilité qui ont été effectuées.

**Tableau 4.5 – Paramètres de l'analyse de sensibilité – Camping Gros-Cap**

Paramètre	Variation
Taux d'actualisation	± 2 %
Réduction des pertes liées à l'achalandage touristique	-50 %
Perte de l'accès	En 2040/aucune

Le texte qui suit présente les variations de coûts de chacune des options considérées suite à la modification des différentes hypothèses indiquées au tableau 4.5.

TAUX D'ACTUALISATION

D'une part, la VAN de chacune des options demeure négative suite à une modification de plus ou moins 2 % du taux d'actualisation. D'autre part, la VAN comparée à la non-intervention indique que le riprap demeure l'option la plus avantageuse sur ce segment, dans les deux cas, suivi de près par l'enrochement. La relocalisation stratégique constitue la mesure la moins rentable parmi les options d'adaptation.

**Tableau 4.6** – Analyse de sensibilité – Taux d'actualisation de 2 et 6 % - Segment Camping Gros-Cap

Options d'adaptation	Taux d'actualisation		
	2 %	4 % (hypothèses de base)	6 %
VAN Non-intervention	(17 943 590 \$)	(11 224 910 \$)	(7 445 495 \$)
VAN Riprap	(7 340 896 \$)	(4 936 982 \$)	(3 608 908 \$)
VAN Enrochement	(7 398 711 \$)	(5 208 349 \$)	(3 990 591 \$)
VAN Relocalisation stratégique	(14 919 739 \$)	(9 396 400 \$)	(6 278 547 \$)
Riprap - Avantage net par rapport à la non-intervention	10 593 694 \$	6 287 928 \$	3 836 587 \$
Enrochement - Avantage net par rapport à la non-intervention	10 535 880 \$	6 016 561 \$	3 454 904 \$
Relocalisation stratégique - Avantage net par rapport à la non-intervention	3 014 851 \$	1 828 510 \$	1 166 948 \$

PERTE DE L'ACCÈS AU CAMPING RETARDÉE EN 2040

Dans l'ACA initiale, il est fait l'hypothèse qu'il ne sera plus possible, à partir de 2025, de se rendre au Camping compte tenu de l'instabilité du terrain à l'entrée de ce dernier. La présente analyse de sensibilité suppose que l'accès demeurera sécuritaire jusqu'en 2040.

Selon cette hypothèse, la valeur actualisée des coûts de la non-intervention diminue pour atteindre - 6,55 M\$ sur la période d'analyse. Le riprap constitue toujours l'option d'adaptation la plus avantageuse sur ce segment. Les résultats de l'analyse, selon ces nouvelles hypothèses, sont présentés au tableau 4.7.

**Tableau 4.7** – Analyse de sensibilité – Perte de l'accès au Camping Gros-Cap en 2040

Impacts actualisés nets	Hypothèses de base	Perte de l'accès en 2040
VAN Non-intervention	(11 224 910 \$)	(6 548 022 \$)
VAN Riprap	(4 936 982 \$)	(4 936 982 \$)
VAN Enrochement	(5 208 349 \$)	(5 208 349 \$)
VAN Relocalisation stratégique	(9 396 400 \$)	(5 815 990 \$)
Riprap - Avantage net par rapport à la non-intervention	6 287 928 \$	1 611 041 \$
Enrochement - Avantage net par rapport à la non-intervention	6 016 561 \$	1 339 673 \$
Relocalisation stratégique - Avantage net par rapport à la non-intervention	1 828 510 \$	7 323 \$

PAS DE PERTE DE L'ACCÈS AU CAMPING

La prochaine analyse de sensibilité vient analyser l'effet d'un maintien de l'accès sur l'ensemble de la période d'étude. Autrement dit, en supposant que l'érosion progresse de manière moins rapide qu'anticipée et que l'accès au camping n'est pas perdu d'ici 2064, qu'elle est l'effet sur les VAN respectives des options d'adaptation (tableau 4.8).

**Tableau 4.8** – Analyse de sensibilité – Pas de perte d'accès au camping – Segment Camping Gros-Cap

Impacts actualisés nets	Hypothèses de base	Pas de perte d'accès
Non-intervention (NI)	(11 224 910 \$)	(3 846 382 \$)
VAN Riprap	(4 936 982 \$)	(4 936 982 \$)
VAN Enrochement	(5 208 349 \$)	(5 208 349 \$)
VAN Relocalisation stratégique	(9 396 400 \$)	(3 707 362 \$)
Riprap - Avantage net par rapport à la non-intervention	6 287 928 \$	(1 090 599 \$)
Enrochement - Avantage net par rapport à la non-intervention	6 016 561 \$	(1 361 967 \$)
Relocalisation stratégique - Avantage net par rapport à la non-intervention	1 828 510 \$	139 021 \$

Dans un tel cas, il semble que les structures d'ingénierie rigides ne sont plus justifiables sur le plan économique puisqu'elles ne permettent pas d'éviter suffisamment de coûts. À l'inverse, le déplacement des actifs de valeur à risque, comme l'auberge, permet de maintenir un certain niveau d'activités économiques à un coût relativement abordable. Ainsi, l'option la plus rentable économiquement est la relocalisation stratégique.

#### SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DE SENSIBILITÉ

Le tableau 4.9 présente un sommaire des résultats des analyses de sensibilité réalisées pour le segment Camping Gros-Cap. Ainsi, le riprap constitue l'option la plus avantageuse sauf dans le cas où l'accès au camping Gros-Cap est maintenu sur l'horizon temporel retenu. À ce moment, les pertes économiques ne sont plus suffisantes pour justifier la mise en place de structures d'ingénierie.

**Tableau 4.9** – Option d'adaptation la plus avantageuse selon l'analyse de sensibilité – Camping Gros-Cap

Hypothèse modifiée	Option la plus avantageuse
Hypothèses de base	Riprap
Taux d'actualisation de 2 %	Riprap
Taux d'actualisation de 6 %	Riprap
Perte de l'accès au camping en 2040	Riprap
Pas de perte d'accès au camping	Relocalisation stratégique

### 4.3.2 Gros-Cap Est

#### a) Calcul des coûts sur 50 ans

Dans le cas du segment Gros-Cap Est, les options d'adaptation proposées sont le riprap (RR), la recharge de plage avec butée (RPBU) ainsi que la relocalisation stratégique (RS). À cet endroit, on retrouve dans des proportions presque égales des falaises de grès rouge et une terrasse de plage, lesquelles donnent sur quelques résidences et un petit marais saumâtre.

#### COÛTS LIÉS À LA NON-INTERVENTION

Les dommages encourus par l'érosion qui vient gruger le terrain et exposer le marais et deux bâtiments au cours de la période d'analyse retenue constituent l'essentiel des coûts liés à la non-intervention.

Les dommages aux bâtiments dus à l'érosion s'appliquent de manière ponctuelle à mesure que ceux-ci sont exposés à l'érosion. Dans le segment Gros-Cap Est, la perte de deux bâtiments pour un montant de 71 549 \$ est prévue sur l'horizon temporel considéré. La démolition de ces bâtiments engendrera des coûts estimés à 5 271 \$. Les pertes de terrains se chiffrent, quant à elles, à 13 224 \$ pour l'ensemble de la période. La perte de vue et d'accès à la mer est estimée à 7 361 \$. Enfin, un petit marais saumâtre sera exposé du fait de l'érosion en 2028. La perte annuelle associée résulte de la multiplication de la portion érodée par la valeur à l'hectare d'un tel milieu humide soit 856 \$ canadiens en dollars de 2012 (consulter la section 4.2.2). La valeur totale actualisée de la partie érodée du marais sur la période d'étude est de 628 \$.

Le coût actualisé net de la non-intervention s'élève à 98 033 \$ sur la période 2015-2064.

#### COÛTS LIÉS AU RIPRAP

Les coûts d'ingénierie, d'études préparatoires et de construction représentent une somme actualisée de 678 089 \$. La durée de vie utile du riprap est de 50 ans. Des coûts d'entretien de 207 367 \$ sont également associés à la recharge en matériaux grossiers qui doit être entretenue tous les 15 ans. Les entretiens impliquent trois recharges : 40 % de la quantité initiale de matériaux en 2033, 20 % en 2048 et 15 % en 2063.

Cette option permet d'éviter tous les coûts liés à l'érosion dès sa construction. Toutefois, des dommages auront lieu avant la construction prévue de l'ouvrage en 2018. Ceux-ci représentent une somme actualisée de 1 608 \$.

Ainsi, les coûts actualisés liés à la mise en place du riprap totalisent un peu plus de 887 063 \$ sur l'horizon temporel 2015-2064.

#### COÛTS LIÉS À LA RECHARGE DE PLAGE AVEC BUTÉE

Les coûts d'aménagement de la recharge de plage avec butée comprennent des coûts d'ingénierie, d'études préparatoires et de construction pour un total de 2,82 M\$ sur la période d'analyse. Des coûts d'entretien sont également inclus à tous les 7,5 ans, période au bout de laquelle une recharge de sable devra être faite. Sur la période d'analyse, les coûts d'entretien totalisent 1,05 M\$. Les coûts utilisés pour estimer le coût d'aménagement et d'entretien de l'ouvrage ont été calculés à partir des coûts unitaires établis par Roche (Roche, 2011) pour le segment du littoral donnant sur les étangs aérés (segment Centre-ville), lequel est jugé représentatif des conditions du segment Gros-Cap Est. Ces coûts supposent une butée visible et non submergée puisqu'il est jugé que le niveau d'esthétisme de l'ouvrage n'est pas aussi important qu'ailleurs, notamment dans le segment Plage municipale.

Cet ouvrage permettra d'éviter les dommages dus à l'érosion à partir du moment où il sera finalisé soit en 2018. Avant cette date, des dommages de 1 608 \$ sont comptabilisés.

Les coûts actualisés de la recharge de plage avec butée s'élèvent donc à 3,87 M\$ sur l'horizon temporel considéré.

#### COÛTS LIÉS À LA RELOCALISATION STRATÉGIQUE

La relocalisation stratégique entraîne des coûts liés au déplacement de deux bâtiments en 2043 et 2059 s'élevant à 54 569 \$ lorsqu'actualisés. Les pertes de terrain dues à l'érosion s'élèvent quant à elles à 12 897 \$. La perte de la valeur des terrains déclarés non constructibles totalise 2 667 \$. La relocalisation stratégique ne permet pas d'éviter les dommages potentiels au marais saumâtre (628 \$). À ces coûts s'ajoutent ceux associés à la perte de vue et d'accès à la mer du bâtiment qui doit être relocalisé sur un nouveau terrain estimés à 9 686 \$.

Au total, les coûts actualisés de la relocalisation stratégique s'élèvent donc à 80 448 \$.

#### *b) Calcul des avantages sur 50 ans*

Les avantages des options correspondent principalement aux coûts évités en matière d'érosion par rapport à l'option de non-intervention. En effet, les options d'adaptation

étudiées dans le segment Gros-Cap Est ne génèrent pas d'avantages particuliers en termes environnementaux, touristiques, récréatifs ou sociaux.

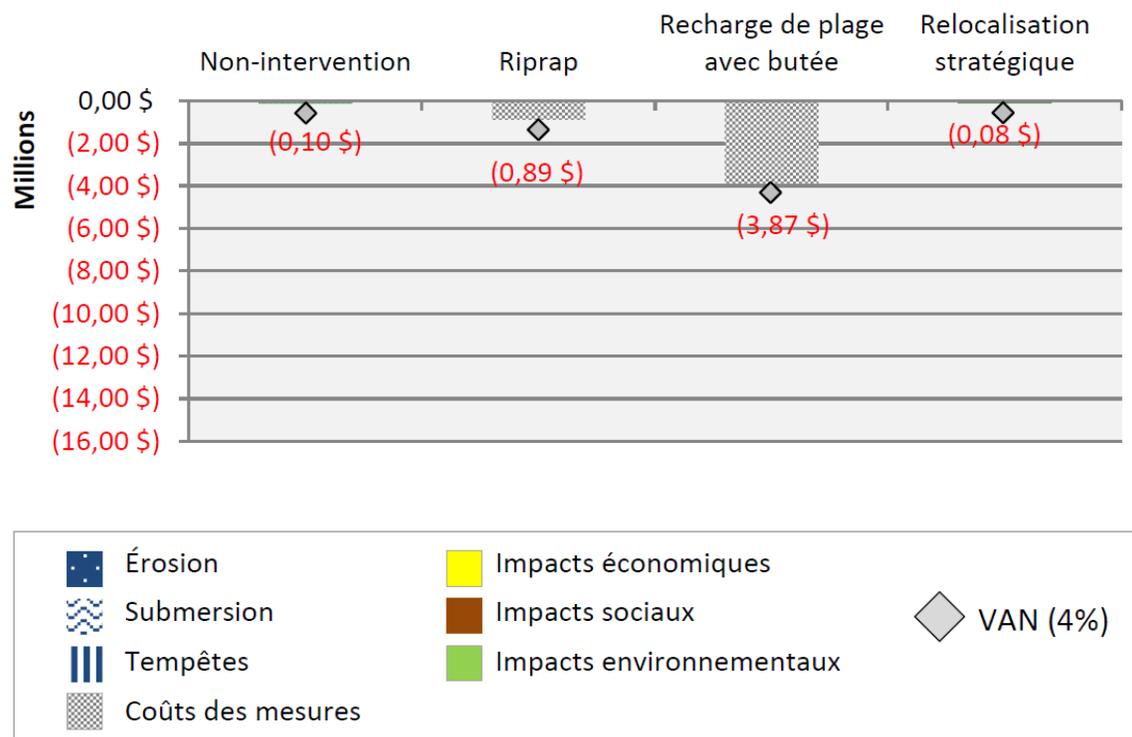
c) *Valeur actualisée nette et comparaison des options*

Grâce à la VAN, il est possible de discriminer les options en fonction de la rentabilité économique, et ce, même s'il y a absence d'avantages pour certaines. La valeur actualisée nette (VAN) des options d'adaptation retenues a été calculée sur la base de leurs coûts, présentés précédemment. La VAN de même que les principales catégories de coûts et d'avantages de chaque option d'adaptation sont présentées dans le tableau 4.10 et à la figure 4.13. Tel que mentionné précédemment, le détail des coûts annuels pour la non-intervention et les options d'adaptation est présenté à l'annexe E.

**Tableau 4.10** – Coûts et avantages actualisés des options d'adaptation – Gros-Cap Est

Impacts actualisés nets	Non-intervention	Riprap	Recharge de plage avec butée	Relocalisation stratégique
Érosion*	(84 773 \$)	(1 608 \$)	(1 608 \$)	(12 897 \$)
Coûts des options	(5 271 \$)	(885 456 \$)	(3 870 968 \$)	(54 569 \$)
Impacts économiques	- \$	- \$	- \$	(2 667 \$)
Impacts environnementaux	(628 \$)	- \$	- \$	(628 \$)
Impacts sociaux	(7 361 \$)	- \$	- \$	(9 686 \$)
VAN	(98 033 \$)	(887 063 \$)	(3 872 576 \$)	(80 448 \$)
Avantages p/r non-intervention		(789 031 \$)	(3 774 543 \$)	17 585 \$
Ratio avantages-coûts		0,11	0,02	1,29

\*« Érosion » inclut les dommages aux infrastructures et terrains privés



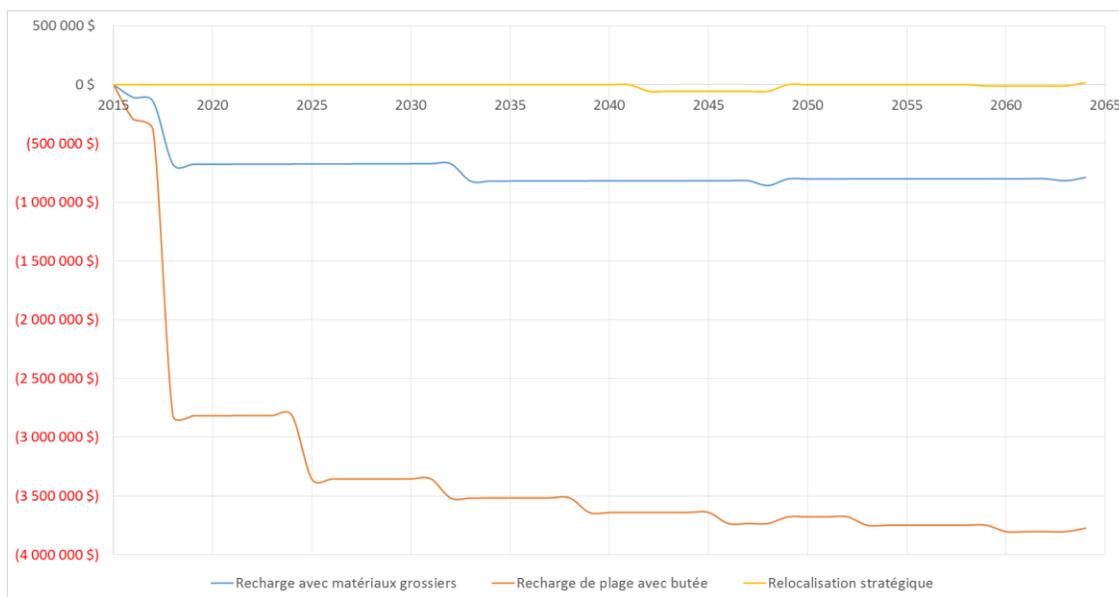
**Figure 4.13** – Ventilation des coûts et avantages par option (M\$)

Dans le cas présent, la meilleure option est celle qui minimise les coûts pour la société, c'est-à-dire celle dont la VAN des coûts comparée à celle de la non-intervention est la plus élevée. L'absence d'intervention coûterait 98 033 \$ à la société sur 50 ans. Ce montant s'explique principalement par les dommages qu'entraînerait l'érosion. La recharge avec butée constitue l'option la moins avantageuse pour la population des Îles-de-la-Madeleine puisque ses coûts actualisés sont supérieurs de presque 3,78 M\$ à ceux de la non-intervention. La même conclusion s'applique pour le riprap, alors que ses coûts sont supérieurs de 789 000 \$ à la non-intervention.

La relocalisation stratégique, quant à elle, présente un avantage de 17 585 \$ sur 50 ans comparée à la non-intervention. Ainsi, cette option est la plus avantageuse pour le segment Gros-Cap Est. Toutefois, il est important de noter que le faible écart entre la VAN de cette option et celle de la non-intervention ne permet pas de confirmer hors de tout doute que cette option est plus avantageuse économiquement que la non-intervention.

Les ratios avantages-coûts penchent en faveur de la relocalisation stratégique puisque son ratio atteint 1,29 \$ d'avantages pour chaque dollar de coûts. Ce ratio est relativement faible, en cohérence avec les résultats au niveau de la VAN.

La figure 4.14 illustre la somme cumulée des avantages nets par rapport à la non-intervention actualisée à un taux de 4 % sur la période 2015-2064. Ce graphique permet de préciser à quel moment une option devient plus avantageuse que la non-intervention. Il est ainsi possible de constater que la relocalisation stratégique est toujours à peu près équivalente à la non-intervention, alors que la recharge de plage avec butée devient de plus en plus défavorisée face à la non-intervention à cause des coûts d'entretien très élevés qui s'accumulent au cours de la période.



**Figure 4.14** – Somme actualisée des avantages nets par rapport à la non-intervention entre 2015 et 2064 – Gros-Cap Est

#### d) Analyse de sensibilité

Il est possible d'examiner la robustesse des conclusions en observant les VAN obtenues à la suite de la modification de certaines hypothèses de l'analyse. Pour le segment Gros-Cap Est, les analyses additionnelles portent sur le taux d'actualisation et la valeur du marais. Elles sont rapportées au tableau 4.11.

**Tableau 4.11** – Paramètres de l'analyse de sensibilité – Gros-Cap Est

Paramètre	Variation
Taux d'actualisation	± 2 %
Valeur du marais	Augmentation

TAUX D'ACTUALISATION

Dans l'option de non-intervention, une baisse du taux d'actualisation à 2 % diminue la VAN à - 202 000 \$ tandis qu'une augmentation du taux à 6 % augmente la VAN à - 51 000 \$ (tableau 4.12).

**Tableau 4.12** – Analyse de sensibilité – Taux d'actualisation de 2 et 6 %

Options d'adaptation	Taux d'actualisation		
	2 %	4 % (hypothèses de base)	6 %
VAN Non-intervention	(201 727 \$)	(98 033 \$)	(50 538 \$)
VAN Riprap	(1 048 557 \$)	(887 063 \$)	(781 184 \$)
VAN Recharge de plage avec butée	(4 516 067 \$)	(3 872 576 \$)	(3 432 256 \$)
VAN Relocalisation stratégique	(140 007 \$)	(80 448 \$)	(48 183 \$)
Riprap - Avantage net par rapport à la non-intervention	(846 830 \$)	(789 031 \$)	(730 646 \$)
Recharge avec butée - Avantage net par rapport à la non-intervention	(4 314 340 \$)	(3 774 543 \$)	(3 381 718 \$)
Relocalisation stratégique - Avantage net par rapport à la non-intervention	61 720 \$	17 585 \$	2 355 \$

Le changement du taux d'actualisation a le même effet sur la rentabilité de toutes les options d'adaptation. En effet, tel qu'indiqué au tableau 4.12, une baisse du taux d'actualisation à 2 % augmente la rentabilité de toutes les options d'adaptation lorsqu'elles sont comparées à l'option de non-intervention. Au contraire, la hausse du taux d'actualisation diminue la rentabilité de toutes les options. Toutefois, l'option de relocalisation stratégique demeure dans tous les cas, l'option la plus avantageuse pour le segment Gros-Cap Est.

#### AUGMENTATION DE LA VALEUR DU MARAIS

Aux Îles-de-la-Madeleine, il se peut que la valeur d'un marais saumâtre soit plus élevée que celle retenue jusqu'à présent compte tenu de la relative rareté des marais. Afin de tenir compte d'une potentielle sous-estimation de la valeur de ce milieu humide, la valeur à l'hectare a été augmentée pour correspondre à la valeur la plus élevée retrouvée dans la littérature sur le sujet (Ko et Johnston, 2007). Cette valeur est de 25 250 \$ par hectare, soit près de 30 fois plus élevée que celle retenue dans l'ACA initiale. Les résultats de cette analyse de sensibilité sont présentés dans le tableau 4.13. Sous cette nouvelle hypothèse, le coût actualisé de la non-intervention augmente pour atteindre un peu plus de 115 000 \$, tandis que le coût des structures d'ingénierie par rapport à la non-intervention diminue très faiblement. La relocalisation stratégique demeure toujours l'option la plus avantageuse sur ce segment.

**Tableau 4.13** – Analyse de sensibilité – Augmentation de la valeur du marais

	<b>Hypothèses de base</b>	<b>Augmentation de la valeur du marais</b>
VAN Non-intervention	(98 033 \$)	(115 933 \$)
VAN riprap	(887 063 \$)	(887 063 \$)
VAN Recharge de plage avec butée	(3 872 576 \$)	(3 872 576 \$)
VAN Relocalisation stratégique	(80 448 \$)	(98 348 \$)
Riprap - Avantage net par rapport à la non-intervention	(789 031 \$)	(771 130 \$)
Recharge avec butée - Avantage net par rapport à la non-intervention	(3 774 543 \$)	(3 756 642 \$)
Relocalisation stratégique - Avantage net par rapport à la non-intervention	17 585 \$	17 585 \$

#### SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DE SENSIBILITÉ

Pour le segment Gros-Cap Est, l'écart entre la VAN de la relocalisation stratégique et celle de la non-intervention est très faible variant de 2 355 \$ (taux d'actualisation de 6 %) à 61 719 \$ (taux d'actualisation de 2 %). Bien que les résultats indiquent que la relocalisation stratégique est la plus avantageuse pour toutes les analyses effectuées, il

est difficile de statuer sur le choix d'une de ces deux options. Les résultats des analyses de sensibilité réalisées pour ce segment sont présentés au tableau 4.14.

**Tableau 4.14** – Option d'adaptation la plus avantageuse selon l'analyse de sensibilité – Segment Gros-Cap Est

Hypothèse modifiée	Option la plus avantageuse
Hypothèses de base	Relocalisation stratégique
Taux d'actualisation de 2 %	Relocalisation stratégique
Taux d'actualisation de 6 %	Relocalisation stratégique
Augmentation de la valeur du marais	Relocalisation stratégique

### 4.3.3 Échouerie Ouest

#### a) Calcul des coûts sur 50 ans

Les options d'adaptation proposées pour le segment Échouerie Ouest sont le riprap (RR), l'enrochement (E) ainsi que la relocalisation stratégique (RS). Ce segment s'étend sur un peu moins d'un demi-kilomètre et est constitué en totalité de falaises rocheuses protégées à 50 % par des enrochements. On retrouve à proximité du littoral, une usine de transformation des produits de la mer, un motel et une résidence.

Concernant l'enrochement présent devant l'usine de transformation, il est supposé que le trait de côte demeurera fixe pendant 10 ans, soit jusqu'en 2025. Toutefois, les segments non protégés s'érodent dès 2015 et exposeront l'usine par le côté. Après discussion avec la firme Héneault et Gosselin, il appert également que l'usine ne peut être déménagée, du moins par des méthodes standards (sur camion).

Enfin, la perte de revenus commerciaux de l'usine ne sera pas considérée dans la présente analyse. Cette hypothèse tient compte de plusieurs facteurs, dont la possibilité de déplacer la production ailleurs aux îles, comme cela a été le cas lors du feu de l'usine de Grande-Entrée de même que sur la très faible rentabilité financière des activités de l'usine qui reçoit périodiquement des prêts et subventions pour demeurer en affaires. Dans une ACA, seule la valeur ajoutée (les profits) est comptabilisée à titre de pertes de

revenus commerciaux, lesquels dans ce cas-ci sont considérés comme nuls. Par contre, des pertes d'emplois sont comptabilisées pour l'usine. Une analyse de sensibilité sera réalisée sur cette dernière hypothèse.

#### COÛTS LIÉS À LA NON-INTERVENTION

La perte d'actifs due à l'érosion et la perte de revenus commerciaux associée aux activités du motel dans le segment Échouerie Ouest constituent les coûts liés à la non-intervention.

Les dommages aux actifs dus à l'érosion s'appliquent de manière ponctuelle à mesure que ceux-ci sont exposés à l'érosion. Dans ce segment, trois bâtiments seraient concernés et exigeraient d'être démolis sur la période d'analyse soit en 2025 (motel), en 2030 (usine de transformation) et en 2039 (résidence). Le coût des dommages aux bâtiments est évalué à 1,1 \$. Les pertes de terrains se chiffrent, quant à eux, à 11 675 \$ pour l'ensemble de la période. Les coûts actualisés de démolition de ces trois bâtiments, quant à eux, sont évalués à 174 572 \$.

L'érosion fera perdre le motel de l'Archipel, lequel compte 10 unités, dont 8 chambres et deux maisonnettes. Selon des consultations menées auprès de l'Office du Tourisme, il serait quasi impossible de se relocaliser aux Îles-de-la-Madeleine pendant la saison haute soit entre le 15 juillet et le 15 août. La perte du motel implique donc, pendant cette période de 32 jours, la perte des dépenses touristiques de la clientèle du motel soit les dépenses d'hébergement (entre 85 et 100 \$ la nuit) et les dépenses hors hébergement estimées selon un sondage d'Ouranos à 63 \$ par personne par nuitée. Il est supposé que deux personnes logent dans chaque unité en location. Ainsi, une perte annuelle de 68 775 \$ par année est enregistrée à partir de 2025 pour un montant total actualisé de 956 407 \$ pour la période d'analyse. À ces impacts économiques, il faut ajouter les pertes d'emplois prévus pour la cessation des activités du motel (en 2025) et de l'usine de transformation en 2030 qui s'élèvent respectivement à 163 975 \$ et à 4,55 M\$<sup>6</sup> sur

---

<sup>6</sup> Le nombre d'employés actuels de l'usine de transformation de poisson est de 160, tous occasionnels (CIFM, 2014). Ceux-ci travaillent de la mi-avril à la mi-décembre soit environ 35 semaines par année, à raison de 25 heures semaine.

l'horizon temporel considéré. Un montant actualisé de 3 432 \$ est associé à la perte de vue sur la mer de la résidence qui sera exposée et démolie en 2039.

Le coût actualisé net de la non-intervention s'élève ainsi à 6,9 M\$ sur la période 2015-2064.

#### COÛTS LIÉS AU RIPRAP

L'option du riprap présente des coûts de mise en œuvre actualisés à 2,1 M\$. Ils se décomposent en coûts de construction, d'ingénierie et d'études préparatoires. Outre la mise en place de nouveaux ouvrages en 2018, il est prévu le remplacement de la section sise devant l'usine en 2025. Ces ouvrages nécessitent des coûts d'entretien périodique aux 15 ans correspondants à 40 %, 20 % et 15 % des quantités initiales pour chacune des trois recharges. Au total, les coûts d'entretien s'élèvent à 632 909 \$ sur un horizon de 50 ans. Les coûts liés à l'érosion des terrains, lesquels concernent la période 2015-2017 alors que la protection n'est pas encore mise en place, s'élèvent à 2 157 \$.

Cette option n'implique pas de pertes d'achalandage touristique, ni de pertes d'emplois.

Les coûts actualisés liés à la mise en place du riprap totalisent 2,73 M\$ sur l'horizon temporel 2015-2064.

#### COÛTS LIÉS À L'ENROCHEMENT

Les coûts de construction liés à l'enrochement sont d'environ 3,16 M\$. Ce montant inclut les coûts d'ingénierie et d'études préparatoires. Les coûts associés à l'érosion sont les mêmes que ceux du riprap, soit de 2 157 \$ en dommages dus à l'érosion pour la période 2015-2017. Les coûts sont établis pour la durée de vie utile de l'ouvrage de 50 ans et l'enrochement ne requiert aucun entretien annuel ou périodique.

Cette option n'implique pas de pertes d'achalandage touristique ni de perte d'emplois. Ainsi, les coûts totaux actualisés liés à la mise en place de l'enrochement totalisent 3,16 M\$ sur l'horizon temporel 2015-2064.

#### COÛTS LIÉS À LA RELOCALISATION STRATÉGIQUE

Les coûts de l'érosion pour le segment Échouerie Ouest englobent la valeur de l'usine qui ne peut pas être déménagée, pour un coût actualisé de 940 178 \$. Les pertes de terrain dues à l'érosion, quant à elles, s'élèvent à 9 576 \$. La modification de la valeur économique des terrains totalise 16 003 \$. À ces impacts économiques, il est nécessaire d'ajouter la perte des emplois de l'usine de transformation dont la valeur s'élève, tout comme pour l'option de non-intervention, à 4,55 M\$ sur la période d'étude.

Le coût de cette option correspond aux coûts de relocalisation du motel et de la résidence lesquels totalisent 262 347 \$ et la valeur actualisée de la perte de vue sur la mer pour la résidence relocalisée est de 5 283 \$. Au total, les coûts actualisés de la relocalisation stratégique s'élèvent à 5,8 M\$.

#### *b) Calcul des avantages sur 50 ans*

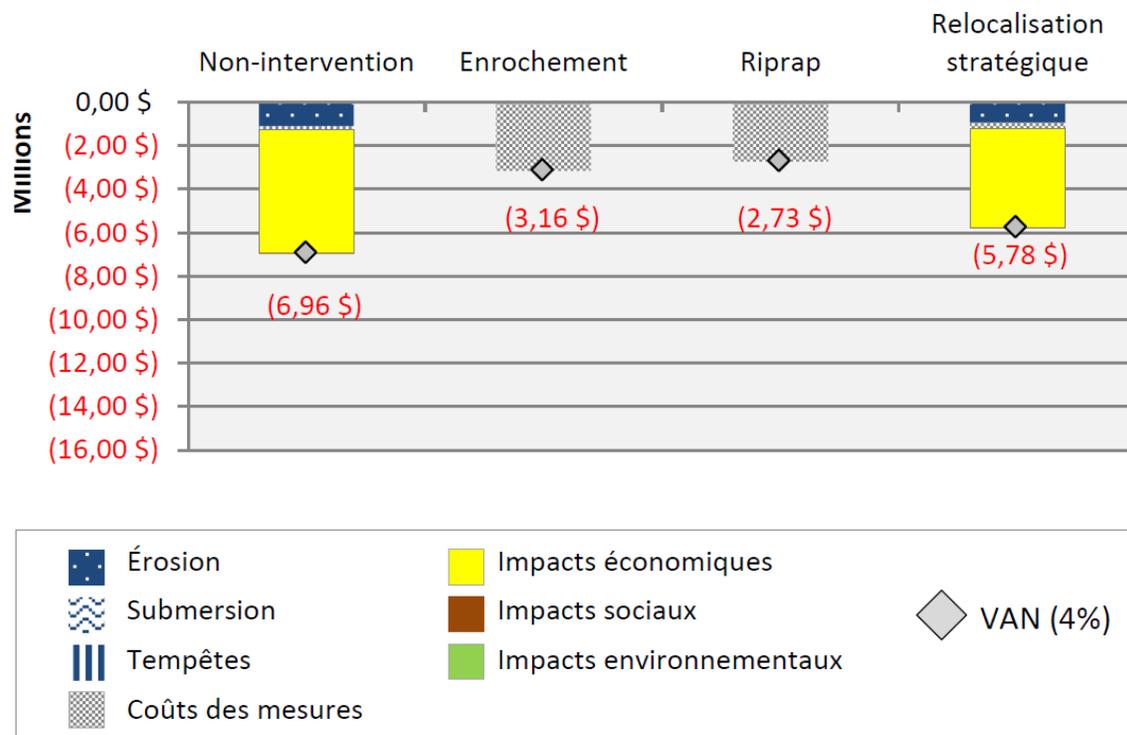
Les avantages des options pour le segment Échouerie Ouest concernent les coûts liés à l'érosion que l'intervention permet d'éviter. Intervenir ne génère pas d'avantages additionnels sur l'environnement, le tourisme, les activités récréatives ou au plan social.

#### *c) Valeur actualisée nette et comparaison des options*

La valeur actualisée nette (VAN) de même que les principales catégories de coûts et d'avantages de chaque option d'adaptation sont présentées dans le tableau 4.15 et à la figure 4.15. Le détail des coûts annuels pour la non-intervention et les options d'adaptation est présenté à l'annexe E.

**Tableau 4.15** – Coûts et avantages actualisés des options d'adaptation – Échouerie Ouest

Impacts actualisés nets	Non-intervention	Riprap	Enrochement	Relocalisation stratégique
Érosion*	(1 114 820 \$)	(2 157 \$)	(2 157 \$)	(949 753 \$)
Coûts des options	(174 572 \$)	(2 731 493 \$)	(3 157 107 \$)	(262 347 \$)
Impacts économiques	(5 668 416 \$)	- \$	- \$	(4 564 035 \$)
Impacts sociaux	(3 432 \$)	- \$	- \$	(5 285 \$)
VAN	(6 961 240 \$)	(2 733 650 \$)	(3 159 263 \$)	(5 781 419 \$)
Avantages p/r non-intervention		4 227 590 \$	3 801 977 \$	1 179 821 \$
Ratio avantages-coûts		2,55	2,20	5,47

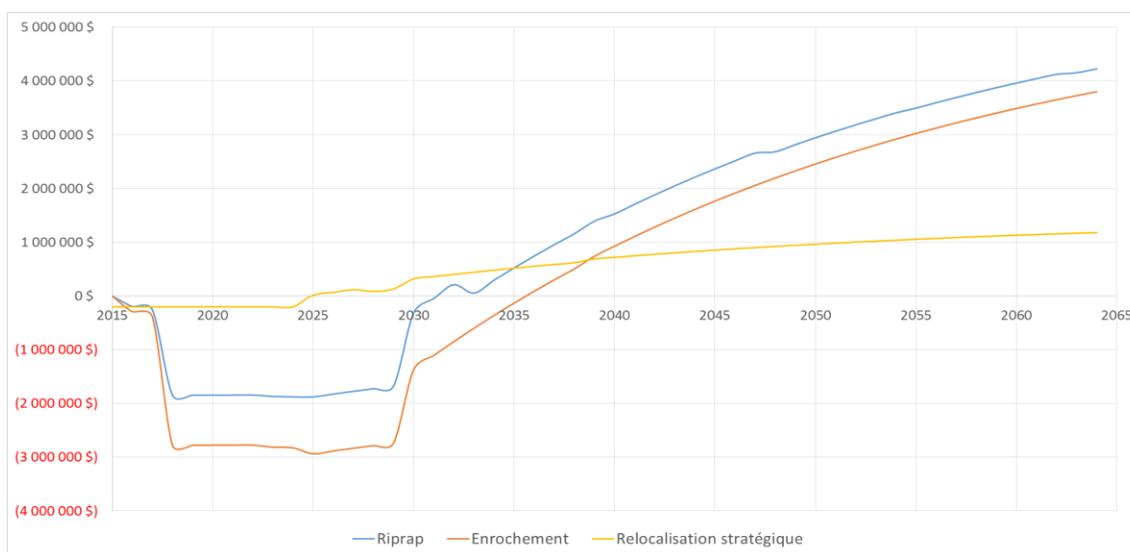
**Figure 4.15** – Ventilation des coûts et avantages par option (M\$)

Les résultats montrent qu'aucune des avenues envisagées ne génère une VAN positive. L'option qui minimise les coûts pour la société est le riprap. En effet, les coûts actualisés

de cette option sont inférieurs de plus de 4,2 M\$ aux coûts de la non-intervention. L'enrochement et la relocalisation stratégique sont également plus avantageux que la non-intervention compte tenu des impacts économiques importants que ces options permettent d'éviter.

Quant au ratio avantages-coûts, cet indicateur suggère que la relocalisation stratégique est l'option d'adaptation à privilégier. Cela signifie que la relocalisation stratégique coûte beaucoup moins chère que les options d'ingénierie et que la différence de coûts est proportionnellement plus grande que la différence estimée au niveau des dommages évités, qui sont beaucoup moindres avec la relocalisation stratégique. En d'autres termes, il coûte moins cher de générer un dollar d'avantage avec la relocalisation stratégique, mais il n'est pas possible d'en générer autant qu'avec les autres options.

La figure 4.16 illustre la somme cumulée des avantages nets par rapport à la non-intervention actualisée à un taux de 4 % sur la période 2015-2064. Ce graphique permet de préciser à quel moment une option devient plus avantageuse que la non-intervention. Il est ainsi possible de constater que la relocalisation stratégique devient rapidement plus rentable que la non-intervention (dès 2025), mais que rapidement la somme cumulée des avantages des autres options devient beaucoup plus importante.



**Figure 4.16** – Somme actualisée des avantages nets par rapport à la non-intervention entre 2015 et 2064 – Échouerie Ouest

d) *Analyse de sensibilité*

Comme pour les segments étudiés précédemment, des analyses de sensibilité ont été réalisées pour le segment Échouerie Ouest. Les modifications des hypothèses concernant le taux d'actualisation, la diminution de l'achalandage touristique et les pertes d'emplois sont présentées au tableau 4.16.

**Tableau 4.16** – Paramètres de l'analyse de sensibilité – Échouerie Ouest

Paramètre	Variation
Taux d'actualisation	± 2 %
Diminution de l'achalandage touristique	50 %
Pertes nettes d'emplois – Transformation du poisson	50 %

TAUX D'ACTUALISATION

La VAN de chacune des options demeure négative suite à une modification de plus ou moins 2 % du taux d'actualisation, tel que présenté au tableau 4.17. La VAN comparée indique que le riprap demeure l'option la plus avantageuse sur ce segment.

**Tableau 4.17** – Analyse de sensibilité – Taux d'actualisation de 2 et 6 %

Options d'adaptation	Taux d'actualisation		
	2 %	4 % (hypothèse de base)	6 %
VAN Non-intervention	(11 557 569 \$)	(6 961 240 \$)	(4 403 306 \$)
VAN Riprap	(3 281 794 \$)	(2 733 650 \$)	(2 370 061 \$)
VAN Enrochement	(3 391 360 \$)	(3 159 263 \$)	(2 953 055 \$)
VAN Relocalisation stratégique	(9 571 658 \$)	(5 781 419 \$)	(3 686 104 \$)
Riprap - Avantage net par rapport à la non-intervention	8 275 775 \$	4 227 590 \$	2 033 245 \$
Enrochement - Avantage net par rapport à la non-intervention	8 166 209 \$	3 801 977 \$	1 450 250 \$
Relocalisation stratégique - Avantage net par rapport à la non-intervention	1 985 911 \$	1 179 821 \$	717 201 \$

#### DIMINUTION DE 50 % DE L'ACHALANDAGE TOURISTIQUE

L'impact d'une baisse partielle (50 %) de l'achalandage touristique suivant la perte du motel présent dans le segment n'a un effet que sur la VAN de la non-intervention. Les VAN des autres options envisagées ne sont pas affectées par cette analyse de sensibilité.

Dans le cas où l'achalandage touristique diminuerait, la VAN de la non-intervention augmenterait pour totaliser 6,48 M\$. Malgré cette diminution, le riprap demeure l'option la plus avantageuse sur l'horizon temporel considéré. Les résultats de l'analyse selon cette nouvelle hypothèse sont présentés au tableau 4.18.

**Tableau 4.18** – Analyse de sensibilité – Diminution de 50 % de l'achalandage touristique

Impacts actualisés nets	Hypothèses de base	Diminution de 50 % de l'achalandage touristique
VAN Non-intervention	(6 961 240 \$)	(6 483 036 \$)
VAN Riprap	(2 733 650 \$)	(2 733 650 \$)
VAN Enrochement	(3 159 263 \$)	(3 159 263 \$)
VAN Relocalisation stratégique	(5 781 419 \$)	(5 781 419 \$)
Riprap - Avantage net par rapport à la non-intervention	4 227 590 \$	3 749 386 \$
Enrochement - Avantage net par rapport à la non-intervention	3 801 977 \$	3 323 773 \$
Relocalisation stratégique - Avantage net par rapport à la non-intervention	1 179 821 \$	701 617 \$

#### PERTE DE 50 % DES EMPLOIS DE L'USINE

Une diminution de 50 % des pertes d'emplois à l'usine ne modifie pas l'ordonnancement des options sur ce segment. Le riprap demeure l'option la plus avantageuse suivie de l'enrochement et de la relocalisation stratégique.

**Tableau 4.19** – Analyse de sensibilité – Perte de 50 % des emplois de l'usine

Impacts actualisés nets	ACA initiale	Pertes nettes d'emplois
Impacts actualisés nets	(6 961 240 \$)	(4 605 236 \$)
VAN Non-intervention	(2 733 650 \$)	(2 733 650 \$)
VAN Riprap	(3 159 263 \$)	(3 159 263 \$)
VAN Enrochement	(5 781 419 \$)	(3 507 403 \$)
VAN Relocalisation stratégique	4 227 590 \$	1 871 586 \$
Riprap - Avantage net par rapport à la non-intervention	3 801 977 \$	1 445 973 \$
Enrochement - Avantage net par rapport à la non-intervention	1 179 821 \$	1 097 833 \$

SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DE SENSIBILITÉ

Le tableau 4.20 suivant présente un sommaire des résultats des analyses de sensibilité réalisées pour le segment Échouerie Ouest. Ainsi, le riprap constitue dans tous les cas l'option la plus avantageuse; la valeur des impacts économiques justifiant l'adoption de cette option d'adaptation.

**Tableau 4.20** – Option d'adaptation la plus avantageuse selon l'analyse de sensibilité – Segment Échouerie Ouest

Hypothèse modifiée	Option la plus avantageuse
Hypothèses de base	Riprap
Taux d'actualisation de 2 %	Riprap
Taux d'actualisation de 6 %	Riprap
Diminution de 50 % de l'achalandage touristique	Riprap
Diminution de 50 % des pertes d'emplois à l'usine.	Riprap

#### 4.3.4 Route municipale

##### a) Calcul des coûts sur 50 ans

Pour le segment Route municipale les options proposées sont le riprap (RR), l'enrochement (EN), la relocalisation stratégique avec un déplacement du tracé de la route (RSR) et la relocalisation stratégique (RS). Compte tenu de la formation de nombreuses encoches d'érosion dans ce segment, 3 bâtiments et plusieurs portions de la route municipale seront exposés au cours de l'horizon temporel retenu.

##### COÛTS LIÉS À LA NON-INTERVENTION

La non-intervention pour le segment Route municipale entraînerait des coûts liés aux dommages encourus par l'érosion venant gruger le terrain, exposer les bâtiments et menacer la route. La perte de deux bâtiments est prévue pour un coût total de 130 764 \$. Le coût de démolition de ces bâtiments de 12 584 \$. La perte de vue sur la mer, dont la valeur est estimée à 2 144 \$, s'ajoute aux coûts. Finalement, les pertes physiques de terrain sont calculées annuellement pour un coût actualisé de 47 141 \$.

La non-intervention suppose la construction d'une route de contournement des portions de la route municipale existante qui seront exposées (un tronçon de 120 m en 2015 et un tronçon de 130 m en 2027). Les coûts d'aménagement actualisés de cette route sont estimés à 201 198 \$.

Les coûts totaux liés à la non-intervention pour le segment Route Municipale s'élèvent à 393 830 \$.

##### COÛTS LIÉS AU RIPRAP

Le coût actualisé de la mise en place du riprap totalise 5,96 M\$. Ce coût comprend à la fois les coûts d'ingénierie et des études préparatoires. Des recharges de matériaux grossiers devront être réalisées tous les 15 ans ce qui implique que trois recharges additionnelles devront être réalisées sur 50 ans pour un montant total actualisé de 1,8 M\$.

Une fois en place, soit en 2018, l'ouvrage permettra d'éviter tous les coûts liés à l'érosion. Toutefois, des dommages de 6 941 \$ ont été enregistrés pour la période 2015-

2017. Aucune perte de vue sur la mer n'est comptabilisée, car les bâtiments sont plus élevés que la hauteur prévue de la recharge.

Ainsi, les coûts totaux pour le riprap s'élèvent à 7,78 M\$.

#### COÛTS LIÉS À L'ENROCHEMENT

Les coûts liés à l'enrochement sont d'environ 8,96 M\$. Ce montant inclut les coûts de construction, ainsi que ceux d'ingénierie et ceux pour les études préparatoires. Ils sont établis pour une durée de vie utile de l'enrochement de 50 ans. Les coûts associés à l'érosion sont les mêmes que ceux du riprap et correspondent aux dommages encourus au cours de la période 2015-2017, soit 6 941 \$. Le total des coûts pour l'enrochement s'élève à 8,97 M\$.

#### COÛTS LIÉS À LA RELOCALISATION STRATÉGIQUE

Sur l'horizon temporel retenu, trois bâtiments devront être relocalisés soit en 2037, 2046 et 2052 pour un coût total de 126 231 \$. Les coûts reliés à la perte de valeur des terrains déclarés non constructibles après la relocalisation des bâtiments s'élèvent à 21 608 \$. Au coût de cette option s'ajoute celui de l'aménagement de certaines portions de la route de manière à ce que cette dernière contourne les zones exposées. Ces portions de route totalisent 210 m pour un coût total d'aménagement de 201 198 \$ sur l'horizon considéré.

Les dommages liés à l'érosion totalisent 44 964 \$ sur l'ensemble de la période tandis que la perte de vue sur la mer résultant de la relocalisation est évaluée à 10 256 \$.

Au total, les coûts actualisés liés à la mise en place de la relocalisation stratégique sont de 404 256 \$ sur l'horizon 2015-2064.

#### RELOCALISATION STRATÉGIQUE ET DÉPLACEMENT DU TRACÉ DE LA ROUTE MUNICIPALE

Cette option est la même que la précédente, mais ici la route est déplacée pour assurer un accès à l'ensemble des propriétés de la zone. Le nouveau tracé est établi à l'intérieur des terres et constitue une solution à long terme. Le coût de cette nouvelle route soit 2,01 M\$ est comptabilisé au tout début de la période d'analyse. Il permet d'éviter également les coûts de déplacement de la route dans le segment Plage municipale. Ces

coûts évités sont comptabilisés dans le présent segment soit en 2048 pour un montant 27 409 \$.

Ainsi, le coût actualisé de cette option totalise 2,19 M\$.

*b) Calcul des avantages sur 50 ans*

Les avantages des options pour le segment Route municipale sont essentiellement les coûts évités en matière d'érosion par rapport à la non-intervention. La relocalisation stratégique avec déplacement de la route permet d'éviter des coûts d'aménagement de la route municipale dans le segment Plage municipale, lesquels sont pris en compte comme un coût évité (un avantage) de la présente option. Les options d'adaptation étudiées ne génèrent pas d'autres avantages particuliers.

*c) Valeur actualisée nette et comparaison des options*

Pour discriminer les options en fonction de la rentabilité économique, et ce, même s'il y a absence d'avantages pour certaines, le calcul de la valeur actualisée nette a été réalisé pour chacune d'entre elles. Les principales catégories de coûts et d'avantages de chaque option d'adaptation sont présentées dans la figure 4.17 et au tableau 4.21. Le détail des coûts pour chacune des options se retrouve à l'annexe E.

Ni la non-intervention, ni aucune des options d'adaptation ne génèrent une VAN positive donc chacune d'entre elles génère une perte économique pour la population d'intérêt. Ainsi, l'objectif consiste ici à choisir l'option qui minimisera les coûts pour la société. Selon l'analyse, les structures d'ingénierie généreraient trop peu d'avantages en comparaison aux investissements à consentir par rapport à la non-intervention. La relocalisation stratégique avec déplacement de la route présente des coûts d'environ 1,8 M\$ plus élevé que la non-intervention. La relocalisation stratégique des bâtiments et des portions de la route municipale n'est pas plus avantageuse que la non-intervention mais la différence de performance économique entre les deux options est minime. Autrement dit, dans le segment Route municipale, il est plus avantageux de laisser aller les infrastructures, à l'exception des tronçons de route menacés, que d'intervenir.

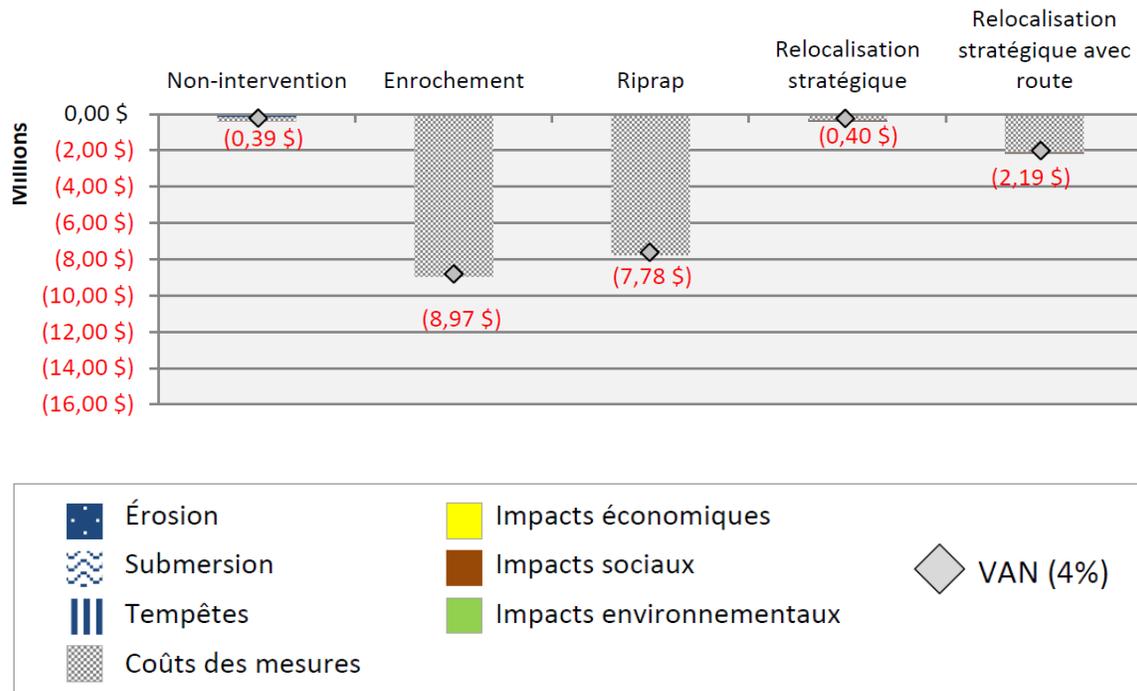


Figure 4.17 – Ventilation des coûts et avantages par option (M\$)

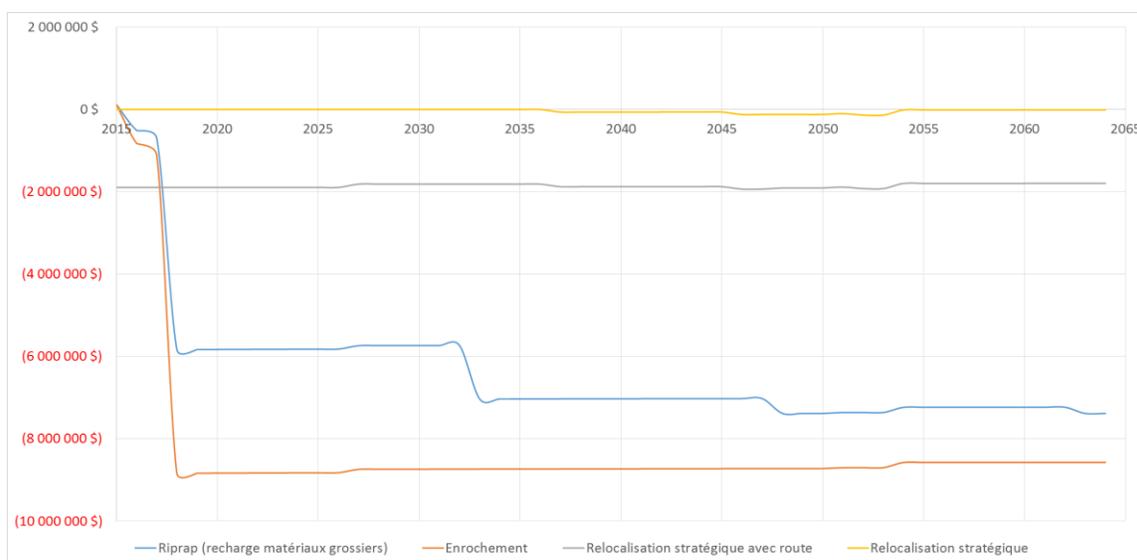
**Tableau 4.21 – Coûts et avantages actualisés des options d'adaptation –Segment Route municipale**

Impacts annualisés nets	Non-intervention	Riprap	Enrochement	Relocalisation stratégique	Relocalisation stratégique avec déplacement de la route
Érosion*	(177 905 \$)	(6 941 \$)	(6 941 \$)	(44 964 \$)	(44 964 \$)
Coûts des options	(213 782 \$)	(7 771 374 \$)	(8 960 852 \$)	(327 429 \$)	(2 112 822 \$)
Impacts économiques	- \$	- \$	- \$	(21 608 \$)	(21 608 \$)
Impacts sociaux	(2 144 \$)	- \$	- \$	(10 256 \$)	(10 256 \$)
VAN	(393 830 \$)	(7 778 315 \$)	(8 967 793 \$)	(404 256 \$)	(2 189 649 \$)
Avantages p/r non-intervention		(7 384 484 \$)	(8 573 962 \$)	(10 426 \$)	(1 795 819 \$)
Ratio avantages-coûts		0,05	0,04	0,97	0,16

\*« Érosion » inclut les dommages aux infrastructures et terrains privés

Les ratios avantages-coûts sont en cohérence avec les résultats obtenus au niveau de la VAN. L'ensemble des options d'adaptation affichent des ratios inférieurs à un. Les ratios des options d'ingénierie sont particulièrement faibles (0,04-0,05), puisqu'il coûte extrêmement cher de protéger ce long tronçon côtier par rapport aux coûts évités. Le ratio nous permet de dire que pour chaque dollar de dommages évités, il en coûte 20 \$.

La figure 4.18 illustre la somme cumulée des avantages nets par rapport à la non-intervention actualisée à un taux de 4 % sur la période 2015-2064. Ce graphique permet de préciser à quel moment une option devient plus avantageuse que la non-intervention. Le graphique permet de constater qu'aucune des options d'adaptation ne permet d'atteindre des avantages nets par rapport à la non-intervention, et ce, sur l'ensemble de la période.



**Figure 4.18** – Somme actualisée des avantages nets par rapport à la non-intervention entre 2015 et 2064 – Route municipale

#### d) Analyse de sensibilité

La modification de certaines hypothèses de l'analyse mène à la modification des VAN obtenues. Le calcul de ces variations permet de vérifier la robustesse de la VAN et des conclusions aux hypothèses de l'étude. Dans le cas du segment Route municipale, une analyse de sensibilité sur le taux d'actualisation a été réalisée. Le tableau 4.22 présente

les VAN résultant des analyses de sensibilité effectuées sur le taux d'actualisation. Il est possible d'y constater qu'un taux d'actualisation de 2 % mène à conclure que la relocalisation stratégique est l'option la plus avantageuse. Il semble donc qu'il soit plutôt difficile, sur une base économique, de discriminer entre l'option de la relocalisation stratégique et celle de la non-intervention pour le segment Route municipale, puisqu'une variation dans le taux d'actualisation change les conclusions de l'analyse. Il est finalement intéressant de noter que la prise en compte de facteurs non monétisés dans l'étude, comme le sentiment d'insécurité, pourrait rendre l'option de relocalisation stratégique plus avantageuse.

**Tableau 4.22** – Analyse de sensibilité – Taux d'actualisation de 2 et 6 % - segment Route municipale

Options d'adaptation	Taux d'actualisation		
	2 %	4 % (hypothèses de base)	6 %
VAN Non-intervention	(595 816 \$)	(393 830 \$)	(290 517 \$)
VAN Riprap	(9 207 952 \$)	(7 778 315 \$)	(6 836 857 \$)
VAN Enrochement	(9 461 370 \$)	(8 967 793 \$)	(8 509 880 \$)
VAN Relocalisation stratégique	(562 174 \$)	(404 256 \$)	(311 522 \$)
VAN Relocalisation stratégique avec déplacement de la route	(2 301 647 \$)	(2 189 649 \$)	(2 126 298 \$)
Riprap - Avantage net par rapport à la non-intervention	(8 612 137 \$)	(7 384 484 \$)	(6 546 339 \$)
Enrochement - Avantage net par rapport à la non-intervention	(8 865 554 \$)	(8 573 962 \$)	(8 219 362 \$)
Relocalisation stratégique - Avantage net par rapport à la non-intervention	33 641 \$	(1 795 819 \$)	(21 005 \$)
Relocalisation stratégique avec déplacement de la route - Avantage net par rapport à la non-intervention	(1 705 832 \$)	(10 426 \$)	(1 835 780 \$)

### 4.3.5 Plage municipale

#### a) *Calcul des coûts sur 50 ans*

Pour le segment Plage municipale, les options d'adaptation proposées sont le riprap (RR), l'enrochement (E), la recharge de plage avec butée (RPBU) ainsi que la relocalisation stratégique (RS). À cet endroit, on retrouve la plage municipale formée d'une terrasse de plage de 310 m bordée à l'est par une falaise. La côte y est aux trois quarts naturelle et donne sur quelques bâtiments et la route municipale<sup>7</sup>.

#### COÛTS LIÉS À LA NON-INTERVENTION

La non-intervention entraîne des coûts dus à l'érosion qui vient gruger le terrain et exposer plusieurs condos sur la période d'analyse retenue.

Dans le segment Plage municipale, la perte d'un bâtiment comportant quatre condos pour un montant actualisé de 298 032 \$ est prévue en 2031. La démolition de ces bâtiments et la reconstruction d'une portion de la route (100 m) engendreront respectivement des coûts estimés à 23 172 \$ et 27 409 \$. Les pertes de terrains se chiffrent, quant à elles, à 26 533 \$ pour l'ensemble de la période. La perte de vue et d'accès à la mer pour les 4 condos est estimée à 59 646 \$.

Le coût actualisé net de la non-intervention s'élève à 434 792 \$ sur la période 2015-2064.

#### COÛTS LIÉS AU RIPRAP

La réalisation de l'option du riprap implique des coûts actualisés de 2,12 M\$. Ce montant comprend des coûts d'ingénierie, d'études préparatoires et de construction. Des coûts d'entretien sont également associés au riprap puisqu'un entretien doit être effectué tous les 15 ans. De plus, cette option comprend le recouvrement en sable du riprap à tous les ans afin de préserver au mieux l'usage actuel de la plage. Le coût de l'ajout de ces matériaux (matériaux grossiers et sable) totalise 1,55 M\$ sur un horizon

---

<sup>7</sup> On compte également une portion de la piste cyclable (sentier du littoral) dans ce segment, mais cette dernière a déjà été fermée. Ainsi, aucune perte d'usage n'est considérée pour cette portion du sentier.

de 50 ans. Les coûts unitaires utilisés pour estimer le coût d'aménagement et d'entretien de l'ouvrage proviennent des coûts unitaires établis par Roche pour ce segment (Roche, 2011).

Cette option permet d'éviter tous les coûts liés à l'érosion dès sa construction. Toutefois, des dommages de 3 903 \$ sont comptabilisés avant la construction de l'ouvrage prévue en 2018.

Malgré une recharge annuelle en sable, il est supposé que le riprap entraînera une diminution de 50 % de l'usage récréatif. La valeur associée à la baisse de l'usage récréatif de la plage est estimée à près de 80 000 \$ annuellement soit 1,54 M\$ sur l'horizon temporel.

Ainsi, les coûts totaux actualisés liés à la mise en place du riprap totalisent 5,2 M\$ sur l'horizon temporel 2015-2064.

#### COÛTS LIÉS À L'ENROCHEMENT

L'enrochement présente des coûts de l'ordre de 2,49 M\$, incluant les coûts d'ingénierie et des études préparatoires. Cette option ne nécessite aucun entretien annuel. Toutefois, la vie utile est estimée à 50 ans, au bout de laquelle l'ouvrage devra être reconstruit. Les coûts associés à l'érosion sont les mêmes que ceux du riprap, c'est-à-dire 3 903 \$ sur 50 ans.

La mise en place d'un enrochement dans le segment viendrait perturber significativement l'usage du littoral, puisque la plage disparaîtrait progressivement en raison de la réflectivité d'un ouvrage de ce type. Ainsi, la valeur associée à la perturbation de l'usage récréatif de la plage est considérée équivalente à la valeur totale annuelle de l'usage du littoral, soit 158 197 \$. Sur la durée de vie utile de l'enrochement, cette perte est égale à 3,08 M\$ (voir annexe B pour les détails de calculs de la valeur d'usage de la plage municipale).

Ainsi, les coûts totaux actualisés liés à la mise en place de l'enrochement totalisent 5,57 M\$ sur l'horizon temporel 2015-2064.

#### COÛTS LIÉS À LA RECHARGE DE PLAGE AVEC BUTÉE

Cette option d'adaptation implique des coûts d'aménagement comprenant des coûts d'ingénierie, d'études préparatoires et de construction pour un total de 10,02 M\$ sur la période d'analyse. Des coûts d'entretien seront également requis tous les 7 ans. Ainsi sur l'horizon temporel considéré 6 recharges seront requises : une première recharge, correspondant à 50 % de la quantité de matériel initial et des recharges subséquentes tous les 7 ans d'une quantité équivalant à 20 % de la quantité initiale. Sur la période d'analyse, les coûts d'entretien totalisent 4,15 M\$. Les coûts unitaires utilisés pour estimer le coût d'aménagement et d'entretien de l'ouvrage ont été calculés à partir des coûts unitaires établis par Roche (Roche, 2011) pour ce segment. Pour des raisons d'esthétisme, ces coûts supposent une butée submergée dont le coût est beaucoup plus élevé qu'une butée visible.

Cet ouvrage permettra d'éviter les dommages dus à l'érosion à partir du moment où il sera finalisé soit en 2018. Avant cette date, des dommages de 3 903 \$ doivent être comptabilisés. Une telle option permet de maintenir l'usage récréatif complet de la plage sur l'ensemble de la période.

Les coûts actualisés de la recharge de plage avec butée s'élèvent donc à 14,18 M\$ sur l'horizon temporel considéré.

#### COÛTS LIÉS À LA RELOCALISATION STRATÉGIQUE

Sur ce segment, les coûts de la relocalisation stratégique sont liés au déplacement du bâtiment (comprenant 4 condos) en 2023. Le coût total actualisé de cette option s'élève ainsi à 126 874 \$. La perte d'un segment de route en 2048 entraîne également des coûts de 27 409 \$. Les pertes de terrain dues à l'érosion s'élèvent, quant à elles, à 24 928 \$. La perte de la valeur des terrains, déclarés non constructibles totalisent 26 391 \$. Ces coûts n'incluent pas ceux associés à la perte de vue et d'accès à la mer des 4 condos, qui devront être relocalisés sur un nouveau terrain, de 81 629 \$.

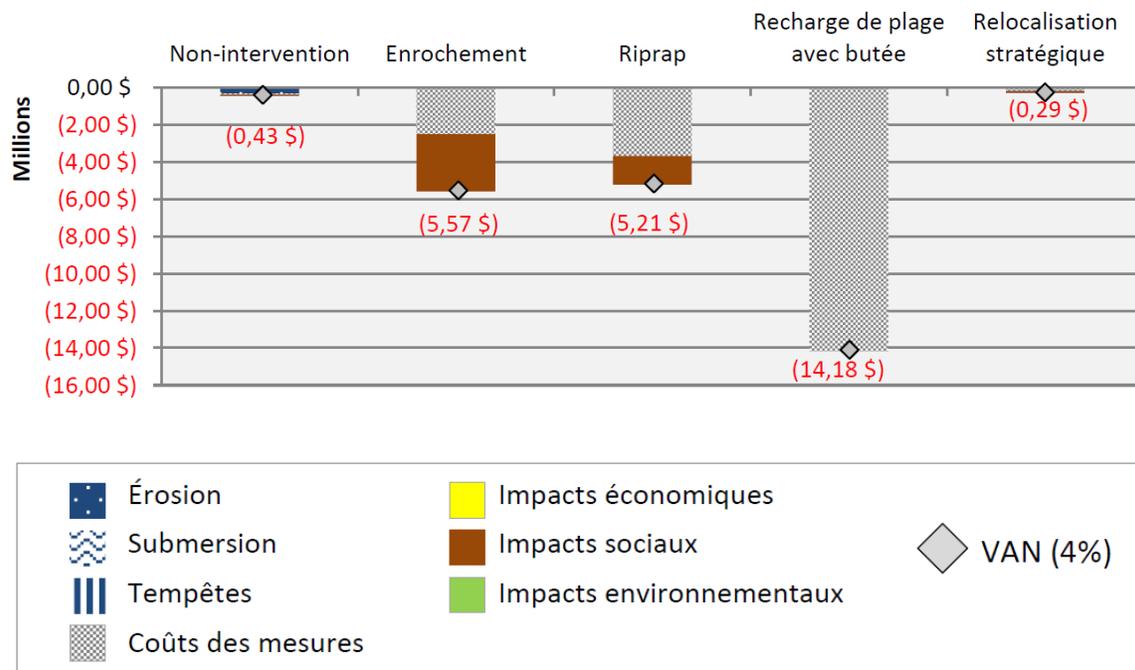
Au total, les coûts actualisés de la relocalisation stratégique s'élèvent à 287 231 \$.

b) *Calcul des avantages sur 50 ans*

Les avantages des options d'adaptation considérées pour le segment Plage Municipale sont liés aux coûts évités par la prévention de l'érosion qui aurait lieu en absence d'intervention. Il n'y a toutefois aucun avantage environnemental, touristique, récréatif ou social relié aux options d'adaptations.

c) *Valeur actualisée nette et comparaison des options*

Pour chacune des options d'adaptation à l'étude, la valeur actualisée nette a été calculée afin de comparer leur rentabilité économique respective. Le tableau 4.23 et la figure 4.19 présentent la VAN, les principales catégories de coûts et d'avantages par option. Le détail annuel des coûts pour toutes les options d'adaptation et pour la non-intervention sont rapportés à l'annexe E.



**Figure 4.19** – Ventilation des coûts et avantages par option (M\$)

**Tableau 4.23 – Coûts et avantages actualisés des options d'adaptation – Plage municipale**

Impacts actualisés nets	Non-intervention	Riprap	Enrochement	Recharge de plage avec butée	Relocalisation stratégique
Érosion*	(324 565 \$)	(3 903 \$)	(3 903 \$)	(3 903 \$)	(24 928 \$)
Coûts des options	(50 581 \$)	(3 669 013 \$)	(2 493 083 \$)	(14 174 298 \$)	(154 283 \$)
Impacts économiques	- \$	- \$	- \$	- \$	(26 391 \$)
Impacts sociaux	(59 646 \$)	(1 538 894 \$)	(3 077 787 \$)	- \$	(81 629 \$)
VAN	(434 792 \$)	(5 211 810 \$)	(5 574 774 \$)	(14 178 201 \$)	(287 231 \$)
Avantages p/r non-intervention		(4 777 018 \$)	(5 139 981 \$)	(13 743 409 \$)	147 561 \$
		0,08	0,08	0,03	1,73

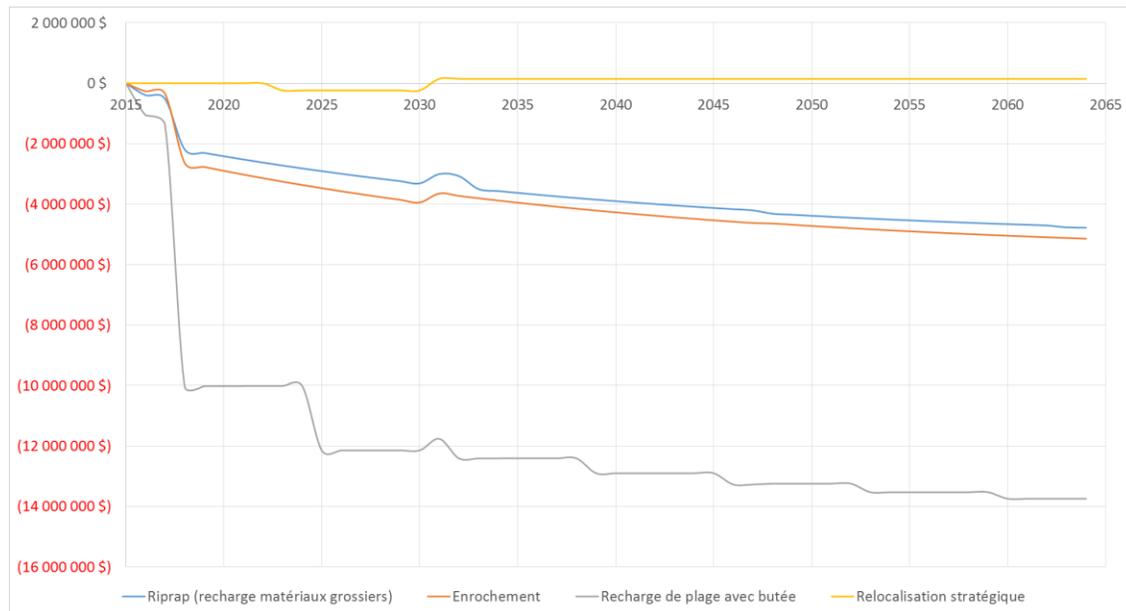
\*« Érosion » inclut les dommages aux infrastructures et terrains privés

Les résultats montrent qu'aucune des avenues envisagées ne génère une VAN positive. Dans le cas présent, la meilleure option est celle qui minimise les coûts pour la société i.e. celle dont la VAN comparée à celle de la non-intervention est la plus élevée. L'absence d'intervention coûtera 434 792 \$ à la société sur 50 ans. Ce montant s'explique principalement par les dommages qu'entraînerait l'érosion. La recharge avec butée, même si elle permet de préserver l'usage de la plage, constitue l'option la moins avantageuse pour la population des Îles, puisque ses coûts actualisés sont supérieurs de 13,74 M\$ à ceux de la non-intervention. Les coûts actualisés du riprap et l'enrochement sont également de beaucoup supérieurs à la non-intervention soit respectivement de 4,77 M\$ et 5,14 M\$ plus élevés.

La relocalisation stratégique, quant à elle, présente un avantage de près de 150 000 \$ sur 50 ans comparée à la non-intervention. Ainsi, cette option est la plus avantageuse pour le segment Plage municipale.

Le ratio avantages-coûts de la relocalisation stratégique est de 1,78, ce qui suggère que cette option d'adaptation est efficace pour générer des avantages. Ce résultat corrobore ce qui a été trouvé pour la VAN et vient appuyer la supériorité de la relocalisation stratégique sur la non-intervention. Les ratios pour les autres options sont très faibles, ce qui s'explique par des coûts des mesures beaucoup plus dispendieux tout en évitant des coûts relativement modestes.

La figure 4.20 illustre la somme cumulée des avantages nets par rapport à la non-intervention actualisée à un taux de 4 % sur la période 2015-2064. Ce graphique permet de constater que la relocalisation stratégique est plus rentable que la non-intervention dès 2032 et sur tout le reste de la période.



**Figure 4.20** – Somme actualisée des avantages nets par rapport à la non-intervention entre 2015 et 2064 – Plage municipale

d) *Analyse de sensibilité*

Les VAN obtenues lorsque des hypothèses importantes de l'analyse sont modifiées sont présentées dans cette section. Ces analyses additionnelles permettent de déterminer la robustesse de la VAN. Les hypothèses concernant le taux d'actualisation et la valeur d'usage de la plage ont fait l'objet des analyses de sensibilité pour ce segment. Leurs paramètres sont rapportés au tableau 4.24.

**Tableau 4.24** – Paramètres de l'analyse de sensibilité – Plage municipale

Paramètre	Variation
Taux d'actualisation	± 2 %
Valeur d'usage de la plage	± 50 %

### TAUX D'ACTUALISATION

Pour l'option de non-intervention, une baisse du taux d'actualisation à 2 % diminue la VAN à -609 000 \$ tandis qu'une augmentation du taux à 6 % augmente la VAN à -316 000 (tableau 4.25).

La variation du taux d'actualisation a le même effet sur la rentabilité de toutes les options d'adaptation. En effet, tel qu'indiqué au tableau 4.25, une baisse du taux d'actualisation à 2 % augmente la rentabilité de toutes les options d'adaptation lorsqu'elles sont comparées à l'option de non-intervention. Au contraire, la hausse du taux d'actualisation diminue la rentabilité de toutes les options. Toutefois, l'option de la relocalisation stratégique demeure dans tous les cas l'option la plus avantageuse pour le segment Plage municipale.

**Tableau 4.25 – Analyse de sensibilité – Taux d'actualisation de 2 et 6 %**

Options d'adaptation	Taux d'actualisation		
	2 %	4 % (hypothèses de base)	6 %
VAN Non-intervention	(608 560 \$)	(434 792 \$)	(315 794 \$)
VAN Riprap	(6 922 521 \$)	(5 211 810 \$)	(4 183 061 \$)
VAN Enrochement	(7 239 551 \$)	(5 574 774 \$)	(4 564 407 \$)
VAN Recharge de plage avec butée	(16 657 305 \$)	(14 178 201 \$)	(12 496 668 \$)
VAN Relocalisation stratégique	(361 312 \$)	(287 231 \$)	(235 394 \$)
Riprap - Avantage net par rapport à la non-intervention	(6 313 961 \$)	(4 777 018 \$)	(3 867 266 \$)
Enrochement - Avantage net par rapport à la non-intervention	(6 630 990 \$)	(5 139 981 \$)	(4 248 613 \$)
Recharge avec butée - Avantage net par rapport à la non-intervention	(16 048 745 \$)	(13 743 409 \$)	(12 180 874 \$)
Relocalisation stratégique - Avantage net par rapport à la non-intervention	247 249 \$	147 561 \$	80 400 \$

### VARIATION DE LA VALEUR D'USAGE DE LA PLAGES

Cette analyse de sensibilité veut vérifier la robustesse des résultats à une diminution et une augmentation de 50 % de la valeur d'usage de la plage. Cette analyse ne peut

modifier que les résultats de l'ACA pour le riprap et l'enrochement, puisque ce sont les seules options où est enregistrée une perte de valeur d'usage de la plage.

Les résultats de l'ACA indiquent que, sous ces nouvelles hypothèses, la relocalisation stratégique demeure toujours l'option la plus avantageuse pour ce segment. Même lorsque la valeur d'usage est réduite de 50% et que les coûts actualisés du riprap et de l'enrochement diminuent, ces coûts par rapport à la non-intervention sont toujours beaucoup plus élevés soit respectivement de 4,00 et 3,60 M\$.

**Tableau 4.26** – Analyse de sensibilité – Augmentation de la valeur d'usage de la plage

Options d'adaptation	Valeur d'usage		
	-50 %	ACA initiale	+ 50 %
VAN Non-intervention	(434 792 \$)	(434 792 \$)	(434 792 \$)
VAN Riprap	(4 442 363 \$)	(5 211 810 \$)	(5 981 257 \$)
VAN Enrochement	(4 035 880 \$)	(5 574 774 \$)	(7 113 667 \$)
VAN Recharge de plage avec butée	(14 178 201 \$)	(14 178 201 \$)	(14 178 201 \$)
VAN Relocalisation stratégique	(287 231 \$)	(287 231 \$)	(287 231 \$)
Riprap - Avantage net par rapport à la non-intervention	(4 007 571 \$)	(4 777 018 \$)	(5 546 464 \$)
Enrochement - Avantage net par rapport à la non-intervention	(3 601 088 \$)	(5 139 981 \$)	(6 678 875 \$)
Recharge avec butée - Avantage net par rapport à la non-intervention	(13 743 409 \$)	(13 743 409 \$)	(13 743 409 \$)
Relocalisation stratégique - Avantage net par rapport à la non-intervention	147 561 \$	147 561 \$	147 561 \$

#### SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DE SENSIBILITÉ

Le tableau 4.27 présente un sommaire des résultats des analyses de sensibilité réalisées pour le segment Plage municipale. Ces résultats indiquent que la relocalisation stratégique demeure l'option la plus avantageuse pour toutes les analyses effectuées.

**Tableau 4.27** – Option d'adaptation la plus avantageuse selon l'analyse de sensibilité – Plage municipale

Hypothèse modifiée	Option la plus avantageuse
Hypothèses de base	Relocalisation stratégique
Taux d'actualisation de 2 %	Relocalisation stratégique
Taux d'actualisation de 6 %	Relocalisation stratégique
Diminution de 50 % de la valeur d'usage	Relocalisation stratégique
Augmentation de 50 % de la valeur d'usage	Relocalisation stratégique

#### 4.3.6 Centre-ville

##### a) Calcul des coûts sur 50 ans

Le segment Centre-ville s'étend sur plus de 2,1 km et est constitué à 60 % de falaises rocheuses, le reste étant des terrasses de plage. Sa composition permet de considérer les options d'adaptation suivantes : le riprap (RR), l'enrochement (E) ainsi que la relocalisation stratégique (RS). Ce segment, sujet à l'érosion, borde le centre-ville de Cap-aux-Meules. On y retrouve à proximité du rivage des bâtiments commerciaux et résidentiels, un sentier multifonctionnel (le sentier du littoral) de même qu'une usine de traitement des eaux usées (étangs aérés), lesquels pourraient être exposés sur l'horizon temporel considéré.

##### COÛTS LIÉS À LA NON-INTERVENTION

La perte économique associée à la perturbation de l'usage récréatif du littoral due à l'érosion du sentier du littoral entraîne l'essentiel des coûts liés à la non-intervention pour le segment. Ne pas intervenir n'implique aucune perte de bâtiment. Les pertes de terrains se chiffrent, quant à elles, à 216 307 \$ pour l'ensemble de la période.

Il est supposé ici que les étangs aérés sont à risque lorsque la distance entre le trait de côte et ces derniers est égale au recul événementiel maximal enregistré à l'endroit de ce type de côte soit 12,5 m. Sur cette base et compte tenu de la protection offerte par le riprap existant (mis en place en 2010), il est anticipé que les étangs existants seront exposés en 2035 et que la municipalité devra procéder à l'aménagement de nouvelles

infrastructures avant la fin de la vie utile des étangs aérés estimée en 2050. Ainsi, un coût de reconstruction équivalant à la valeur de remplacement (2 750 000 \$) est comptabilisé en 2035. En contrepartie, un gain équivalent à la valeur de remplacement est comptabilisé en 2050 pour prendre en compte les coûts de reconstruction évités cette année-là. Les coûts actualisés d'un investissement plus hâtif sont donc égaux à 558 172 \$.

L'érosion détruira ou rendra impraticable le sentier du littoral qu'empruntent piétons et cyclistes, résidents et touristes. L'enquête réalisée par Ouranos a permis de calculer la valeur d'usage de ce sentier pour les résidents et les touristes. Au total, la valeur de la perte d'usage de ce sentier est estimée à 564 442 \$ par an. Les coûts actualisés de cette perte sont donc estimés à 12,61 M\$ sur la période d'analyse.

Dans l'ensemble, le coût actualisé net de la non-intervention s'élève à 13,38 M\$ sur la période 2015-2064.

#### COÛTS LIÉS AU RIPRAP

La mise en œuvre de l'option du riprap comprend les coûts des études préparatoires et de construction représentant une somme actualisée de 9,6 M\$. Le riprap comprend deux composantes : la reconstruction du riprap existant devant les étangs aérés en 2025 et la mise en place d'un riprap dont la réalisation sera complétée en 2018 sur la portion du segment non protégée par le riprap actuellement. Des coûts d'entretien de 2,91 M\$ sont également associés à la recharge en matériaux grossiers qui doit être effectuée tous les 15 ans, soit à trois reprises pour le nouveau riprap et à deux reprises pour le riprap existant qui devra être entièrement reconstruit en 2025. La quantité de matériel requise correspond respectivement à 40 %, 20 % et 15 % de la quantité initiale de matériaux, et ce, pour la première, deuxième et troisième recharges.

Les coûts associés à l'érosion avant la mise en place de l'ouvrage soit pour la période 2015-2017 sont estimés à 29 029 \$.

Ainsi, les coûts totaux actualisés liés à la mise en place du riprap totalisent 12,54 M\$ sur l'horizon temporel 2015-2064.

#### COÛTS LIÉS À L'ENROCHEMENT

L'enrochement présente des coûts d'environ 14,29 M\$. Ce montant inclut les coûts des études préparatoires et d'ingénierie. Les coûts sont établis pour une durée de vie utile de 50 ans, au bout de laquelle l'ouvrage devra être reconstruit. Tout comme pour l'option du riprap, l'enrochement comprend deux composantes : une première partie de l'ouvrage doit être réalisée en 2018 dans la portion non protégée par un riprap actuellement et la seconde partie de l'enrochement est prévue en 2025 pour remplacer le riprap existant. Les coûts associés à l'érosion sont les mêmes que ceux du riprap, soit 29 029 \$ pour la période 2015 à 2017. L'enrochement ne requiert aucun entretien annuel ou périodique.

Ainsi, les coûts totaux actualisés liés à la mise en place de l'enrochement totalisent 14,32 M\$ sur l'horizon temporel 2015-2064.

#### COÛTS LIÉS À LA RELOCALISATION STRATÉGIQUE

Pour ce segment, les coûts de la relocalisation stratégique sont liés au déplacement de deux bâtiments, alors qu'il est anticipé que ceux-ci se retrouveront à 5 m du trait de côte en 2051 et 2058. Tout comme l'option de non-intervention, la relocalisation stratégique implique la construction de nouveaux étangs aérés en 2035 plutôt qu'en 2050. Le coût actualisé de réalisation la relocalisation stratégique s'élève ainsi à 623 998 \$. A ce montant s'ajoutent les pertes de terrain dues à l'érosion qui s'élèvent, tout comme pour la non-intervention, à 216 307 \$.

De plus, l'érosion détruira ou rendra impraticable le sentier du littoral qu'empruntent piétons et cyclistes, résidents et touristes. Les coûts actualisés de cette perte sont estimés, tout comme pour l'option de non-intervention, à 12,61 M\$ sur la période temporelle de l'analyse. Au total, les coûts actualisés de la relocalisation stratégique s'élèvent à 13,45 M\$

#### *b) Calcul des avantages sur 50 ans*

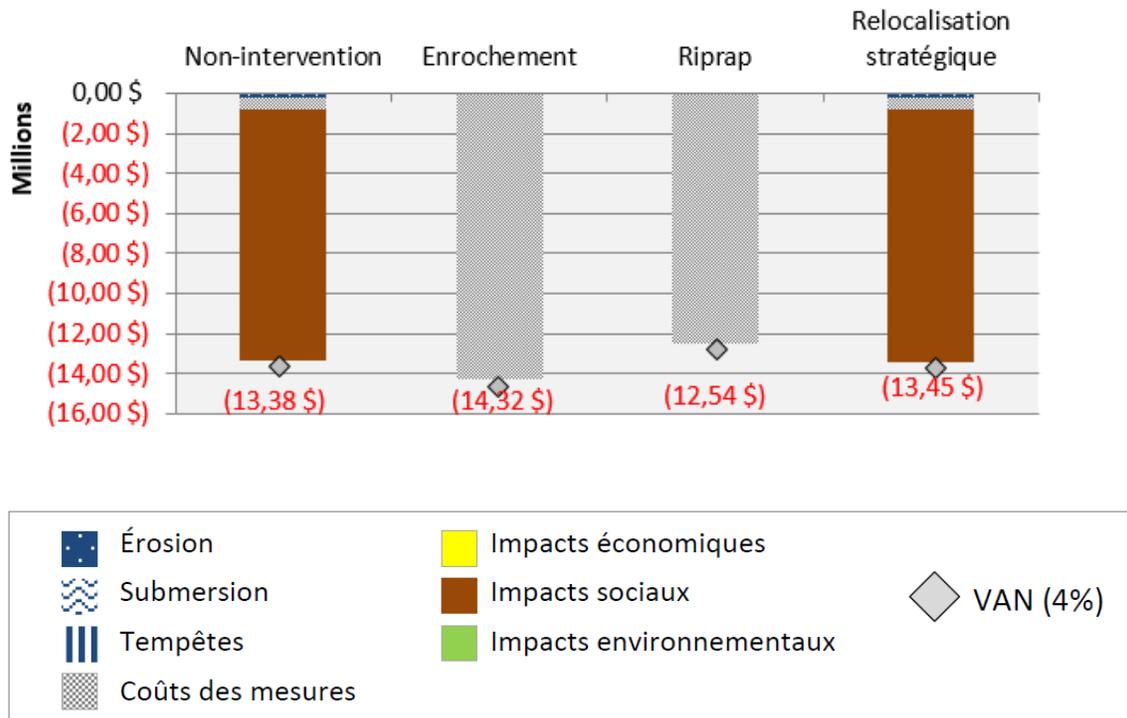
Les avantages liés aux options d'adaptation étudiées dans le segment Centre-ville se limitent aux coûts évités en matière d'érosion par rapport à l'option de non-intervention. Aucun autre avantage n'est comptabilisé.

c) *Valeur actualisée nette et comparaison des options*

Comme pour les autres segments, la valeur actualisée nette (VAN) des options d'adaptation retenues a été calculée. Le tableau 4.28 et la figure 4.21 présentent la VAN, ainsi que les principales catégories de coûts et d'avantages de chaque option d'adaptation. Le détail des coûts annuels pour la non-intervention et les options d'adaptation est présenté à l'annexe E.

**Tableau 4.28** – Coûts et avantages actualisés des options d'adaptation – Segment Centre-ville

<b>Impacts actualisés nets</b>	<b>Non-intervention</b>	<b>Riprap</b>	<b>Enrochement</b>	<b>Relocalisation stratégique</b>
Érosion	(216 307 \$)	(29 029 \$)	(29 029 \$)	(216 307 \$)
Coûts des options	(558 172 \$)	(12 513 854 \$)	(14 288 362 \$)	(623 375 \$)
Impacts sociaux	(12 610 457 \$)	- \$	- \$	(12 610 457 \$)
VAN	(13 384 935 \$)	(12 542 883 \$)	(14 317 391 \$)	(13 450 139 \$)
Avantages p/r non-intervention		842 052 \$	(932 456 \$)	(65 204 \$)
Ratio avantages-coût		1,07	0,93	0,89



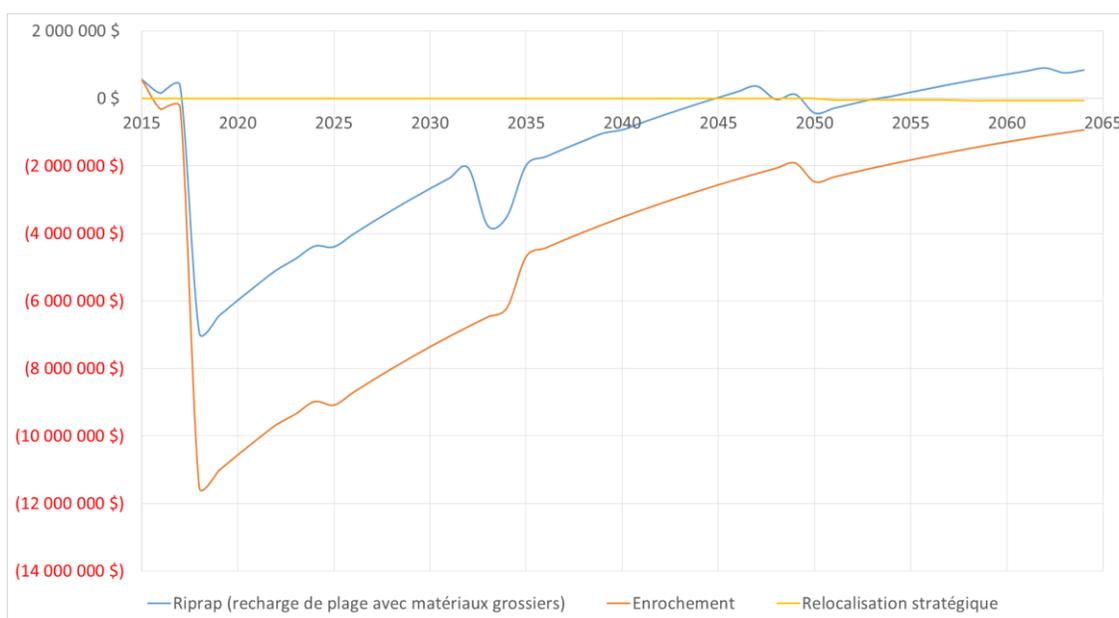
**Figure 4.21** – Ventilation des coûts et avantages par option (M\$)

Les résultats montrent qu'aucune des avenues envisagées ne génère une VAN positive. L'absence d'intervention coûtera 13,38 M\$ à la société sur 50 ans. Ce montant s'explique principalement par les dommages qu'entraînerait l'érosion sur le sentier du littoral et donc par la perte de la valeur d'usage de ce dernier. L'enrochement constitue l'option la moins avantageuse avec un coût additionnel d'environ 0,9 M\$ par rapport à la non-intervention. Ainsi, même si cette option permet de préserver l'usage du sentier du littoral, son coût actualisé de mise en œuvre demeure supérieur à la valeur actualisée des dommages évités. La relocalisation stratégique, quant à elle, est légèrement plus coûteuse, soit de près de 65 000 \$ sur 50 ans comparée à la non-intervention.

La mise en place d'un riprap constitue l'option la plus avantageuse sur ce segment. Cette option présente un avantage de plus de 800 000 \$ sur la non-intervention. Malgré ces avantages nets importants, l'option de riprap offre un ratio avantages-coûts qui est seulement de 1,07. La faiblesse du ratio en comparaison aux avantages nets s'explique par un coût d'intervention qui est de plus de 10 M\$. Les deux autres options présentent

des ratios qui sont inférieurs à un; il coûte donc plus cher d'intervenir que de ne rien faire dans ces deux cas.

La figure 4.22 illustre la somme cumulée des avantages nets par rapport à la non-intervention actualisée à un taux de 4 % sur la période 2015-2064. Ce graphique permet de constater que les coûts de mise en place des protections côtières sont tellement élevés que la rentabilité du projet est seulement atteinte vers la fin de l'horizon d'étude, soit en 2055 pour le riprap.



**Figure 4.22** – Somme actualisée des avantages nets par rapport à la non-intervention entre 2015 et 2064 – Centre-ville

#### d) Analyse de sensibilité

Cette section présente les VAN obtenues lorsque des hypothèses importantes de l'analyse sont modifiées. L'objectif de ces analyses additionnelles est d'examiner la robustesse de la VAN suite à de telles modifications. Celles-ci sont apportées aux hypothèses concernant le taux d'actualisation, la valeur d'usage du sentier du littoral et la durée de vie utile du riprap devant les étangs aérés. Le tableau 4.29 indique de manière plus détaillée les analyses de sensibilité qui ont été effectuées.

**Tableau 4.29** – Paramètres de l'analyse de sensibilité – Centre-ville

Paramètre	Variation
Taux d'actualisation	± 2 %
Valeur d'usage	± 50 %
Durée de vie du riprap existant	-10 ans

#### TAUX D'ACTUALISATION

Pour l'option de non-intervention, une baisse du taux d'actualisation à 2 % diminue la VAN à -18,9 M\$ tandis qu'une augmentation du taux à 6 % augmente la VAN à -10,1 M\$ (tableau 4.30).

La rentabilité des options d'adaptation est sensible à la variation du taux d'actualisation. D'une part, une baisse du taux d'actualisation à 2 % augmente la VAN des structures d'ingénierie par rapport à la non-intervention, de telle sorte que l'option du riprap demeure l'option la plus avantageuse. Par contre, une augmentation du taux d'actualisation à 6 % diminue la VAN des options d'ingénierie comparée à celle de la non-intervention, de telle sorte que la non-intervention constitue alors l'option la plus avantageuse. Cela s'explique par la diminution de l'importance accordée aux pertes d'usage anticipées du sentier du littoral à long terme.

**Tableau 4.30** – Analyse de sensibilité – Taux d'actualisation de 2 et 6 %

Options d'adaptation	Taux d'actualisation		
	2 %	4 % (base)	6 %
VAN Non-intervention	(18 875 844 \$)	(13 384 935 \$)	(10 092 638 \$)
VAN Riprap	(14 937 880 \$)	(12 542 883 \$)	(10 959 987 \$)
VAN Enrochement	(15 199 103 \$)	(14 317 391 \$)	(13 514 012 \$)
VAN Relocalisation stratégique	(19 013 070 \$)	(13 450 139 \$)	(10 124 184 \$)
Riprap - Avantage net par rapport à la non-intervention	3 937 963 \$	842 052 \$	(867 349 \$)
Enrochement - Avantage net par rapport à la non-intervention	3 676 741 \$	(932 456 \$)	(3 421 374 \$)
Relocalisation stratégique - Avantage net par rapport à la non-intervention	(137 227 \$)	(65 204 \$)	(31 546 \$)

#### VARIATION DE LA VALEUR D'USAGE DU SENTIER DU LITTORAL

Cette analyse de sensibilité vérifie la robustesse des résultats à une diminution et à une augmentation de 50 % de la valeur d'usage du sentier du littoral. Les résultats de l'ACA indiquent que sous l'hypothèse d'une diminution de la valeur d'usage du sentier du littoral, la non-intervention constitue l'option la plus avantageuse économiquement pour la population d'intérêt. Toutefois, une augmentation de la valeur d'usage du sentier conduit à valoriser les structures d'ingénierie qui permettent d'éviter la perte du sentier. À ce moment, l'option du riprap devient plus avantageuse que la non-intervention et que l'enrochement puisqu'elle implique des coûts moindres.

**Tableau 4.31** – Analyse de sensibilité – Variation de la valeur d'usage du sentier du littoral

Options d'adaptation	Valeur d'usage		
	50 %	ACA initiale	+50 %
VAN Non-intervention	(7 079 707 \$)	(13 384 935 \$)	(19 690 164 \$)
VAN Riprap	(12 542 883 \$)	(12 542 883 \$)	(12 542 883 \$)
VAN Enrochement	(14 317 391 \$)	(14 317 391 \$)	(14 317 391 \$)
VAN Relocalisation stratégique	(7 144 910 \$)	(13 450 139 \$)	(19 755 367 \$)
Riprap - Avantage net par rapport à la non-intervention	(5 463 177 \$)	842 052 \$	7 147 280 \$
Enrochement - Avantage net par rapport à la non-intervention	(7 237 685 \$)	(932 456 \$)	5 372 772 \$
Relocalisation stratégique - Avantage net par rapport à la non-intervention	(65 204 \$)	(65 204 \$)	(65 204 \$)

DURÉE DE VIE UTILE DU RIPRAP EXISTANT RÉDUITE DE 10 ANS

En supposant que le riprap existant sur une portion du segment a été sous-calibré, sa durée de vie utile pourrait en être fortement réduite. Ici, on pose l'hypothèse d'une réduction de 10 années de vie utile et d'une reconstruction de l'ouvrage dès 2015 pour une mise en œuvre en 2018.

Les résultats de l'ACA indiquent que sous l'hypothèse d'une réduction de la durée de vie utile du riprap existant, le riprap demeure l'option la plus avantageuse puisque les dommages anticipés aux étangs aérés viennent gonfler les coûts de la non-intervention.

**Tableau 4.32** – Analyse de sensibilité – Diminution de la durée de vie utile du riprap existant

	<b>ACA initiale</b>	<b>Durée de vie utile du riprap - 10 ans de moins</b>
VAN Non-intervention	(13 384 935 \$)	(14 390 171 \$)
VAN Riprap	(12 542 883 \$)	(12 768 711 \$)
VAN Enrochement	(14 317 391 \$)	(14 515 249 \$)
VAN Relocalisation stratégique	(13 450 139 \$)	(14 455 374 \$)
Riprap - Avantage net par rapport à la non-intervention	842 052 \$	1 621 459 \$
Enrochement - Avantage net par rapport à la non-intervention	(932 456 \$)	(125 079 \$)
Relocalisation stratégique - Avantage net par rapport à la non-intervention	(65 204 \$)	(65 204 \$)

SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DE SENSIBILITÉ

Un sommaire des résultats des analyses de sensibilité réalisées pour le segment Centre-ville se retrouve au tableau 4.33. Dans 4 cas sur 6, le riprap est identifié comme l'option la plus avantageuse. La non-intervention est l'option la plus rentable pour la société lorsque le taux d'actualisation passe à 6 % et lorsque l'on diminue la valeur d'usage de 50 %. Cela s'explique puisqu'un taux de 6 % accorde une moins grande importance aux coûts/avantages en fin de période qu'un taux de 4 %. Les options qui impliquent un investissement majeur au début de l'horizon d'étude deviennent ainsi moins performantes économiquement lorsque le taux d'actualisation augmente. Lorsqu'une diminution de la valeur d'usage du sentier du littoral est comptabilisée, les coûts évités par les options d'ingénierie sont moindre, ce qui rend ces options moins avantageuses.

**Tableau 4.33** – Option d'adaptation la plus avantageuse selon l'analyse de sensibilité – Segment Centre-ville

Hypothèse modifiée	Option la plus avantageuse
Hypothèses de base	Riprap
Taux d'actualisation de 2 %	Riprap
Taux d'actualisation de 6 %	Non-intervention
Diminution de 50 % de la valeur d'usage	Non-intervention
Augmentation de 50 % de la valeur d'usage	Riprap
Durée de la vie utile du riprap existant réduite de 10 ans.	Riprap

#### 4.4 CONCLUSION

Le secteur Cap-aux-Meules est constitué de 14 segments, dont 6 ont été retenus aux fins d'analyse économique. Ces segments couvrent plus de 6 km de côtes alternant entre des zones de terrasse de plage et de falaises de grès. Les segments étudiés abritent une diversité d'actifs de grande importance pour l'économie régionale et le dynamisme touristique des Îles-de-la-Madeleine, dont le camping du Gros-Cap, une plage municipale, un sentier multifonctionnel, des hébergements touristiques et un bâtiment industriel majeur.

Le tableau 4.34 résume les résultats des ACA pour chacun des segments du secteur de Cap-aux-Meules. Plusieurs constats peuvent être tirés des analyses réalisées. Premièrement, dans 5 des 6 segments à l'étude, il est préférable d'intervenir que de ne rien faire. Seul dans le segment Route municipale, l'intervention n'est pas justifiée économiquement. Cela s'explique par la faible valeur des actifs à risque dans ce secteur. Deuxièmement, là où des enjeux économiques ou touristiques majeurs existent, des structures d'ingénierie telles que des riprap sont justifiables pour préserver les actifs en bord de mer et les activités économiques qu'ils supportent. C'est notamment le cas pour le Camping du Gros-Cap, l'Échouerie Ouest et le Centre-ville de Cap-aux-Meules.

**Tableau 4.34** – Options d'adaptation les plus avantageuses pour chaque segment de Cap-aux-Meules

<b>Segment</b>	<b>Option d'adaptation la plus avantageuse</b>
Camping du Gros-Cap	Riprap
Gros-Cap Est	Relocalisation stratégique
Échouerie Ouest	Riprap
Route municipale	Non-intervention
Plage municipale	Relocalisation stratégique
Centre-Ville	Riprap

Finalement, la relocalisation stratégique est privilégiée dans les segments Plage municipale et Gros-Cap Est, là où peu d'actifs bâtis sont présents et où une intervention sur le littoral viendrait mettre en péril l'usage de la côte ou du moins son accès.

La plupart des analyses de sensibilité suggèrent que les options d'adaptation privilégiées dans ces segments sont robustes aux variations dans les hypothèses de base des ACA. La seule exception est le Centre-ville de Cap-aux-Meules où les analyses de sensibilité favorisent parfois le riprap, parfois la non-intervention. Ces résultats doivent être mis en perspective considérant que l'efficacité d'un riprap n'a pas été confirmée par une étude d'ingénierie spécifique pour le segment Centre-ville. La hauteur des falaises dans le secteur fait en sorte que d'autres processus d'érosion (notamment éolien et cryogénique) sont en jeu dans ce type de côte. Il est ainsi possible qu'une protection en riprap en bas de falaise ne puisse pas totalement freiner l'ensemble des processus actifs.



## 5. SECTEUR LA GRAVE

### 5.1 DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SECTEUR

Le secteur La Grave s'étend sur environ 1,5 km de la falaise rocheuse au centre de l'anse à Painchaud (la butte à Napoléon) jusqu'à la route 199 se rendant au port de pêche de Havre-Aubert. Ce secteur a été initialement découpé en 5 segments en fonction d'un certain nombre de critères dont le régime hydrosédimentaire, le type de côte, le degré d'artificialisation de la côte et le cadre bâti. La figure 5.1 présente les 5 segments ayant été analysés initialement le long du littoral du secteur La Grave.

Suite à cette analyse préliminaire, 4 segments sur 5 ont été omis de l'ACA. Ces segments et les raisons pour lesquelles ils n'ont pas été retenus sont indiqués au tableau 5.1.

Ainsi, dans le secteur La Grave, seul un segment est retenu aux fins de l'ACA. Il s'agit du segment qui couvre le site patrimonial de La Grave, soit le segment 3 de l'analyse préliminaire. Ce segment est en fait un tombolo qui s'étend côté mer sur 440 m de côtes dont 40 % sont artificialisées par des enrochements et des blocs de béton.



**Figure 5.1** – Image satellite du secteur La Grave

La dérive littorale dominante transporte les sédiments de l'ouest vers l'est. La partie côté mer du tombolo est soumise à de fortes vagues. Selon les données du suivi de l'érosion des berges du LDGIZC (2015), la côte est de manière générale plutôt stable.

**Tableau 5.1** – Segments du secteur La Grave omis de l'ACA

<b>Segment</b>	<b>Localisation</b>	<b>Caractéristiques</b>	<b>Raisons de l'omission</b>
<b>Segment 1</b>	Segment de 170 m constitué de falaises rocheuses s'étendant du milieu de l'anse à Painchaud (butte de Napoléon) jusqu'au mur du MTQ.	Falaises rocheuses de plus de 10 m de hauteur. Taux d'érosion très faible de -0,12 m/an.	Aucun enjeu. Aucun actif touché par l'érosion sur l'horizon temporel retenu.
<b>Segment 2</b>	De la fin du segment 1, sur une distance de 180 m, tout le long du mur en place jusqu'au secteur historique.	Falaises rocheuses à 100 %, entièrement artificialisées. Le mur qui longe la route 199 jusqu'à La Grave a été mis en place par le MTQ en 2000. La route est sise à environ 4 m d'altitude derrière le mur.	Aucun enjeu. Le mur devrait protéger la route jusqu'en 2050. À terme, le ministère des Transports devrait réinvestir pour protéger la route nationale, entre autres, pour maintenir l'accès aux bâtiments et infrastructures plus à l'est.
<b>Segment 4</b>	Segment de 322 m s'étendant de la falaise rocheuse à l'est de La Grave jusqu'à la pointe Shea.	Falaises rocheuses d'environ 8 m de hauteur (60 %) et falaises rocheuses à sommet meuble (40 %). Quelques encoches à l'endroit des zones meubles. Aucune mesure de protection.	Aucun enjeu. Aucun actif à risque. Les bâtiments sont suffisamment éloignés et non exposés d'ici 2065.
<b>Segment 5</b>	Segment de 442 m de côte rocheuse reliant le secteur patrimonial de La Grave au port de pêche de Havre-Aubert et aux étangs aérés situés sur la pointe aux Poux	Falaises rocheuses au haut desquelles se trouve la route nationale (199).	Sur l'horizon temporel retenu, l'érosion conduira à la perte de la route d'accès au port de pêche et à l'usine d'épuration. Compte tenu du peu de temps et de données disponibles pour estimer les pertes potentielles, l'équipe de projet a fait le choix de ne pas retenir ce segment et de concentrer ses recherches sur la portion historique du secteur La Grave. De plus, il est fort probable que le Ministère des Transports du Québec et la municipalité choisiront de protéger ce segment quels que soit les résultats de l'ACA, puisque les enjeux économiques et d'assainissement sont majeurs.

Les taux de déplacement ont varié entre -0,70 et +0,02 m/an entre 2005 et 2012. Toutefois, des reculs majeurs peuvent survenir ponctuellement lors des hauts niveaux d'eau. Ainsi, des reculs de -6,0 m et de -9,6 m furent mesurés en 2010-2011. Du côté intérieur du tombolo, les taux de déplacement sont pratiquement nuls et sont attribuables à des modifications anthropiques ponctuelles.

Ainsi, du côté mer, le taux de recul probable projeté est de -0,23 m/an (1963-1983) et le recul événementiel de -16,9 m. Du côté intérieur, le taux de recul probable est nul alors que le recul événementiel estimé est de -2,4 m.

Le village de La Grave constitue le site historique, culturel et touristique le plus important des Îles-de-la-Madeleine. Ce site demeure très fragile aux aléas côtiers.

À l'époque, les premiers habitants avaient une parfaite compréhension du milieu dans lequel ils se sont installés puisque le village a été érigé au départ dans une zone d'accumulation. Plusieurs des bâtiments présents sur le site étaient construits sur pilotis ou sans fondation et donc étaient peu endommagés lors des tempêtes. Au fil du temps, la vocation du site s'est modifiée, passant de la pêche au tourisme et certains propriétaires ont rénové, construit des solages et mis en place des structures de protection plus réfléchies, afin de contrer l'érosion et la submersion sur leur terrain.

### **5.1.1 Problématique**

La problématique dans ce segment est liée à la fois à l'érosion et à la submersion. En effet, l'artificialisation de la côte a entraîné une diminution progressive des dépôts de sédiments ce qui a réduit la largeur et l'épaisseur de la plage accentuant la vulnérabilité de tout le segment. Lors des événements de tempêtes, l'eau s'écoule de part et d'autre du tombolo et certains bâtiments sont littéralement attaqués par les vagues qui déferlent.

Avec les changements dans le régime des tempêtes et la hausse du niveau marin attendue, la fréquence des événements de submersion sur le tombolo devrait s'accroître et l'érosion devrait s'accroître. Dans ce secteur, les actifs principaux sont majoritairement des bâtiments commerciaux et quelques bâtiments résidentiels.

### 5.1.2 Option de non-intervention

L'option de non-intervention constitue le scénario de référence de l'ACA et suppose que la situation actuelle évoluera au cours des 50 prochaines années sans qu'aucune option d'adaptation ne soit mise en place. La non-intervention implique que le segment subirait des épisodes de submersion pouvant endommager les bâtiments à cet endroit, ceux-ci ayant une faible élévation ou étant situés très près de la rive. Elle implique également un recul graduel de la côte à un rythme annuel de  $-0,23$  m/an.

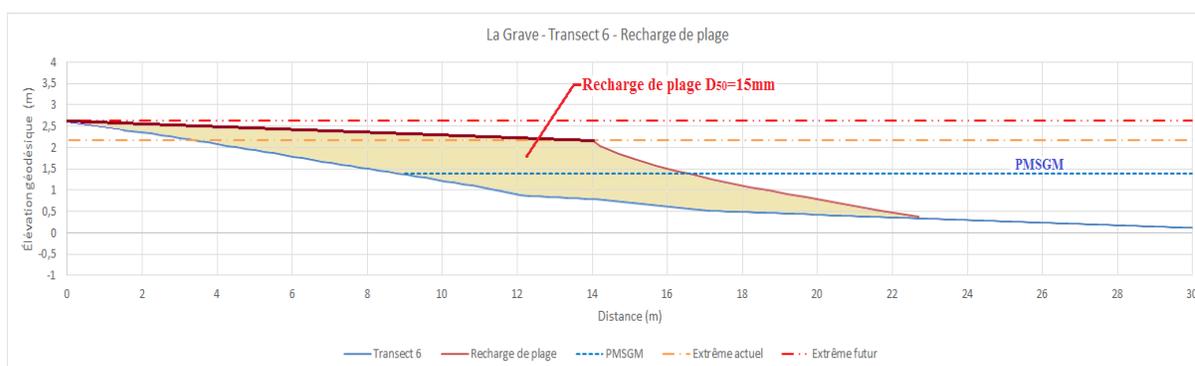
Plus concrètement, il y aura des pertes de terrain et certains bâtiments se retrouveront exposés à mesure que la côte reculera. Des bâtiments à risque sont localisés tout le long du segment. Il est supposé que ces derniers seront démolis lorsque la côte les touchera en leur point le plus près du rivage, puisqu'il ne sera plus sécuritaire de les exploiter commercialement ou d'y habiter. Pour les bâtiments n'étant pas exposés à l'érosion à l'horizon 2065, mais qui connaîtront des problèmes de submersion, il est supposé que les propriétaires répareront les dommages à chaque épisode de submersion. Ainsi, dans l'option de non-intervention, la submersion n'entraîne pas la démolition du bâtiment, elle cause plutôt des dommages en fonction des hauteurs d'eau atteintes lors des épisodes de tempêtes. Cette option est cohérente avec la stratégie actuelle qui prévaut où les propriétaires encaissent les assauts de la mer lors des grandes tempêtes d'automne et d'hiver et réparent ensuite leurs installations en prévision de la saison touristique.

### 5.1.3 Options d'adaptation

Les options d'adaptation étudiées pour ce segment visent à réduire les impacts de l'érosion et des épisodes de submersion sur l'environnement bâti. Considérant le type de côte de ce segment, les options d'adaptation envisagées sont la recharge de plage en gravier, le riprap, l'enrochement et l'immunisation combinée à la relocalisation stratégique des bâtiments. Les structures d'ingénierie proposées ont été développées par Consultants Ropars (Ropars, 2016) sur la base des informations hydrodynamiques, géomorphologiques et topographiques du site de La Grave. Toutefois, une étude plus détaillée devra être réalisée pour valider la faisabilité technique de ces options et leur conception.

### a) Recharge de plage en gravier

La protection du site historique de La Grave contre les épisodes de submersion et d'érosion peut se faire à l'aide d'une recharge de plage en gravier. Cette solution de protection de berge renforcerait le cordon dunaire qui constitue La Grave à cet endroit. Ce type de protection en gravier plutôt qu'en sable permet de réduire les quantités de matériel nécessaires pour une recharge de plage, puisque les sédiments seraient moins mobiles ce qui réduirait l'intensité du transit sédimentaire. La granulométrie suggérée correspond à un diamètre médian de 15 mm. La figure 5.2 illustre la coupe-type théorique de la recharge de plage recommandée pour le segment.



**Figure 5.2 –** Coupe-type d'une recharge de plage en gravier pour le segment de La Grave

L'élévation recommandée de la crête de plage est de 2,2 m au-dessus du NMM, ce qui ferait en sorte que l'élévation finale de la recharge de plage serait plus élevée que certaines portions de la route actuelle.

À moyen et long termes, il faudrait effectuer des recharges de plage récurrentes. Un rechargement de la plage en gravier devrait être réalisé tous les 7 ans suite à la mise en place de l'ouvrage, soit six recharges sur un horizon de 50 ans. La première recharge nécessiterait 50 % de la quantité initiale de gravier déchargé lors de la réalisation de l'ouvrage, tandis que les autres recharges exigeraient seulement 20 % de la quantité initiale.

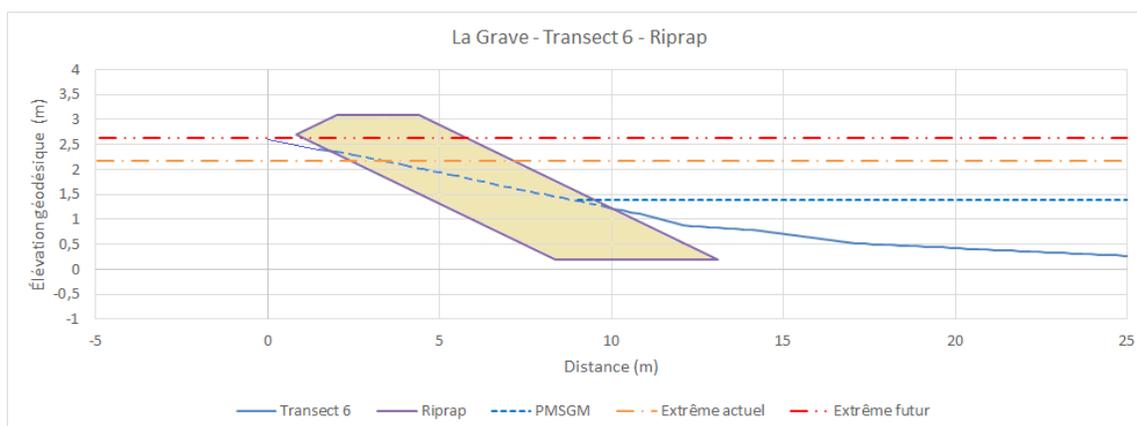
Les matériaux de recharge pourraient devoir être importés de l'extérieur des Îles-de-la-Madeleine à cause de la granulométrie visée (gravier) et de la qualité de matériaux

requis pour obtenir une durabilité minimale conforme à la durée de vie de conception de l'ouvrage. La provenance du matériel de recharge va évidemment influencer le coût de cette option.

#### b) Riprap

Le riprap est constitué de pierres de carrière de différentes grosseurs disposées en vrac sur la côte avec une pente de 3/1. La pente adoucie, en comparaison à un enrochement classique, permet d'absorber et de diffuser l'énergie des vagues avant qu'elles n'atteignent le rivage. Vu cette pente, la hauteur atteinte par le jet de rive (runup), lorsque les vagues frappent l'ouvrage, est inférieure à celle atteinte en présence d'un enrochement. Par conséquent, l'élévation nécessaire de la crête est plus faible pour un riprap que pour un enrochement. À La Grave, l'élévation moyenne de la crête du riprap devrait être de 3 m au-dessus du NMM.

Ce concept de protection peut être mis en place avec des pierres qui se trouvent dans les carrières des Îles-de-la-Madeleine. Il est cependant requis de sélectionner la meilleure qualité de pierres disponibles dans ces carrières. Le riprap nécessite un entretien régulier par une recharge partielle de matériaux. Sur l'horizon d'étude, il est prévu que des recharges aux 15 ans seraient réalisées, la première nécessitant 40 % du matériel de la recharge initiale, la seconde 20 % et la troisième 15 %.

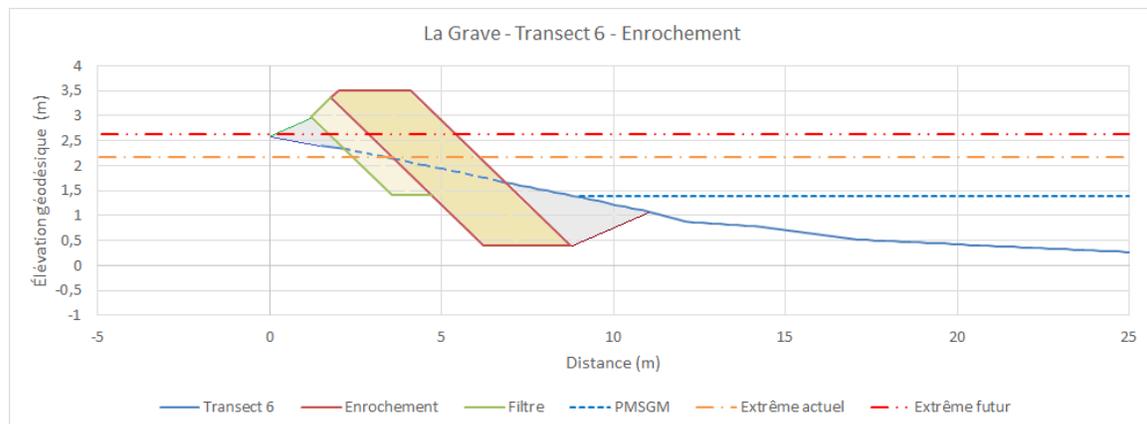


**Figure 5.3** – Coupe- type d'un riprap pour le segment de La Grave

### c) Enrochement

Une protection de la berge en enrochement est également envisagée dans le segment de La Grave. La conception de cet ouvrage suggère un enrochement sur 2 couches avec une pente de 1,5/1. La couche supérieure serait composée de pierres de carapace de 0,5 à 1,0 tonne (650 à 850 mm) qui permettraient de résister aussi bien aux impacts de la glace et des vagues. La couche inférieure serait composée de pierres de 50 à 100 kg (300 à 400 mm) sur une épaisseur de 0,65 m. Le noyau de cette protection consisterait en du tout-venant de carrière.

La figure 5.4 illustre la coupe-type de l'enrochement qui est recommandée pour le segment de La Grave. Ce concept d'enrochement exige une qualité de pierre qui ne se retrouve pas dans les carrières des Îles, ce qui augmente significativement le coût des matériaux requis. Quant à l'entretien, en supposant que les pierres installées respectent tous les critères de qualité requis pour ce type d'ouvrage et que l'installation soit réalisée selon les règles de l'art, aucune intervention supplémentaire n'est prévue sur l'horizon d'étude.



**Figure 5.4** – Coupe- type d'un enrochement pour le segment de La Grave

### d) Immunisation combinée à la relocalisation stratégique

L'immunisation des bâtiments est envisagée dès que le niveau d'eau extrême engendré par une tempête de récurrence 20 ans peut atteindre le rez-de-chaussée d'un bâtiment. Cette option consiste essentiellement à remblayer le terrain à une élévation suffisante

ou à placer le bâtiment sur pilotis afin qu'il ne puisse plus subir de dégâts liés à la submersion.

Quand le bâtiment est exposé à l'érosion, c'est-à-dire lorsque le recul du trait de côte atteint le bâtiment, celui-ci est déménagé sur un autre terrain. Compte tenu de la valeur historique, culturelle et touristique de La Grave, les bâtiments seront relocalisés le plus tard possible, soit seulement lorsque le trait de côte atteindra le bâtiment. Ici, aucune marge de sécurité (généralement 5 mètres) n'est employée, car le type de côte sur lequel sont sis les bâtiments à La Grave ne pose aucune contrainte de sécurité pour permettre à la machinerie d'opérer.

Dans le segment La Grave, un seul bâtiment est à immuniser avant d'être touché par l'érosion. Afin de maintenir l'intégrité du site le plus longtemps possible, ce bâtiment sera immunisé puis relocalisé une fois exposé à l'érosion.

#### **5.1.4 Impacts appréhendés**

Ce segment étant un site patrimonial d'importance, il importe que les interventions sur le littoral répondent à des impératifs de protection et soient conçues de manière à minimiser les impacts négatifs appréhendés.

Les impacts appréhendés sont de deux types. D'une part, il y a les impacts associés aux aléas côtiers (l'érosion et la submersion), lesquels comprennent essentiellement l'ensemble des dommages causés aux bâtiments, infrastructures et aux terrains. D'autre part, il y a les impacts de nature économique, environnementale ou sociale découlant de la non-intervention et des options d'adaptation proposées.

Le tableau 5.2 indique le type d'impacts appréhendés selon les 5 options étudiées dans le cadre de l'analyse coûts-avantages du segment La Grave, soit la non-intervention (NI), la recharge de plage en gravier (RP), le riprap (RR), l'enrochement (E) ainsi que l'immunisation combinée à la relocalisation stratégique (IRS).

**Tableau 5.2** – Impacts appréhendés selon les options d’adaptation – Segment La Grave

Type d'impacts	Impact appréhendé	NI	RP	RR	E	IRS
<b>Impacts liés à l'érosion/submersion</b>	Pertes physiques de terrain	X				X
	Dommages ou pertes de bâtiments résidentiels et commerciaux	X				X
	Dommages aux infrastructures	X				X
<b>Impacts économiques</b>	Perte des retombées économiques de l'achalandage touristique	X				X
<b>Impacts sociaux</b>	Modification de la valeur d'usage pour les touristes	X	X	X	X	X
	Modification de la valeur du site de La Grave pour les résidents	X	X	X	X	X
	Qualité de vie (anxiété, insécurité, dérangement)	X				X
	Modification de la vue ou de l'accès à la mer	X				X

En matière d'impacts liés à l'érosion et à la submersion, la non-intervention implique des pertes de terrain, la démolition de bâtiments et des dommages aux bâtiments et infrastructures publiques. La recharge de plage en gravier, le riprap et l'enrochement permettent de prévenir ces dommages pour les 50 prochaines années. Il n'y a donc pas d'impact découlant de l'érosion et de la submersion pour ces options une fois qu'elles seront mises en place. L'option d'immunisation et de relocalisation stratégique, quant à elle, bien qu'elle ne freine pas les processus d'érosion et de submersion, réduit les dommages aux bâtiments qui y sont liés.

Les impacts économiques concernent la non-intervention et l'immunisation combinée à la relocalisation stratégique. Ceux-ci sont causés par des variations de comportements touristiques (durée de séjour aux Îles-de-la-Madeleine) suite à la transformation progressive du cadre bâti de La Grave qui sera peu à peu détruit par les aléas d'érosion

et de submersion. Les options d'adaptation consolidant le cordon littoral permettent d'éviter ces pertes.

Au niveau des enjeux sociaux, la perte partielle du site historique de La Grave entraîne une perte de la valeur d'usage accordée au site par les touristes et les résidents. La valeur d'usage correspond à la valeur accordée par chacun des visiteurs lorsqu'ils se rendent au site patrimonial de La Grave pour profiter de l'atmosphère, des commerces et du paysage. Cette valeur sera diminuée par la perte partielle du site et sera également modifiée par chacune des options d'adaptation qui viendra modifier le littoral.

De plus, au niveau des enjeux sociaux, il est anticipé que la non-intervention et la relocalisation stratégique priveraient les résidents relocalisés d'une vue et/ou d'un accès à la mer. Également, l'insécurité associée à posséder une résidence ou un commerce exposé aux aléas des tempêtes et pouvant donc subir régulièrement des dommages est un autre facteur d'ordre social. Cette situation réduit la qualité de vie des propriétaires.

Aucun impact environnemental n'a été identifié à moyen ou long terme dans ce segment. Les consultations effectuées auprès d'experts n'ont pas permis d'identifier d'enjeux environnementaux nécessitant d'être pris en compte. La réalisation d'une étude d'impact environnemental est toutefois considérée dans le coût des options. Une telle étude permettra de déterminer avec plus de précision si des impacts environnementaux sont présents, qu'ils soient de nature temporaire ou permanente.

## **5.2 ESTIMATION MONÉTAIRE DES IMPACTS**

### **5.2.1 Impacts liés à l'érosion et à la submersion**

Les coûts de l'érosion et de la submersion associés à la non-intervention correspondent globalement aux avantages qu'offrent la majorité des options d'adaptation. À moins d'avis contraire, tous les impacts présentés dans les paragraphes qui suivent sont associés à la situation de non-intervention.

#### *a) Pertes physiques de terrain*

Des pertes de terrain sont prévues annuellement en raison de l'érosion dans le segment La Grave. La superficie perdue est calculée en se basant sur le taux d'érosion probable

fourni par le LDGIZC, soit -23 cm par année. La valeur économique des terrains a été estimée en se référant au rôle d'évaluation 2014 des Îles-de-la-Madeleine, lequel est représentatif des conditions de marché de 2012.

Les pertes de terrain sont comptabilisées jusqu'à ce que le bâtiment principal d'une unité d'évaluation soit considéré exposé. À partir de ce moment, la valeur du terrain restant est considérée perdue et les pertes de terrain des années subséquentes ne sont plus comptabilisées, car il est considéré non constructible. Il est à noter que la valeur résiduelle d'un terrain, lorsqu'il est considéré non constructible, est déterminée en soustrayant de la valeur initiale du terrain la valeur des pertes annuelles déjà estimées en lien à l'érosion.

Comme mentionné précédemment, des pertes de terrain sont comptabilisées pour l'option de non-intervention de même que pour l'immunisation combinée à la relocalisation stratégique des bâtiments. Des pertes liées à l'érosion sont aussi comptabilisées pour la recharge de plage, le riprap et l'enrochement, mais seulement pour la période précédant leur réalisation, c'est-à-dire avant 2018.

*b) Dommages ou pertes de bâtiments résidentiels et commerciaux*

Les pertes de bâtiments causés par l'érosion ont été comptabilisées en fonction de l'exposition des bâtiments. Cette exposition est constatée une fois que le point du bâtiment le plus près de la côte est touché par le recul de la ligne de rivage. Normalement, une fois que le bâtiment est exposé, celui-ci est considéré comme une perte totale et la valeur inscrite au rôle d'évaluation est utilisée pour comptabiliser cette perte. Si aucun autre bâtiment résidentiel n'est présent sur le lot, le terrain est également considéré comme non constructible et perd sa valeur résiduelle (valeur totale du terrain moins les pertes annuelles de terrain enregistrées). Les pertes de bâtiments reliées à l'érosion sont seulement constatées en cas de non-intervention.

Sur un horizon de 50 ans, il est estimé que 14 bâtiments seront touchés par l'érosion dans le segment La Grave dont deux dès 2015.

Les dommages aux bâtiments dus aux épisodes de submersion sont estimés grâce aux courbes de hauteurs d'eau/dommages développées par Bonnifait (2005) et ce, pour

chaque classe d'événement retenue (2, 5, 10, 20 et 30 ans) et pour chaque type de bâtiments. Ces courbes de dommages permettent ensuite de calculer un dommage annuel moyen (DAM) pour chaque bâtiment. Celui-ci est constant à travers le temps à l'intérieur des trois horizons de projection des niveaux marins soit 2015-2029, 2030-2054 et 2055-2064. Pour chacun de ces horizons, le DAM est calculé afin de tenir compte de la hausse du niveau marin prévue dans la zone. L'annexe A décrit plus en détail le calcul des dommages de submersion.

Afin de ne pas comptabiliser deux fois des dommages dus à l'érosion et à la submersion, dès qu'une résidence est exposée à l'érosion, le DAM n'est plus comptabilisé, car la résidence est alors considérée comme perte totale.

Selon les calculs réalisés, 24 bâtiments sont vulnérables à la submersion (rez-de-chaussée inférieur au niveau d'eau 20 ans), soit un peu plus de la moitié des bâtiments localisés dans ce segment, sur l'horizon temporel retenu.

Le tableau 5.3 résume le nombre de bâtiments affectés par les aléas d'érosion et de submersion dans le segment de La Grave. Au total, 31 bâtiments sont soit touchés par l'érosion ou la submersion au cours des 50 prochaines années. Ces bâtiments sont majoritairement commerciaux (74 %).

**Tableau 5.3 – Nombre de bâtiments affectés par l'érosion ou la submersion – La Grave**

Type de bâtiment	Érosion* seulement	Submersion seulement	Érosion* et submersion	Total
Résidentiel principal	2	5	1	8
Commercial	5	12	6	23
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>17</b>	<b>7</b>	<b>31</b>

\*Érosion : les bâtiments sont affectés par l'érosion lorsque la ligne de rivage touche au bâtiment à l'intérieur de l'horizon de 50 ans.

Les dommages aux bâtiments liés aux épisodes de submersion sont constatés pour la non-intervention et pour l'option de l'immunisation combinée à la relocalisation stratégique. Les autres options d'adaptation viennent freiner la submersion du côté mer en assurant une protection contre les ondes de tempêtes et contre le jet de rive.

Cependant, les options n'interviennent pas du côté lagune, il est ainsi possible que les surcotes de tempête soient suffisamment importantes pour submerger la zone. Des dommages résiduels de submersion ont donc été calculés pour chacune des options en projetant les niveaux d'eau extrêmes sans jet de rive.

Pour ce qui est de l'option d'immunisation combinée à la relocalisation stratégique, des dommages aux bâtiments non immunisés sont enregistrés lorsqu'un bâtiment est touché par des épisodes de submersion avant qu'il ne le soit par l'érosion sur l'horizon de 50 ans.

### *c) Dommages ou pertes d'infrastructures publiques*

La tempête de décembre 2010 a engendré un épisode de submersion qui a nécessité une opération de nettoyage, de remise en état des lieux de même que la restauration du profil de la plage et ce, pour un montant total d'environ 20 000 \$. C'est sur cette base que le coût des dommages aux infrastructures lors de tempête a été établi sur la période d'analyse.

Pour chaque événement de niveau d'eau extrême supérieur au niveau atteint lors de la tempête de 2010, il est supposé que des coûts de remise en état des lieux seraient encourus par la municipalité. Les dommages de tempêtes sont ensuite multipliés par la probabilité d'occurrence pour calculer le DAM associé aux dommages aux infrastructures publiques. Cette méthode est similaire au calcul de dommages pour les bâtiments.

## **5.2.2 Impacts économiques**

Les impacts économiques sont liés à la perte du site historique de La Grave, du moins tel qu'on le connaît actuellement. Cette perte correspond au changement de comportement des touristes dû à leur appréciation du site, lesquels pourraient venir moins longtemps aux Îles-de-la-Madeleine advenant une détérioration du site de La Grave. Elle correspond à la perte des retombées économiques (dépenses d'hébergement et autres dépenses) due à une modification de comportement (nombre de visites et durée). Elle a été calculée à partir des résultats du sondage réalisé sur le

site par l'équipe d'Ouranos au cours de l'été 2015. Voir l'annexe D pour le détail du calcul.

La non-intervention et l'immunisation combinée à la relocalisation stratégique entraînent une perte partielle du site historique qui a été monétisée en calculant la perte économique afférente. Cette perte est comptabilisée dans le temps en fonction de la proportion des bâtiments qui devraient être relocalisés annuellement par rapport aux 39 bâtiments localisés actuellement dans le segment La Grave. Ainsi, la perte économique s'accroît progressivement à mesure que davantage de bâtiments sont relocalisés en raison de l'érosion. Pour les autres options (RP, RR et E), la perte d'achalandage touristique n'est considérée que pour les années précédant la mise en place des structures.

### **5.2.3 Impacts sociaux**

#### *a) Perte ou gain de vue ou d'accès à la mer*

Afin d'établir la valeur de la vue et d'accès à la mer, les données provenant des évaluations de plusieurs bâtiments et terrains résidentiels, réalisées par une firme d'évaluateurs agréés de la région gaspésienne, ont été analysées. Elles ont permis de comparer des terrains de plusieurs municipalités, dont Maria, New Richmond, Carleton-sur-Mer, etc. Une régression linéaire simple a permis d'extraire l'influence de la vue sur la mer et de l'accès à la mer sur le prix des terrains en contrôlant les autres facteurs pouvant affecter le prix des terrains tels la proximité à des services publics ou à des commerces. En utilisant cette méthode, les primes moyennes de vue sur la mer et d'accès à la mer obtenues sont respectivement de 8 797 \$ et 19 131 \$. Ainsi, dans les villes à l'étude, un terrain permettant d'avoir un accès à la mer, toutes choses étant égales par ailleurs, coûterait 19 000 \$ de plus qu'un terrain n'offrant pas un tel accès. De la même manière, un terrain offrant une vue sur la mer, indépendamment de l'accès à la mer, vaudrait environ 8 800 \$ de plus qu'un terrain sans vue sur la mer.

Sur l'horizon temporel considéré, l'érosion touchera 14 bâtiments dans le segment La Grave, lesquels seront déplacés et perdront ainsi leur vue et accès à la mer.

*b) Qualité de vie*

L'influence des tempêtes sur la qualité de vie des gens vivant dans les zones à risque est une problématique qui est bien documentée (voir notamment Brisson et Richardson, 2009). Cependant, il est extrêmement difficile de chiffrer la valeur de cette perte de jouissance en termes économiques. Ainsi, dans le cadre de cette analyse, cet aspect est traité qualitativement en soulignant que toutes les options d'adaptation étudiées devraient, comparées à la non-intervention, améliorer la qualité de vie des résidents en diminuant l'insécurité.

*c) Modification ou perte de la valeur d'usage de La Grave pour les touristes et les résidents*

Les options de non-intervention et d'immunisation combinée à la relocalisation stratégique supposent que l'érosion entrainera la perte graduelle d'une partie importante du cadre bâti de La Grave.

Les résultats du sondage ont permis d'établir une valeur d'usage du segment La Grave. Cette valeur d'usage a été calculée de manière différente pour les touristes et pour les résidents.

- 1) La valeur d'usage des touristes est égale à la volonté de payer pour accéder au site multiplié par le nombre de fois que les touristes visitent le site de La Grave en moyenne durant leur séjour. Selon les hypothèses retenues, le nombre de touristes visitant le site est de 47 885 par année en moyenne.
- 2) La valeur d'usage accordée par les résidents, quant à elle, correspond à la volonté de payer pour préserver le site. Cette valeur comprend donc la valeur patrimoniale, culturelle de même que la valeur d'usage anticipée du site au courant des prochaines années. Le nombre de résidents correspond ici au nombre d'habitants adultes des Îles-de-la-Madeleine selon le recensement de 2011, soit 10 565 individus.

Pour l'option de non-intervention, la perte de valeur d'usage est proportionnelle au pourcentage de bâtiments perdus à La Grave (39 bâtiments au total). Ainsi, la perte s'accroît progressivement sur l'horizon temporel considéré. Plus spécifiquement, pour

les touristes, la valeur d'usage annuelle totale est multipliée par la proportion de bâtiments perdus pour calculer la perte de valeur d'usage annuelle. Pour les résidents, la perte de valeur est également calculée en proportion du nombre de bâtiments perdus. Cette valeur n'est pas calculée sur une base annuelle, mais plutôt sur la valeur d'usage totale future exprimée par les résidents.

Pour les autres options (RP, RR et E), la valeur d'usage du segment La Grave varie proportionnellement à l'achalandage (fréquence et durée des visites) de ce dernier. Les structures d'ingénierie (recharge de plage, rirrap et enrochement) prévues sur le segment entraînent une modification de l'usage de cette dernière pour les résidents. Dans le cas de la recharge de plage, l'élargissement de la plage rend encore plus attrayant le site historique, tandis que c'est le contraire pour l'enrochement et le rirrap. Le tableau 5.4 résume les variations de valeur d'usage en fonction des différentes options d'adaptation.

**Tableau 5.4** – Variation de valeur d'usage du site de La Grave en fonction des options d'adaptation

Options d'adaptation	Variation de la valeur d'usage	
	Résidents	Touristes
Non-intervention	(167 248 \$)	(6 776 732 \$)
Recharge de plage	(34 237 \$)	172 805 \$
Enrochement	(64 205 \$)	(1 975 502 \$)
Rirrap	(64 205 \$)	(1 975 502 \$)
Immunsation combinée à la relocalisation stratégique	(167 248 \$)	(6 776 732 \$)

Le détail des calculs effectués pour déterminer la valeur d'usage de La Grave pour les résidents et les touristes est présenté à l'annexe D.

#### 5.2.4 Estimation du coût de la non-intervention et des options d'adaptation

L'option de non-intervention et les options d'adaptation envisagées impliquent toutes des coûts de différentes envergures. Ces derniers ont été estimés à partir de consultations réalisées auprès d'experts dans le domaine.

La relocalisation stratégique consiste à déplacer un bâtiment en s'éloignant du bord de mer, sur le même terrain s'il y a de la place, ou sur un nouveau terrain en le transportant sur la route (ce qui est le cas à La Grave). Les coûts de déménagement des bâtiments sont des coûts génériques fournis par la firme de déménagement Héneault et Gosselin Inc. Les prix fournis varient entre 1 300 \$ et 2 100 \$ du mètre linéaire selon les différents revêtements de bâtiments et la nature de la relocalisation (sur le même terrain ou sur un autre terrain). Voir l'annexe C pour les détails des coûts employés.

Ces coûts unitaires ont été appliqués à chacun des bâtiments nécessitant d'être relocalisé en fonction de leur revêtement extérieur respectif. S'ajoute à ces coûts, le coût de gestion des fils sur le trajet de relocalisation.

Les coûts de relocalisation stratégique sur d'autres terrains comprennent également l'aménagement de services dans les quartiers qui accueilleront les bâtiments déménagés. Ces coûts sont estimés à un peu plus de 30 000 \$ par nouveau terrain aménagé comprenant le raccordement aux égouts et à l'aqueduc de même que la route d'accès.

L'immunisation des bâtiments touchés par des épisodes de submersion, mais qui ne seraient pas touchés par l'érosion, consiste à soulever et à mettre sur pilotis les bâtiments à risque. Dans le segment La Grave, un seul bâtiment devra être immunisé avant d'être relocalisé. Les coûts de l'immunisation sont égaux aux coûts de déplacement auxquels s'ajoutent les coûts de déconnexion des fils d'un bâtiment qui sont de 3 416 \$.

Dans le cas de la recharge de plage en gravier, du riprap et de l'enrochement, les coûts ont été établis sur la base des quantités de matériaux estimées par Consultants Ropars (Ropars, 2016) et des prix unitaires présentés dans le rapport de Roche (Roche, 2011). Le coût d'aménagement de la recharge de plage en gravier est évalué à 1 624 \$ du

mètre linéaire. Une recharge de plage de ce type nécessite des recharges d'entretien tous les 7 ans. Ainsi, sur un horizon de 50 ans, 6 recharges additionnelles sont requises. La première recharge exigerait 50 % du matériel initial et les autres 20 % seulement. Le coût de la recharge initiale et des recharges d'entretien est détaillé au tableau 5.5.

**Tableau 5.5 – Coûts de la recharge de plage en gravier et des recharges d'entretien**

Année	Coûts de la recharge
2018	714 560 \$
2025	400 154 \$
2032	160 061 \$
2039	160 061 \$
2046	160 061 \$
2053	160 061 \$
2060	160 061 \$

Le coût d'aménagement du riprap est estimé à 1 261 \$ du mètre linéaire. À ce montant, il faut ajouter 7,5 % de frais d'ingénierie et 7,5 % pour les études préparatoires durant les deux années précédant la construction. Les coûts de construction, les frais d'ingénierie et les coûts des études incluent 20 % de frais de contingence. De plus, cette option requiert une recharge tous les 15 ans, soit 3 recharges sur la durée de vie utile de l'ouvrage. La première recharge nécessiterait 40 % de la quantité initiale des matériaux utilisés, tandis que les deuxième et troisième recharges exigeraient respectivement 20 et 15 % de la quantité initiale de matériaux.

L'enrochement, pour sa part, entraîne des coûts qui sont évalués à 1 311 355 \$ sur l'ensemble de l'horizon d'étude. Ces coûts incluent la mise en place de l'enrochement, de même que les coûts des études préparatoires. L'enrochement n'entraîne pas de coûts d'entretien sur la période d'étude.

Il est important de mentionner que la non-intervention a également un coût de mise en œuvre puisqu'elle suppose que les bâtiments exposés seront démolis. Le coût de

démolition des bâtiments a été estimé à 54 \$ le mètre carré en plus de coûts fixes de 3 240 \$ pour l'enlèvement des fondations.

### 5.3 ANALYSE COÛTS-AVANTAGES

Cette section présente l'ensemble des coûts et avantages estimés sur un horizon temporel de 50 ans pour l'option de non-intervention et chacune des options d'adaptation envisagées dans le segment La Grave. Une comparaison des coûts et des avantages est par la suite effectuée dans le cadre du calcul de la VAN afin de comparer la performance économique de chaque option.

#### 5.3.1 Calcul des coûts sur 50 ans

Les coûts sont présentés pour la non-intervention et chacune des options d'adaptation. Ces coûts sont actualisés au taux de 4 % sur la période 2015-2064.

##### a) Coûts liés à la non-intervention

Les coûts liés à la non-intervention concernent essentiellement les dommages encourus par la submersion de même que par l'érosion. Puisque la méthodologie de calcul des dommages de submersion est basée sur une approche par analyse de risque, les dommages sont répartis sur l'ensemble de la période en s'accroissant en 2030 et 2055 en raison de la hausse prévue du niveau marin.

Plus précisément, le dommage annuel moyen (DAM) associé à la submersion varie entre 58 735 \$ et 119 602 \$ sur l'horizon d'étude. Ces dommages concernent 24 bâtiments et représentent une somme actualisée de 1,76 M\$ sur l'horizon 2015-2064.

Les dommages d'érosion s'appliquent, quant à eux, de manière ponctuelle à mesure que les bâtiments sont exposés à l'érosion. De 2015 à 2064, 14 bâtiments sont exposés à l'érosion, dont deux dès 2015, pour un coût total actualisé de 987 645 \$. La démolition de ces bâtiments coûterait 142 221 \$. Finalement, les pertes de terrain sont calculées annuellement et se chiffrent à 33 693 \$ sur l'ensemble de la période.

Les dommages actualisés liés au nettoyage des débris et à la réfection du profil de plage lors des tempêtes sont estimés à 28 170 \$.

Comme mentionné antérieurement, les impacts économiques concernent la perte associée à une modification du comportement des touristes, si le site devenait de moins en moins attrayant. Au total, sur la période d'analyse, la perte anticipée de revenus touristiques totalise 30 M\$.

Au niveau social, la non-intervention entraîne une perte de vue et d'accès à la mer pour les bâtiments exposés qui seront démolis. La perte monétaire associée à cet élément se chiffre à 234 690 \$. De plus, cette option prévoit la démolition de 14 bâtiments en raison de l'érosion ce qui engendrera une perte de valeur d'usage accordée par les résidents à ce site totalisant 167 248 \$ sur l'horizon à l'étude. La perte de la valeur d'usage (volonté de payer) accordée par les touristes correspond, pour sa part, à 6,78 M\$ sur l'horizon temporel.

Ainsi, en tenant compte de tous ces éléments, l'ensemble des coûts liés à la non-intervention sur une période de 50 ans représente une somme d'environ 40,14 M\$. L'annexe F présente les coûts annuels par catégorie.

*b) Coûts liés à la recharge de plage en gravier*

Le coût actualisé de mise en place de la recharge de plage en gravier implique à la fois des coûts d'ingénierie, d'études préparatoires, de construction et d'entretien. Ces coûts s'élèvent à 1,49 M\$.

La mise en place de l'ouvrage permet d'éviter tous les coûts liés à l'érosion et à la submersion à partir de 2018 alors que l'ouvrage sera complété. D'ici là, des dommages de 244 952 \$ dus à l'érosion sont à prévoir sur la période d'analyse. En ce qui concerne la problématique de submersion, la recharge de plage permet d'éviter tous les dommages causés par les niveaux d'eau extrêmes provenant du côté mer. Les niveaux d'eau extrêmes du côté de la baie pourraient toutefois causer certains dommages aux bâtiments. Ces dommages résiduels correspondent à 464 646 \$ sur l'ensemble de la période d'étude et ont été calculés en fonction des niveaux d'eau extrêmes sans jet de rive.

La variation de l'achalandage touristique entraînera des pertes économiques au cours de la période de mise en place de l'ouvrage (2015-2017) pour un montant actualisé de

1,04 M\$. Des dommages pour un montant actualisé de 1 400 \$ sont également comptabilisés au cours de cette même période au titre de frais de nettoyage et de remise en état des lieux.

Cette option permettra l'élargissement de la plage existante ce qui rendra plus attrayant le site de La Grave. Les impacts sociaux comprendront une augmentation de la valeur d'usage accordée par les touristes (172 805 \$) et une baisse globale de la valeur pour les résidents (-34 237 \$) sur la période d'analyse.

Les coûts totaux associés à la mise en place de la recharge de plage dans ce segment totalisent donc 3,1 M\$ sur l'horizon temporel retenu. L'annexe F présente les coûts annuels par catégorie.

*c) Coûts liés au riprap*

La mise en œuvre de l'option du riprap comprend des coûts d'ingénierie, d'études préparatoires et de construction représentant une somme actualisée de 826 553 \$. Des coûts d'entretien totaux de 144 211 \$ sont également associés à la recharge en matériaux grossiers qui doit être effectuée tous les 15 ans, soit à trois reprises pendant la période d'étude.

Tout comme l'option de la recharge de plage en gravier, des dommages dus à l'érosion ont été comptabilisés de 2015 à 2017, avant que l'ouvrage soit finalisé. Les coûts actualisés sur cette période sont de 244 952 \$. Les dommages résiduels de submersion s'élèvent quant à eux à 464 646 \$. Les dommages aux infrastructures publiques reliés aux tempêtes s'élèvent à 1 400 \$ étant donné que ceux-ci seront évités suite à la mise en place de l'ouvrage.

Cette option entrainera cependant une diminution de la largeur de la plage et rendra l'esthétisme de celle-ci moins attrayante. La perte de valeur d'usage qui lui est associée est de 64 205 \$ pour les résidents et de 1,98 M\$ pour les touristes. La perte économique (dépenses d'hébergement et autres dépenses) associée à la diminution de l'achalandage touristique du site totalise 1,04 M\$ sur la période d'analyse.

Ainsi, les coûts totaux actualisés liés à la mise en place du riprap totalisent 4,8 M\$ sur l'horizon temporel 2015-2064. L'annexe F présente les coûts annuels par catégorie.

*d) Coûts liés à l'enrochement*

Les coûts de mise en œuvre de l'enrochement comprennent des coûts d'ingénierie, d'études préparatoires et de construction représentant une somme actualisée de 1,31 M\$. Aucun entretien n'est nécessaire pour cette option.

Quant aux coûts associés à l'érosion et à la submersion, ils sont les mêmes que ceux de l'option du riprap, soit 244 952 \$ et 464 646 \$ respectivement. Les dommages aux infrastructures publiques reliés aux tempêtes s'élèvent également à 1 400 \$.

La perte de la valeur d'usage associée à l'enrochement est la même que celle associée au riprap, soit 64 205 \$ pour les résidents et de 1,98 M\$ pour les touristes. La perte économique (dépenses d'hébergement et autres dépenses) associée à la diminution de l'achalandage touristique du site totalise, pour sa part, 1,04 M\$ sur la période d'analyse.

Ainsi, les coûts totaux actualisés liés à la mise en place de cette option sont de 5,1 M\$ sur l'horizon temporel 2015-2064 et la différence de coûts entre cette option et l'option du riprap est uniquement dû au coût de mise en œuvre. L'annexe F présente les coûts annuels par catégorie.

*e) Coûts liés à l'immunisation combinée à la relocalisation stratégique*

De nombreuses composantes des coûts de cette option sont similaires à la non-intervention. C'est le cas, des impacts économiques et sociaux et du coût des dommages dus à l'érosion et aux tempêtes qui totalisent respectivement 30 M\$, 7,18 M\$, 1,02 M\$ et 28 170 \$.

Toutefois, l'immunisation combinée à la relocalisation stratégique entraîne une réduction importante des dommages dus à la submersion grâce à l'immunisation des bâtiments. Ceux-ci totalisent 342 628 \$ comparativement à 1,76 M\$ pour la non-intervention sur l'horizon temporel considéré.

Le coût du riprap totalise 2,02 M\$ et comprend l'immunisation de 24 bâtiments sur l'horizon à l'étude.

Au total, les coûts associés à l'immunisation combinée à la relocalisation stratégique sont de 40,6 M\$ sur l'horizon temporel retenu. L'annexe F présente les coûts annuels par catégorie.

### **5.3.2. Calcul des avantages sur 50 ans**

Les options d'adaptation étudiées dans le segment La Grave ne génèrent pas d'avantages en termes environnementaux ou touristiques. Toutefois, la recharge de plage entraîne une légère augmentation de la valeur d'usage de la plage pour les touristes et les résidents du fait de l'élargissement de cette dernière. Cet avantage est estimé à environ 172 000 \$ sur l'horizon d'étude.

### **5.3.3. Valeur actualisée nette et comparaison des options**

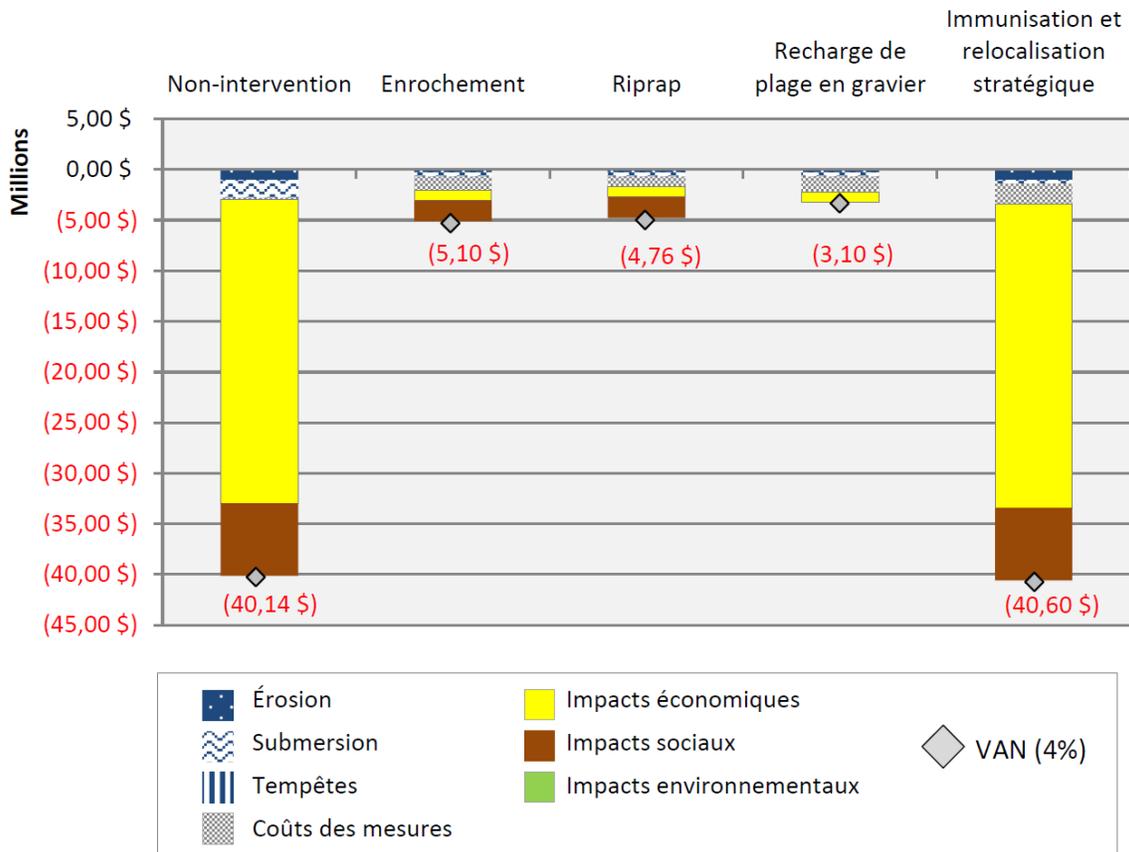
La valeur actualisée nette (VAN) a été calculée pour chacune des options d'adaptation étudiées, en utilisant les coûts quantifiés et monétisés auparavant. La VAN permet, entre autres, de discriminer les options en fonction de leur performance économique, et ce, même s'il y a absence d'avantages directs. La ventilation des VAN de chaque option d'adaptation est présentée au tableau 5.6 et à la figure 5.5.

Aucune des options envisagées ne génère une VAN positive et donc un avantage net pour la société. Toutefois, trois des quatre options ont une VAN inférieure à la VAN de la non-intervention, ce qui démontre qu'il est préférable d'intervenir.

L'absence d'intervention coûterait près de 40 M\$ à la société sur 50 ans, essentiellement en raison des pertes des retombées touristiques liées à une diminution graduelle de l'achalandage au fur et à mesure de la déperdition du bâti dans le segment. L'option de l'immunisation et de la relocalisation stratégique, bien que réduisant les dommages liés à la submersion, est encore plus coûteuse que la non-intervention compte tenu du coût relativement élevé de mise en œuvre.

**Tableau 5.6 – Coûts et avantages actualisés des options d'adaptation – Segment La Grave**

Coûts annualisés nets	Non-intervention	Recharge de plage en gravier	Enrochement	Riprap	Immunsation combinée à la relocalisation stratégique
Érosion*	(1 021 338 \$)	(244 952 \$)	(244 952 \$)	(244 952 \$)	(1 021 334 \$)
Submersion	(1 761 000 \$)	(464 646 \$)	(464 646 \$)	(464 646 \$)	(342 628 \$)
Coûts des options	(142 221 \$)	(1 494 401 \$)	(1 311 355 \$)	(970 765 \$)	(2 021 360 \$)
Impacts économiques	(30 006 713 \$)	(1 035 522 \$)	(1 035 522 \$)	(1 035 522 \$)	(30 006 713 \$)
Impacts sociaux	(7 178 671 \$)	138 569 \$	(2 039 707 \$)	(2 039 707 \$)	(7 178 671 \$)
Tempêtes	(28 170 \$)	(1 400 \$)	(1 400 \$)	(1 400 \$)	(28 170 \$)
VAN	(40 138 113 \$)	(3 102 352 \$)	(5 097 581 \$)	(4 756 991 \$)	(40 598 876 \$)
Avantages p/r non-intervention		37 035 761 \$	35 040 532 \$	35 381 123 \$	(460 762 \$)
Ratio avantages-coût		25,78	11,41	12,61	0,77

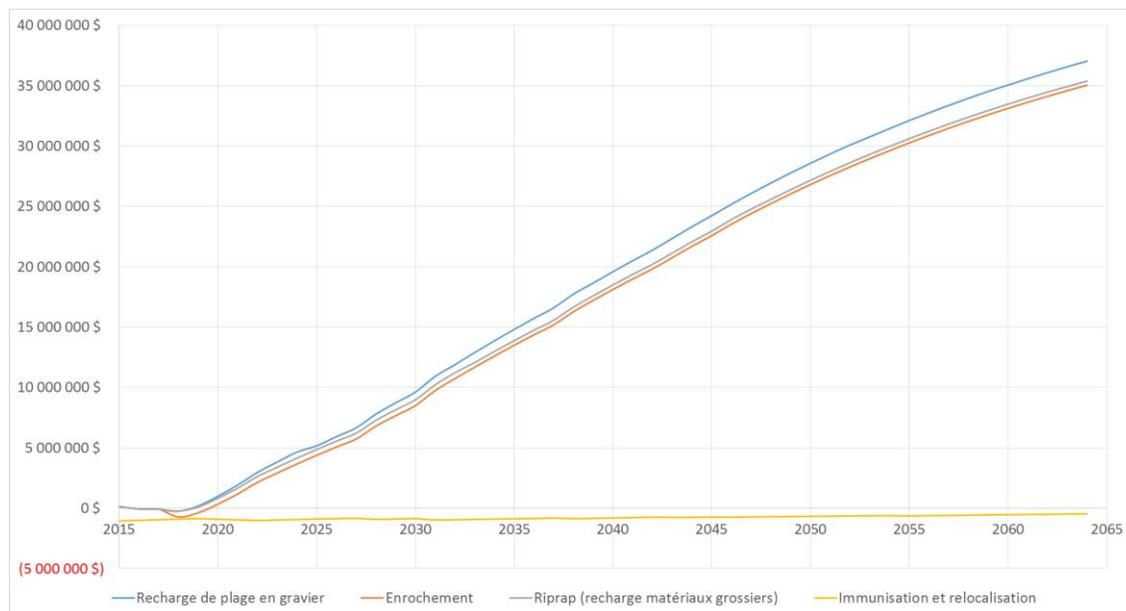


**Figure 5.5 – Ventilation des coûts et avantages par option – Segment La Grave**

Les structures d'ingénierie présentent un avantage important, de l'ordre de 35 M\$, du fait qu'elles permettent de réduire substantiellement les impacts économiques et sociaux des aléas côtiers une fois mis en place. La recharge en gravier constitue l'option la plus avantageuse parmi les structures d'ingénierie, puisqu'elle entraîne une légère augmentation de la valeur d'usage du segment plutôt qu'une diminution comme les autres options.

Le ratio avantages-coûts favorise également la recharge de plage en gravier. Pour chaque dollar consenti par la société pour protéger La Grave grâce à une recharge de plage en gravier, des avantages de 26 \$ sont attendus.

La figure 5.6 illustre la somme cumulée des avantages nets par rapport à la non-intervention actualisée à un taux de 4 % sur la période 2015-2064. Ce graphique permet de voir que la recharge de plage en gravier constitue l'option la plus avantageuse pour ce segment sur tout l'horizon temporel retenu.



**Figure 5.6** – Somme actualisée des avantages nets par rapport à la non-intervention entre 2015 et 2064 – La Grave

### 5.3.2 Analyse de sensibilité

Cette section présente les VAN obtenues lorsque des hypothèses clés de l'ACA sont modifiées. L'objectif de cette analyse est d'examiner la robustesse de la VAN suite à de telles modifications. Les hypothèses ciblées incluent le taux d'actualisation, les niveaux d'eau extrêmes ainsi que l'ampleur des variations de retombées économiques. Le tableau 5.7 résume les analyses de sensibilité réalisées.

**Tableau 5.7 – Paramètres des analyses de sensibilité – Segment La Grave**

Paramètre	Variation
Taux d'actualisation	± 2 %
Niveaux d'eau extrêmes	± 50 cm
Retombées économiques	Aucune (- 100 %)

### 5.3.3 Taux d'actualisation

L'utilisation d'un taux d'actualisation plus faible a pour effet d'accorder une importance relative plus grande aux impacts ayant lieu à des moments plus éloignés dans l'horizon temporel, alors que c'est l'inverse pour un taux d'actualisation plus élevé. Le tableau 5.8 présente les résultats de l'analyse de sensibilité sur le taux d'actualisation.

**Tableau 5.8 – Variation de la VAN en fonction du taux d'actualisation – La Grave**

Options d'adaptation	Taux d'actualisation		
	2 %	4 % (base)	6 %
VAN non-intervention	(65 334 785 \$)	(40 138 113 \$)	(26 495 597 \$)
VAN recharge de plage en gravier	(3 448 509 \$)	(3 102 352 \$)	(2 874 758 \$)
VAN enrochement	(6 288 302 \$)	(5 097 581 \$)	(4 381 030 \$)
VAN riprap	(6 006 170 \$)	(4 756 991 \$)	(4 016 740 \$)
VAN immunisation combinée à la relocalisation stratégique	(65 353 449 \$)	(40 598 876 \$)	(27 172 144 \$)
Recharge de plage en gravier - Avantage net par rapport à la non- intervention	61 886 276 \$	37 035 761 \$	23 620 839 \$
Enrochement - Avantage net par rapport à la non-intervention	59 046 483 \$	35 040 532 \$	22 114 567 \$
Riprap - Avantage net par rapport à la non-intervention	59 328 614 \$	35 381 123 \$	22 478 856 \$
Immunisation et relocalisation stratégique - Avantage net par rapport à la non-intervention	(18 664 \$)	(460 762 \$)	(676 547 \$)

La VAN de chaque option varie à la baisse lorsque le taux d'actualisation diminue, alors qu'elle augmente lorsque le taux atteint 6 %. En comparaison à la non-intervention, une baisse du taux d'actualisation augmente significativement les avantages des options d'adaptation, alors qu'une hausse du taux d'actualisation les diminue. Toutefois, dans tous les cas, la recharge de plage en gravier demeure l'option d'adaptation la plus avantageuse. De plus, l'ordre des options ne change pas suite à une variation du taux d'actualisation.

### 5.3.4 Niveaux d'eau extrêmes

La projection des niveaux d'eau extrêmes et de leurs périodes de retour est un exercice très complexe qui dépend à la fois de la disponibilité et de la qualité des données dans les secteurs à l'étude. Cette projection implique de combiner de nombreux facteurs biophysiques ayant des niveaux d'incertitude à différents degrés. Le rehaussement marin, les valeurs extrêmes de vagues et de niveaux d'eau sont des paramètres pour lesquels la plage de valeurs possibles dans le futur n'est pas connue avec certitude.

Afin de mettre en perspective ces incertitudes, les niveaux d'eau extrêmes retenus aux fins de l'analyse ont été augmentés et diminués de 50 cm par rapport aux hypothèses de base. Les résultats de cette analyse de sensibilité sont présentés au tableau 5.9.

Cette analyse de sensibilité a une limite importante, car il est possible que les options d'adaptation étudiées ne soient plus suffisantes pour protéger contre des niveaux d'eau extrêmes augmentés de 50 cm. Néanmoins, cette analyse a l'avantage de comparer les résultats dans un contexte où les dommages associés à la submersion seraient beaucoup plus élevés que ceux anticipés aux niveaux d'eau extrêmes utilisés dans le cadre de cette étude.

Une diminution des niveaux d'eau extrêmes entraîne une hausse de la VAN de chacune des options considérées, tandis qu'une hausse produit l'effet inverse. Dans les deux cas, la recharge de plage en gravier constitue l'option la plus avantageuse sur 50 ans pour la société et l'ordre des options n'est pas modifié. La sensibilité des résultats à l'ampleur des niveaux d'eau extrême est faible en comparaison des autres facteurs comme le taux d'actualisation ou les retombés économiques.

**Tableau 5.9** – Variation de la VAN en fonction du niveau d'eau – La Grave

Options d'adaptation	Taux d'actualisation		
	-50 cm	Hypothèses de base	+50 cm
VAN non-intervention	(39 436 078 \$)	(40 138 113 \$)	(42 728 574 \$)
VAN recharge de plage en gravier	(2 976 036 \$)	(3 102 352 \$)	(3 597 824 \$)
VAN enrochement	(4 971 264 \$)	(5 097 581 \$)	(5 593 053 \$)
VAN riprap	(4 632 302 \$)	(4 756 991 \$)	(5 254 091 \$)
VAN immunisation combinée à la relocalisation stratégique	(40 322 699 \$)	(40 598 876 \$)	(41 256 966 \$)
Recharge de plage en gravier - Avantage net par rapport à la non- intervention	36 460 043 \$	37 035 761 \$	39 130 750 \$
Enrochement - Avantage net par rapport à la non-intervention	34 464 814 \$	35 040 532 \$	37 135 521 \$
Riprap - Avantage net par rapport à la non-intervention	34 803 776 \$	35 381 123 \$	37 474 483 \$
Immunisation et relocalisation stratégique - Avantage net par rapport à la non-intervention	(886 620 \$)	(460 762 \$)	1 471 608 \$

### 5.3.5 Aucun impact sur les retombées économiques

Étant donné l'importance des impacts économiques dus à une diminution de l'achalandage touristique, c'est-à-dire des pertes de dépenses touristiques qui s'élèvent à 30 M\$ en non-intervention sur un horizon de 50 ans, une analyse de la sensibilité des résultats de l'ACA à une réduction de ces pertes a été réalisée. Il est supposé ici, pour chacune des options à l'étude, qu'il n'y aura aucune modification de l'achalandage touristique au site de La Grave, et ce, malgré les dommages causés par les aléas côtiers. Les résultats de l'analyse sont présentés au tableau 5.10.

L'absence de pertes de retombées touristiques fait augmenter toutes les VAN, en particulier la VAN de la non-intervention et celle de l'immunisation combinée à la relocalisation stratégique. Il en résulte une diminution importante des avantages comparatifs de la recharge de plage par rapport à la non-intervention. Toutefois, la

recharge de plage en gravier constitue l'option la plus avantageuse sur ce segment et l'ordre de préférence des options demeure le même que dans l'ACA initiale.

**Tableau 5.10** – Variation de la VAN en l'absence de retombées économiques – La Grave

Options d'adaptation	Hypothèses de base	Aucun impact économique
VAN non-intervention	(40 138 113 \$)	(10 131 400 \$)
VAN recharge de plage en gravier	(3 102 352 \$)	(2 066 830 \$)
VAN enrochement	(5 097 581 \$)	(4 062 059 \$)
VAN riprap	(4 756 991 \$)	(3 723 097 \$)
VAN immunisation combinée à la relocalisation stratégique	(40 598 876 \$)	(10 639 961 \$)
Recharge de plage en gravier - Avantage net par rapport à la non-intervention	37 035 761 \$	8 064 570 \$
Enrochement - Avantage net par rapport à la non-intervention	35 040 532 \$	6 069 342 \$
Riprap - Avantage net par rapport à la non-intervention	35 381 123 \$	6 408 304 \$
Immunisation et relocalisation stratégique - Avantage net par rapport à la non-intervention	(460 762 \$)	(508 561 \$)

### 5.3.6 Synthèse de l'analyse de sensibilité

Les résultats des analyses de sensibilité indiquent que les résultats de l'ACA initiale sont robustes. L'option de la recharge de plage en gravier est toujours la plus avantageuse par rapport à la non-intervention dans le segment La Grave même lorsque des hypothèses clés varient (tableau 5.11).

**Tableau 5.11** – Options les plus avantageuses selon les analyses de sensibilité – Segment La Grave

Hypothèse modifiée	Option la plus avantageuse
Hypothèses de base	Recharge de plage en gravier
Taux d'actualisation de 2 %	Recharge de plage en gravier
Taux d'actualisation de 6 %	Recharge de plage en gravier
Niveaux d'eau extrêmes - 50 cm	Recharge de plage en gravier
Niveaux d'eau extrêmes +50 cm	Recharge de plage en gravier
Aucune retombée économique	Recharge de plage en gravier

## 5.4 CONCLUSION

L'ACA a permis d'évaluer que la non-intervention pour ce segment aurait des impacts appréhendés de plus de 40 M\$, générés principalement par la perte de retombées touristiques et une baisse de la valeur d'usage du site pour les résidents et les touristes. Toutes les options d'adaptation considérées, à l'exception de l'immunisation et de la relocalisation stratégique, permettent de préserver la majeure partie de l'intégrité du site de La Grave.

L'option d'adaptation la plus rentable économiquement est la recharge de plage en gravier grâce à un coût de mise en œuvre relativement faible et à une valeur d'usage accrue tout en étant efficace pour lutter contre les épisodes de tempête. Les analyses de sensibilité ont permis de démontrer la robustesse de ce résultat qui apparaît comme l'option la plus avantageuse lorsque des variables clés sont modifiées.



## 6. SECTEUR GRANDE-ENTRÉE

### 6.1 DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SECTEUR

Le secteur Grande-Entrée s'étend sur environ 2,3 km de part et d'autre de la pointe de Grande-Entrée, soit du chemin des Pealey du côté mer, en passant par la zone portuaire, jusqu'à la lagune du côté intérieur (au nord-est du port). Ce secteur a été initialement découpé en 3 segments en fonction d'un certain nombre de critères dont le régime hydrosédimentaire, le type de côte, le degré d'artificialisation de la côte et le cadre bâti. La figure 6.1 présente les 3 segments ayant été analysés initialement le long du littoral du secteur Grande-Entrée.

Suite à une analyse préliminaire, un segment a été omis de l'ACA compte tenu de l'absence d'enjeux pendant la période d'analyse retenue. En effet, ce segment (le segment 3) situé à l'endroit du chemin des Pealey est composé principalement d'une terrasse de plage en accrétion depuis le début des années 60, laquelle, selon les projections de l'UQAR, le demeurera sur la période d'analyse. On y retrouve aucune structure ou infrastructure pouvant être impactée par les aléas côtiers.

De plus, considérant la morphologie du site et l'interdépendance des enjeux d'érosion et de submersion, les deux autres segments (les segments 1 et 2) ont été regroupés en un seul, soit le segment Pointe de Grande-Entrée. Ces segments sont soumis à des épisodes de submersion et comportent tous deux des actifs vulnérables au cours de l'horizon temporel à l'étude.



**Figure 6.1** – Image satellite du secteur Grande-Entrée

Les limites de ce segment sont illustrées à la figure 6.2. Ce segment est un cordon de plage fermant une ancienne lagune presque complètement comblée et dans laquelle la route d'accès à la zone portuaire a été construite. Il comprend une zone portuaire entièrement artificialisée s'étendant sur 908 m, une terrasse de plage naturelle d'un demi-kilomètre au sud-ouest des infrastructures portuaires (côté mer) et un peu plus de 300 m de littoral du côté de la lagune, sise au nord-est du port de Grande-Entrée. Ce port de pêche, le plus important des Îles-de-la-Madeleine en termes de nombre d'embarcations et de la valeur des débarquements, est soumis à des épisodes de submersion qui pourraient s'avérer plus fréquents à l'avenir compte tenu des changements climatiques.

À cet endroit, la dérive littorale dominante transporte les sédiments du sud vers le nord, mais la présence d'un enrochement et de la zone portuaire en bordure du chenal vient modifier la dynamique sédimentaire. Le dragage constant du chenal d'accès au port fait en sorte que les sédiments en provenance de l'ouest ne parviennent pas jusqu'au port.

L'évolution historique du littoral dans la zone ouest indique une stabilité relative de la côte. Entre 1963 et 1983, ce segment était en accumulation de +0,31 m/an alors que, de

1983 à 2008, on y a constaté un recul moyen de -0,26 m/an. Toutefois, de 2005 à 2012, les reculs ont été très importants avec un taux de recul moyen de -1,61 m/an. Le recul maximal mesuré a été -6,9 m en 2010-2011.

La dynamique imprévisible du secteur (inversion de cycles d'érosion-accumulation de forte amplitude) fait en sorte que la côte de ce secteur doit bénéficier d'un espace de migration important afin de permettre les réajustements naturels. Aux fins de la présente analyse, le taux de recul probable est fixé à -1,61 m/an (2005-2012) alors que le recul événementiel mesuré dans ce type de côte est de -12,5 m.



**Figure 6.2** – Image satellite du segment Pointe de Grande-Entrée

### 6.1.1 Problématique

La principale problématique dans ce segment est liée à la submersion provenant tant du côté mer que du côté lagune et qui toucherait la route d'accès au port et des bâtiments sur l'horizon temporel retenu. Il importe de s'assurer que la route demeure sécuritaire en tout temps afin de permettre une évacuation de la zone en cas de tempête majeure et de submersion côtière. Au sud-ouest, au niveau de la terrasse de plage, l'érosion toucherait quelques bâtiments sur la période d'analyse considérée.

### 6.1.2 Option de non-intervention

L'ACA est réalisée avec l'option de non-intervention en tant que scénario de référence. Ce scénario suppose que la situation actuelle se perpétuera au cours des 50 prochaines années. Dans le cas de la non-intervention, le segment Pointe de Grande-Entrée subirait des épisodes de submersion pouvant endommager les actifs (bâtiments, route), ceux-ci ayant une faible élévation ou étant situés très près de la rive. Ne pas intervenir implique également un recul graduel de la côte extérieure (côté mer) à un rythme annuel de -1,61 m/an (2005-2012) dû à l'érosion.

L'érosion graduelle entraînera des pertes de terrain et certains bâtiments se retrouveront exposés à cet aléa. La plupart des bâtiments à risque sont localisés du côté mer près de la pointe. Lorsque la côte les atteindra en leur point le plus près du rivage, il ne sera plus sécuritaire d'y habiter. Il est supposé que ces derniers seront alors démolis.

Pour les bâtiments n'étant pas exposés à l'érosion à l'horizon 2064, mais qui sont aux prises avec des problèmes de submersion, il est supposé que les propriétaires répareront les dommages à chaque épisode de submersion. Ainsi, dans l'option de non-intervention, la submersion n'entraînera pas la démolition d'un bâtiment, elle causera plutôt des dommages en fonction des hauteurs d'eau atteintes lors des épisodes.

Dans le segment Pointe de Grande-Entrée, l'option de non-intervention implique que 7 bâtiments seraient affectés par l'érosion.

### 6.1.3 Options d'adaptation

Afin de réduire les impacts de l'érosion et des épisodes de submersion sur l'environnement bâti pour le segment Pointe de Grande-Entrée, des options d'adaptation ont été étudiées. Quatre stratégies combinant deux options d'adaptation, l'une du côté mer et l'autre du côté lagune sont envisagées, comme indiqué au tableau 6.1.

**Tableau 6.1** – Stratégies mises de l'avant pour le segment Pointe de Grande-Entrée

Stratégie	Côté mer	Côté lagune
Stratégie 1	Recharge de plage avec épis	Immunisation
Stratégie 2	Riprap	Immunisation
Stratégie 3	Enrochement	Immunisation
Stratégie 4	Immunisation combinée à relocalisation stratégique	

*a) Recharge de plage avec épis et immunisation des bâtiments*

Cette stratégie consiste à mettre en place du côté mer une recharge de plage avec épis et, du côté lagune, à immuniser les bâtiments qui pourraient être inondés par les surcotes de tempête. Outre l'immunisation, aucune autre structure rigide ou mobile n'est prévue du côté lagune.

La recharge de plage serait accompagnée d'épis de protection dans la zone de recharge, lesquels viendraient stabiliser les sédiments et accroître la durée de vie de la recharge. Des rechargements périodiques seraient tout de même requis tous les 7 ans, la première correspondant à 50 % de la quantité initiale et les suivantes à 20 % jusqu'à la fin de la période d'étude (Roche, 2011).

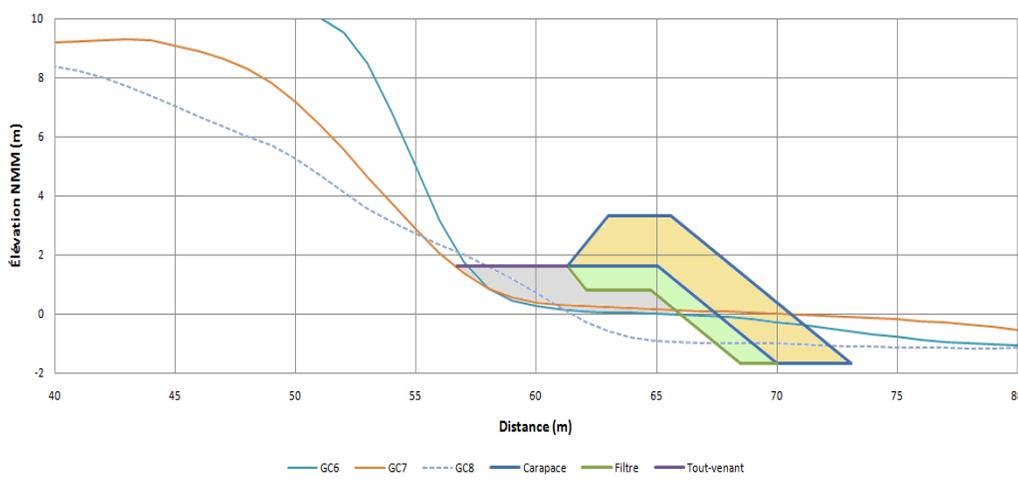
*b) Riprap et immunisation des bâtiments*

Cette stratégie consiste à protéger le côté mer avec un riprap en matériaux grossiers et à immuniser les bâtiments menacés par la submersion du côté lagune.

Le riprap serait constitué de pierres de carrière de différentes grosseurs disposées en vrac sur la côte avec une pente de 5/1. Vu cette pente, la hauteur atteinte par le jet de rive (*runup*) lorsque les vagues frappent l'ouvrage est inférieure à celle atteinte en présence d'un enrochement. Des recharges devraient être faites à tous les 15 ans sur la durée de vie utile de l'ouvrage fixée à 50 ans. La première recharge équivaldrait à 40 % du volume initial de matériaux et les deux suivantes à 20 % et 15 %.

c) *Enrochement et immunisation des bâtiments*

Cette stratégie consiste en enrocher du côté mer et à immuniser les bâtiments à risque, côté lagune. Ici, la côte serait protégée par un enrochement classique avec une pente de 1,5/1. La figure 6.3 illustre une coupe-type d'enrochement qui pourrait s'appliquer à Grande-Entrée. Ce concept d'enrochement exige une qualité de pierre qui ne se retrouve pas dans les carrières des Îles-de-la-Madeleine. Quant à l'entretien, en supposant que les pierres installées respectent tous les critères de qualité requis pour ce type d'ouvrage et que l'installation soit réalisée selon les règles de l'art, aucune intervention supplémentaire n'est prévue sur l'horizon d'étude.



Source : Tiré de Roche (2011)

**Figure 6.3** – Coupe-type de l'enrochement

d) *Immunisation combinée à la relocalisation stratégique*

L'immunisation est envisagée dès que le niveau d'eau extrême engendré par une tempête de récurrence 20 ans atteint le rez-de-chaussée d'un bâtiment. Cette option consiste essentiellement à remblayer le terrain à une élévation suffisante afin que le bâtiment ne puisse plus subir de dégâts liés à la submersion. L'immunisation ne constitue une option envisageable que pour les bâtiments qui ne seraient pas exposés à l'érosion au cours des 50 prochaines années. Ainsi, un bâtiment ne serait pas immunisé s'il devait être relocalisé à cause de l'érosion d'ici 2064; il serait plutôt déplacé.

Dans le segment Pointe de Grande-Entrée, il y a en tout huit bâtiments qui seront touchés par les aléas côtiers. Deux d'entre eux devraient être relocalisés dû à l'érosion sans qu'ils ne soient vulnérables à la submersion sur l'horizon temporel considéré. Tous les bâtiments vulnérables à la submersion (six bâtiments) sont touchés à un moment ou à un autre dans l'horizon d'étude par le recul du trait de côte. Ces bâtiments seront donc relocalisés plutôt qu'immunisés.

#### **6.1.4 Impacts appréhendés**

Ce segment, en plus de compter plusieurs bâtiments, accueille le port de Grande-Entrée, lequel constitue le port de pêche le plus important des Îles-de-la-Madeleine. Il importe donc que les interventions sur le littoral répondent à des impératifs de protection des actifs existants et soient conçues de manière à minimiser les impacts négatifs appréhendés.

Le type d'impacts appréhendés selon les 5 options étudiées dans le cadre de l'analyse coûts-avantages se retrouvent au tableau 6.2 pour le segment Pointe de Grande-Entrée. Les options d'adaptation considérées sont la non-intervention (NI), la recharge de plage avec épis combinée à l'immunisation (RPE/I), le riprap et l'immunisation (RR/I), l'enrochement et l'immunisation (E/I) ainsi que l'immunisation combinée à la relocalisation stratégique (IRS).

L'ACA prend en considération différents types d'impact, soit les impacts liés aux aléas côtiers (l'érosion et la submersion) et les impacts de nature économique, environnementale ou sociale découlant de la non-intervention et des options d'adaptation proposées.

**Tableau 6.2** – Comparaison des impacts appréhendés selon les options d'adaptation – Segment Pointe de Grande-Entrée

Type d'impacts	Impact appréhendé	NI	RPE/I	RR/I	E/I	IRS
Impacts liés à l'érosion/submersion	Pertes physiques de terrain	X				X
	Dommages ou pertes de bâtiments résidentiels et commerciaux	X	X	X	X	X
	Dommages aux infrastructures publiques liés aux tempêtes	X				X
Impacts économiques	Modification de la valeur des propriétés	X				X
Impacts sociaux	Qualité de vie (anxiété, insécurité, dérangement)	X				X
	Modification de la vue ou de l'accès à la mer	X				X

Lorsque les aléas côtiers d'érosion et de submersion sont considérés, il est établi que la non-intervention implique des pertes de terrain, la démolition de bâtiments et des dommages aux infrastructures publiques dus aux tempêtes. La recharge de plage avec épis, le riprap et l'enrochement permettent de prévenir l'ensemble des dommages liés à l'érosion une fois les mesures mises en place. Ces options d'adaptation préviennent aussi une large part des dommages générés par la submersion. Toutefois, des dommages résiduels découlant des surcotes de tempête inondant les terrains bas du côté lagune auront encore lieu. L'option de l'immunisation combinée à la relocalisation stratégique, quant à elle, bien que ne freinant pas les processus d'érosion et de submersion, réduit les dommages aux bâtiments.

Quant aux impacts économiques, ils touchent la perte de valeur économique des terrains lorsque ceux-ci sont déclarés non constructibles. Dans l'option d'immunisation et de relocalisation stratégique, cela se produit lorsqu'un bâtiment ne peut être déplacé sur le même terrain et qu'il doit être relocalisé ailleurs. Un terrain peut également être déclaré non constructible lorsque le bâtiment principal est touché par l'érosion. Toutefois, dans la présente ACA, la perte de valeur de terrain est enregistrée comme une perte liée à l'érosion plutôt que comme une perte économique.

En ce qui concerne les enjeux sociaux, le risque lié à l'érosion et aux tempêtes peut nuire à la qualité de vie des résidents habitants en bord de mer. Chacune des options d'adaptation viendrait modifier le niveau de risque et en conséquence la qualité de vie de certains résidents. De plus, les options de non-intervention et la relocalisation pourraient entraîner une perte d'accès ou de vue sur la mer pour certains bâtiments du segment.

Aucun impact environnemental lié aux options à l'étude n'est prévu dans ce segment, car il n'y a pas d'enjeu important dans ce segment largement artificialisé.

## **6.2 ESTIMATION MONÉTAIRE DES IMPACTS**

Cette section présente l'approche méthodologique privilégiée afin d'estimer l'ensemble des coûts et des avantages associés aux impacts précédemment identifiés. Les sources de données utilisées et les hypothèses retenues sont également indiquées.

### **6.2.1 Impacts dus à l'érosion et à la submersion**

La non-intervention entraîne des coûts liés à l'érosion et à la submersion. Ceux-ci correspondent globalement aux avantages qu'offrent certaines des options d'adaptation, puisqu'elles visent à arrêter les processus érosifs et de submersion. La monétisation de ces impacts permet de mettre en perspective les enjeux relatifs aux infrastructures, bâtiments et terrains à risque si aucune mesure n'est mise en place. À moins d'avis contraire, tous les impacts présentés dans les paragraphes qui suivent sont associés à l'option de non-intervention.

#### *a) Pertes physiques de terrain*

Il est prévu que l'érosion entraînera des pertes de terrain annuelles pour le segment Pointe de Grande-Entrée. Le taux d'érosion probable fourni par l'UQAR, lequel est évalué à -1,61 m/an, permet d'estimer la superficie perdue. La valeur économique des terrains a été estimée en se référant au rôle d'évaluation des Îles-de-la-Madeleine de 2014, lequel est représentatif des conditions de marché de 2012.

Lorsque le bâtiment principal d'une unité d'évaluation est considéré exposé, les coûts liés à la perte du terrain cessent d'être comptabilisés. À partir de ce moment, la valeur

du terrain restant est considérée perdue et les pertes de terrain subséquentes ne sont alors plus comptabilisées. La valeur résiduelle d'un terrain, considéré non constructible, est déterminée en soustrayant de la valeur initiale du terrain la valeur des pertes annuelles déjà estimées en lien à l'érosion.

Des pertes de terrain sont comptabilisées sur toute la période d'étude pour l'option de non-intervention de même que pour l'immunisation combinée à la relocalisation stratégique des bâtiments. Des pertes liées à l'érosion sont aussi comptabilisées pour la recharge de plage avec épis, le riprap et l'enrochement, mais seulement pour la période précédant leur construction, prévue en 2018.

*b) Dommages ou pertes de bâtiments résidentiels et commerciaux*

Dans l'option de non-intervention, les pertes de bâtiments causées par l'érosion sont comptabilisées en fonction de l'année d'exposition des bâtiments. Cette exposition est constatée une fois que le point du bâtiment le plus près de la côte est touché par le recul de la ligne de rivage. Normalement, une fois exposé, le bâtiment est considéré comme une perte totale et la valeur inscrite au rôle d'évaluation est utilisée pour comptabiliser cette perte. Des pertes de bâtiments reliées à l'érosion ne sont constatées que pour l'option de non-intervention.

Sur un horizon de 50 ans, il est estimé que 7 bâtiments seront touchés par l'érosion dans le segment Pointe de Grande-Entrée.

Les courbes de hauteurs d'eau/dommages développées par Bonnifait (2005) permettent d'estimer les dommages aux bâtiments liés aux épisodes de submersion. Ces dommages sont estimés pour chaque classe d'événement retenue (2, 5, 10, 20, et 30 ans) et pour chaque type de bâtiments (voir annexe A). Les courbes de dommages permettent aussi de calculer un dommage annuel moyen (DAM) pour chaque bâtiment. Le DAM est constant à travers le temps pour chacun des trois horizons de projection des niveaux marins soit 2015-2029, 2030-2054 et 2055-2064. Pour chacun de ces horizons, le DAM est calculé en tenant compte de la hausse du niveau marin prévue dans la zone.

Dans le cadre de cette étude, l'analyse a été effectuée en considérant simultanément les aléas d'érosion et de submersion, afin de ne pas compter en double certains dommages. Ainsi dès qu'une résidence est exposée à l'érosion, le DAM pour celle-ci n'est plus comptabilisé, car le bâtiment est considéré comme étant une perte totale et le bâtiment démoli.

La valeur totale des dommages anticipés pour les événements de submersion s'élève à 1,10 M\$ actualisés à 4 % sur l'horizon de 50 ans. Ces coûts incluent le dommage annuel moyen de chacun des bâtiments résidentiels et commerciaux du parc immobilier du segment Pointe de Grande-Entrée.

*c) Dommages ou pertes d'infrastructures publiques*

Dans ce segment, on retrouve la présence de la route donnant accès au port de Grande-Entrée. Une portion de cette dernière, la portion comprise entre le rond-point et l'extrémité de la pointe de Grande-Entrée, sera affectée par le recul du trait de côte en 2035. Pour les options de non-intervention et de l'immunisation combinée à la relocalisation stratégique, il sera ainsi nécessaire de concevoir un nouveau tracé pour maintenir un accès au port sur l'horizon temporel à l'étude. Le coût de conception et de construction de cette route de 200 mètres est évalué à 1 000 \$ du mètre linéaire pour un total de 200 000 \$, correspondant à un coût actualisé de 91 277 \$.

*d) Coûts des dommages lors de tempêtes*

Les informations recueillies indiquent que les événements de tempêtes entraînent des dégâts dans le segment Pointe de Grande-Entrée. Les dépenses visant à réparer et à nettoyer, entre autres, la passerelle piétonnière sise à l'extrémité des installations portuaires, seraient de l'ordre de 2 000 à 3 000 \$ pour la municipalité. Au total, pour la non-intervention ainsi que pour l'immunisation et la relocalisation stratégique, la valeur actualisée des dommages sur l'horizon temporel retenu est d'environ 56 000 \$.

## **6.2.2 Impacts économiques**

La modification de la valeur des terrains est comptabilisée en tant qu'impact économique. Elle survient lors du déménagement des bâtiments sur un autre terrain. Lorsqu'un terrain est déclaré non constructible, soit après le déménagement d'un

bâtiment principal sous l'option de l'immunisation et de la relocalisation stratégique, le terrain perd sa valeur. La perte de valeur a lieu seulement lorsqu'un terrain est trop petit pour que le bâtiment soit déménagé sur le même terrain. Cette situation s'applique à 8 terrains pour un coût estimé de 16 943 \$, actualisé à 4 % sur 50 ans.

### **6.2.3 Impacts sociaux**

#### *a) Perte de vue ou d'accès à la mer*

Les impacts sociaux dans le segment sont liés à la perte de vue ou d'accès à la mer pour les occupants étant donné le déménagement des propriétés.

La valeur de la vue et de l'accès à la mer est estimée à partir de l'analyse des données d'évaluation de plusieurs terrains résidentiels. Ces évaluations, conduites par des évaluateurs agréés de la région gaspésienne, ont permis de comparer des terrains de plusieurs municipalités, dont Maria, New Richmond, Carleton-sur-Mer, etc. Par une régression linéaire simple, l'influence de la vue sur la mer et de l'accès à la mer sur le prix des terrains a été extraite, en contrôlant les autres facteurs pouvant affecter le prix des terrains tels la proximité à des services publics ou à des commerces. En utilisant cette méthode, les primes moyennes de vue sur la mer et d'accès à la mer obtenues sont respectivement de 8 797 \$ et 19 131 \$.

En non-intervention, sur les 7 bâtiments touchés par l'érosion, 5 bâtiments perdront la vue et l'accès à la mer pour un coût actualisé de 106 613 \$. Dans l'option d'immunisation et de relocalisation stratégique, sur les 8 bâtiments affectés par les aléas côtiers, 6 perdront l'accès et la vue à la mer et deux perdront seulement la vue pour un coût total actualisé de 137 656 \$.

#### *b) Qualité de vie*

Les impacts sur la qualité de vie sont liés à l'anxiété, à l'insécurité et au dérangement de vivre dans un milieu où il y a un risque de sinistre. L'influence sur la qualité de vie d'une telle situation est documentée notamment par Brisson et Richardson (2009). Plusieurs résidences privées sont établies en bord de mer dans le segment Pointe de Grande-Entrée et leurs propriétaires doivent vivre au quotidien avec le risque d'une tempête

majeure qui pourrait endommager leur propriété. Ce risque ne fera qu'augmenter dans le futur en raison des changements climatiques.

Toutefois, l'évaluation monétaire de la réduction de l'insécurité est difficile et une étude plus poussée de l'aversion au risque des résidents et commerçants serait nécessaire afin d'y arriver. Ainsi, dans le cadre de cette analyse, il a été choisi de traiter seulement qualitativement cet impact en soulignant que toutes les options d'adaptation étudiées devraient améliorer à des niveaux variables la qualité de vie des résidents et des commerçants en diminuant l'insécurité.

#### **6.2.4 Estimation du coût de la non-intervention et des options d'adaptation**

Les coûts liés à l'option de non-intervention et les options d'adaptation envisagées varient. Ils ont été estimés grâce à la consultation d'experts du domaine.

La relocalisation stratégique consiste à déplacer un bâtiment plus loin du bord de mer. Elle est réalisée en priorité sur le même terrain, dans le cas où la superficie du terrain le permet. Sinon, le bâtiment est relocalisé sur un nouveau terrain en le transportant sur la route. Les coûts de déménagement des bâtiments sont des coûts-type fournis par la firme de déménagement Héneault et Gosselin Inc. Les prix estimés varient entre 1 300 \$ et 2 100 \$ du mètre linéaire selon les différents revêtements de bâtiments et la nature de la relocalisation (sur le même terrain ou sur un autre terrain). L'annexe C présente le détail des coûts pour cette option.

Les coûts unitaires de relocalisation ont été calculés pour chacun des bâtiments nécessitant d'être relocalisé en fonction de leur revêtement extérieur respectif. Le coût de gestion des fils sur le trajet de relocalisation s'ajoute aux coûts de la relocalisation.

Lorsque la relocalisation se fait sur un autre terrain, les coûts comprennent également l'aménagement de services dans le quartier qui accueille le bâtiment déménagé. Ces coûts sont estimés à un peu plus de 30 000 \$ par nouveau terrain aménagé, comprenant le raccordement aux égouts et à l'aqueduc de même qu'à la route d'accès.

Dans le cas de la recharge de plage avec épis, du riprap et de l'enrochement, le coût des mesures ont été établis sur la base des coûts fournis par la firme d'ingénierie

Roche (Roche, 2011). Puisque l'étude de Roche ne s'est pas directement intéressée au littoral de Grande-Entrée, les coûts ont été extrapolés à partir de site étudié dans le rapport et présentant des caractéristiques similaires à Grande-Entrée.

Pour la recharge de plage avec épis, le coût au mètre linéaire de l'ouvrage est estimé à 22 191 \$. Ces coûts s'appliquent sur 500 m<sup>8</sup>, de l'extrémité de la pointe en allant vers le sud-est côté mer. À ces coûts de construction, il faut ajouter les coûts liés aux études préparatoires qui s'élèvent à 2 219 100 \$, soit 20 % du coût total de l'ouvrage. L'option de recharge avec épis nécessitera une recharge à tous les 7 ans sur la durée de vie utile de l'ouvrage, soit 50 ans. Le coût au mètre linéaire de la recharge d'entretien est de 4 839 \$ pour la première recharge d'entretien et de 1 926 \$ pour les recharges subséquentes.

Pour le riprap, le coût au mètre linéaire de l'ouvrage est de 4 589 \$. Ces coûts s'appliquent également sur 500 m. Cette option requerra des rechargements à tous les 15 ans de la durée de vie utile de l'ouvrage (50 ans). Dans le cas du riprap, les frais des études préparatoires correspondent à 15 % du coût de l'ouvrage soit 344 176 \$. Le riprap nécessite un entretien à chaque 15 ans et la quantité de matériel pour les recharges d'entretien au courant de l'horizon d'étude sont de 40 %, 20 % et 15 %. Le coût total de ces entretiens est d'environ 2 M\$.

Le coût au mètre linéaire d'un enrochement est de 6 903 \$, auxquels s'ajoutent 15 % pour les frais d'ingénierie et les études préparatoires (517 747 \$). En considérant que l'ouvrage sera réalisé avec du matériel de qualité et selon les règles de l'art, aucun entretien n'est prévu sur la durée de vie utile de l'ouvrage, soit sur 50 ans.

Il est important de mentionner que la non-intervention a également un coût de mise en œuvre puisqu'elle suppose que les bâtiments exposés seront démolis. Le coût de

---

<sup>8</sup> Un enrochement en fin de vie utile et présent sur une distance de 150 m environ se trouve du côté mer. Le tronçon de côte protégé par cet ouvrage devra faire l'objet d'un réaménagement éventuel. Les options d'ingénierie couvrent donc ce tronçon de côte également.

démolition des bâtiments a été estimé à 54 \$ le mètre carré<sup>9</sup> en plus de coûts fixes de 3 240 \$ pour l'enlèvement des fondations.

### 6.3 ANALYSE COÛTS-AVANTAGES

Ce chapitre présente l'ensemble des coûts et avantages estimés sur un horizon temporel de 50 ans pour l'option de non-intervention et chacune des options d'adaptation envisagées dans le segment Pointe de Grande-Entrée. Une comparaison des coûts et avantages est par la suite effectuée dans le cadre du calcul de la VAN de manière à comparer la performance économique de chaque option.

#### 6.3.1 Calcul des coûts sur 50 ans

Cette section porte sur les coûts totaux de la non-intervention et de la mise en œuvre de chacune des options d'adaptation. Tous les coûts sont actualisés à un taux de 4 %.

##### a) Coûts liés à la non-intervention

En situation de non-intervention, l'érosion des terrains et l'exposition des bâtiments sur le segment mènent à la perte de leurs valeurs respectives, pour une somme actualisée de 233 702 \$. La méthodologie de calcul des dommages de submersion est basée sur une approche par analyse de risque. Les dommages sont donc répartis sur l'ensemble de la période et s'accroissant en 2030 et 2055 en raison de la hausse prévue du niveau marin à chacune de ces années. Ces dommages de submersion représentent une somme actualisée d'environ 1,1 M\$ sur l'horizon 2015-2064. En ajoutant les dommages anticipés aux infrastructures publiques et les frais de nettoyage des débris, le coût total estimé pour l'aléa de submersion correspond à une somme actualisée de 1,16 M\$. Comme mentionné auparavant, l'érosion affectera également une partie de la route, laquelle devra être relocalisée en 2035 pour un coût actualisé de 91 277 \$.

---

<sup>9</sup> Le coût de démolition au mètre carré provient de l'étude intitulée *analyse coûts-avantages de solutions d'adaptation à l'érosion côtière pour la Ville de Sept-Îles* (Tecsult, 2008). Ce coût a été actualisé à l'aide de l'Indice des prix à la consommation canadien (IPC).

La perte de valeur d'un bâtiment due à l'érosion est comptabilisée à l'année où l'érosion prévue le menace. Sur l'horizon temporel, 7 bâtiments sont exposés à l'érosion, dont un dès 2015. Des pertes de terrains sont également comptabilisées. L'érosion est donc associée à des dommages pour un coût total actualisé de 233 702 \$. La démolition de ces bâtiments coûterait 215 681 \$. Finalement, les pertes de terrains sont calculées annuellement et se chiffrent à 12 673 \$ sur l'ensemble de la période.

La non-intervention entraîne une perte de vue et d'accès à la mer pour les bâtiments exposés qui seront démolis. La perte monétaire associée à cet élément se chiffre à 106 613 \$ et est comptabilisée comme un coût social.

Ainsi, l'ensemble des coûts liés à la non-intervention sur une période de 50 ans représente une somme d'environ 1,7 M\$. L'annexe G présente les coûts annuels par catégorie.

*b) Coûts liés à la recharge de plage avec épis*

La construction d'une recharge de plage avec épis implique à la fois des coûts d'ingénierie, d'études préparatoires et d'entretien. L'ensemble de ces coûts s'élève à environ 15,2 M\$.

La mise en place de la recharge de plage avec épis permet d'éviter côté mer tous les coûts liés à l'érosion et à la submersion dès sa réalisation en 2018. Entre 2015 et 2018, des dommages respectifs de 74 490 \$ et de 7 215 \$ dus à l'érosion et à la submersion sont prévus. Des dommages de submersion dus à des épisodes d'inondation par la lagune sont tout de même à prévoir sur l'ensemble de la période d'analyse. Le coût actualisé des dommages s'élève à 913 591 \$.

Le total des coûts associés à la mise en place de la recharge de plage avec épis dans ce segment représente 16,15 M\$ en dollars de 2012 actualisés à 4 %. L'annexe G présente les coûts annuels par catégorie.

*c) Coûts reliés au riprap*

L'aménagement d'un riprap comporte des coûts d'ingénierie, d'études préparatoires et de construction représentant une somme actualisée de 2,37 M\$. Le riprap doit être

entretenu par une recharge en matériaux grossiers tous les 15 ans, soit à trois reprises pendant l'horizon temporel étudié. Un tel entretien coûte 721 214 \$.

Du côté mer, il est prévu des dommages dus à l'érosion et la submersion au cours des années 2015 à 2017, alors que l'ouvrage ne sera toujours pas finalisé. Les coûts actualisés sur cette période sont de 74 490 \$ et de 7 125 \$ respectivement pour les dommages dus à l'érosion et à la submersion. Côté lagune, compte tenu de la surcote, la submersion occasionnera des dommages de 913 591 \$ sur l'horizon temporel considéré.

Les coûts actualisés liés à la mise en place du riprap totalisent 4,08 M\$ sur l'horizon temporel 2015-2064. L'annexe G présente les coûts annuels par catégorie.

*d) Coûts liés à l'enrochement*

L'enrochement de la côte sur 500 m côté mer comprend des coûts d'ingénierie, d'études préparatoires et de construction représentant une somme actualisée de 3,56 M\$. L'ouvrage, d'une durée de vie utile de 50 ans, ne requiert aucun entretien sur cette période.

Similairement aux autres options d'adaptation proposant des structures côtières rigides, des dommages dus à l'érosion et la submersion seront enregistrés pour les années 2015 à 2017, avant la construction de l'option. Les coûts actualisés sur cette période sont de 74 490 \$ et de 7 125 \$ respectivement pour les dommages dus à l'érosion et à la submersion. Côté lagune, la submersion occasionnera des dommages de 913 591 \$ sur l'ensemble de la période d'étude.

L'enrochement présente des coûts totaux actualisés de 4,56 M\$ sur l'horizon temporel 2015-2064. L'annexe G présente les coûts annuels par catégorie.

*e) Coûts liés à l'immunisation combinée à la relocalisation stratégique*

Le coût de cette option totalise 918 828 \$ et comprend la relocalisation de 8 bâtiments sur l'horizon à l'étude. Avec cette option, les bâtiments ne subissent aucun dommage puisqu'ils sont relocalisés avant que le trait de côté ne les atteigne. Cependant, tout comme pour l'option de non-intervention, la perte de terrains due à l'érosion s'élève à

12 673 \$ sur l'horizon temporel retenu. L'annexe G présente les coûts annuels par catégorie.

Les dommages dus à la submersion sont élevés (1 003 252 \$), mais sont moindres que dans l'option de la non-intervention. Cela s'explique par le fait que les bâtiments subissant des dommages ne sont pas suffisamment vulnérables pour être immunisé (élévation du rez-de-chaussée inférieur au niveau d'eau 20 ans). Les dommages aux infrastructures dus aux tempêtes sont les mêmes que dans l'option de non-intervention et atteignent 55 854 \$.

Par ailleurs, les coûts reliés à la perte de valeur économique de terrains déclarés non constructibles après la relocalisation des bâtiments sont de l'ordre de 16 943 \$ actualisés à 4 %.

Les pertes d'accès à la mer et de vue sur la mer résultant de la relocalisation sont de l'ordre de 137 656 \$ actualisés en dollars de 2012.

Dans l'ensemble, les coûts totaux actualisés liés à l'immunisation et relocalisation stratégique sont de 2,14 M\$ sur l'horizon temporel 2015-2064. L'annexe G présente les coûts annuels par catégorie.

### **6.3.2 Calcul des avantages sur 50 ans**

La majorité des options d'adaptation étudiées dans le segment Pointe de Grande-Entrée sont essentiellement les coûts évités en matière d'érosion et de submersion en comparaison à la non-intervention. C'est donc dire que les options ne génèrent pas d'avantages économiques, environnementaux ou sociaux.

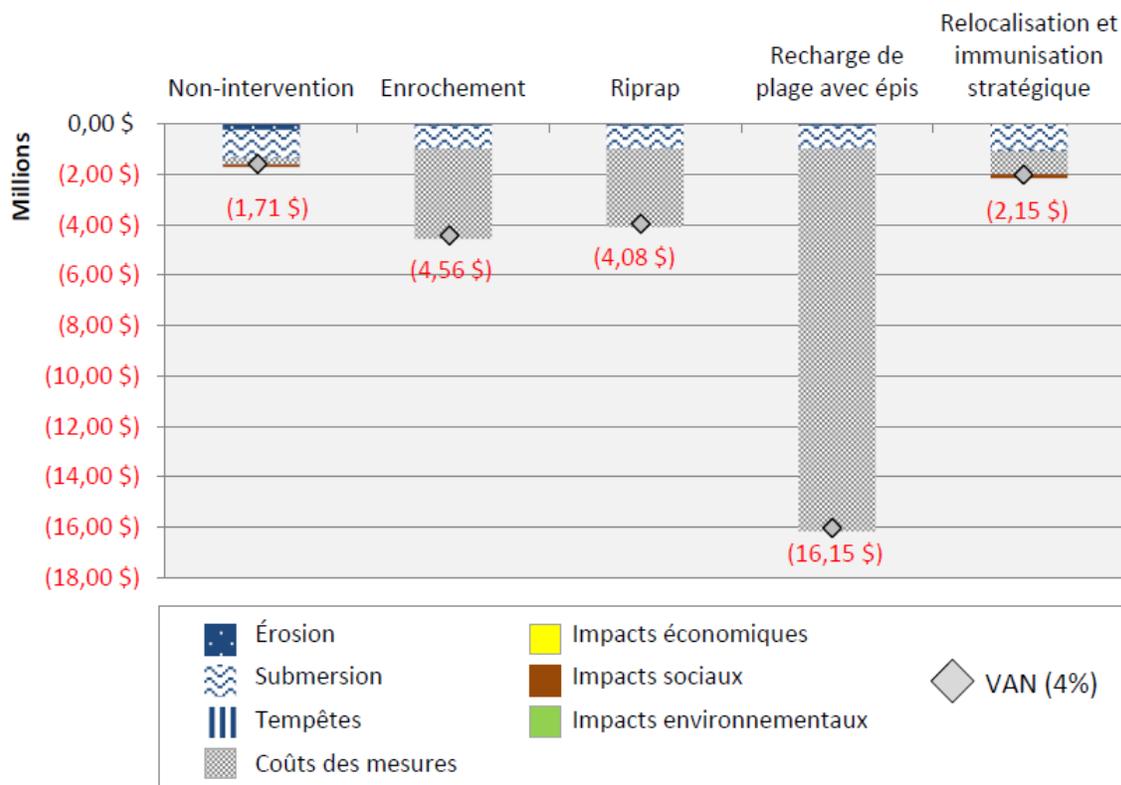
### **6.3.3 Valeur actualisée nette et comparaison des options**

Pour chacune des options d'adaptation étudiées, en utilisant les coûts quantifiés et monétisés auparavant, la valeur actualisée nette de chaque option a été calculée. La VAN permet, entre autres, de discriminer les options en fonction de la performance économique. La ventilation des VAN de chaque option d'adaptation est présentée au tableau 6.3 et la figure 6.4.

**Tableau 6.3 – Coûts actualisés nets – Pointe de Grande-Entrée**

Impacts annualisés nets	Non-intervention	Recharge de plage avec épis	Enrochement	Riprap	Immunisation et relocalisation stratégique
Érosion*	(233 702 \$)	(74 490 \$)	(74 490 \$)	(74 490 \$)	(12 673 \$)
Submersion*	(1 103 099 \$)	(913 591 \$)	(913 591 \$)	(913 591 \$)	(1 003 252 \$)
Coûts des options	(215 681 \$)	(15 156 580 \$)	(3 561 547 \$)	(3 088 781 \$)	(918 828 \$)
Impacts économiques	- \$	- \$	- \$	- \$	(16 943 \$)
Impacts sociaux	(106 613 \$)	- \$	- \$	- \$	(137 656 \$)
Tempêtes*	(55 854 \$)	(7 215 \$)	(7 215 \$)	(7 215 \$)	(55 854 \$)
VAN	(1 714 948 \$)	(16 151 877 \$)	(4 556 843 \$)	(4 084 078 \$)	(2 145 206 \$)
Avantages p/r non-intervention		(14 436 928 \$)	(2 841 895 \$)	(2 369 130 \$)	(430 258 \$)
Ratio avantages-coûts		0,05	0,20	0,23	0,55

\*« Érosion » et « Submersion » incluent les dommages aux bâtiments et terrains; « Tempêtes » inclut les dommages aux infrastructures publiques et les frais de nettoyage des débris.



« Érosion » et « Submersion » incluent les dommages aux bâtiments et terrains; « Tempêtes » inclut les dommages aux infrastructures publiques et les frais de nettoyage des débris.

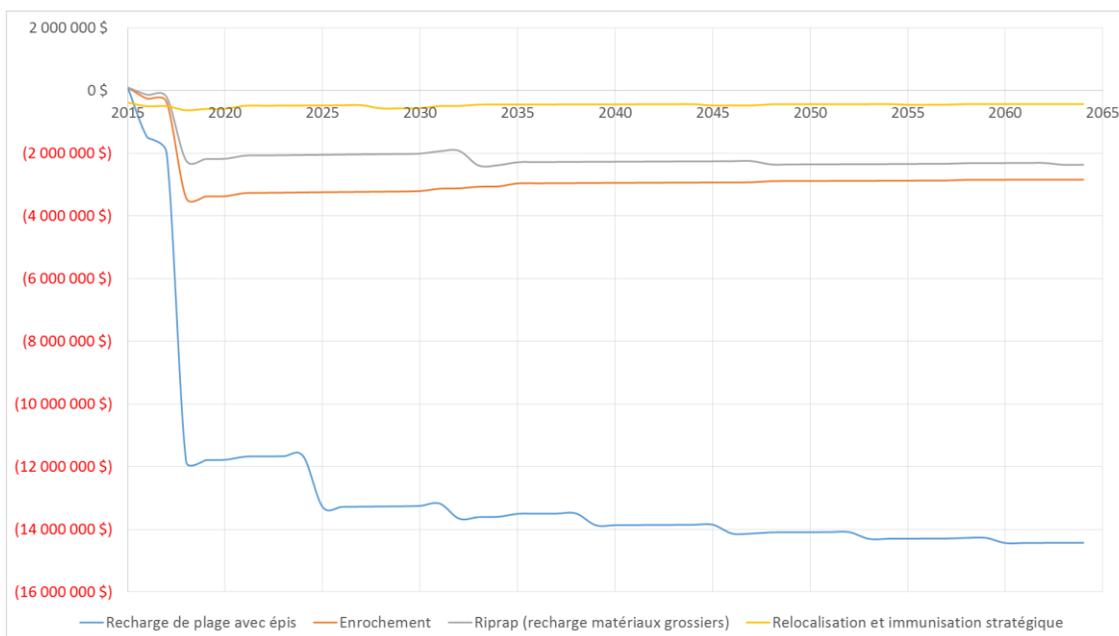
**Figure 6.4** – Ventilation des coûts nets actualisés et VAN (4 %) – Pointe Grande-Entrée

Les résultats montrent qu'aucune des options d'adaptation n'est avantageuse par rapport à la non-intervention, car elles coûtent davantage que les dommages qu'elles évitent. Leurs coûts nets respectifs se classent ainsi : l'immunisation et la relocalisation stratégique -430 258 \$, le riprap -2 369 130 \$, l'enrochement -2 841 895 \$ et la recharge avec épis -14 436 928 \$. Il est possible de constater que les structures d'ingénierie ne sont aucunement justifiables du point de vue économique dans le segment Pointe de Grande-Entrée. Les dommages évités ne pourront en aucun cas contrebalancer les coûts de mise en œuvre.

Les ratios avantages-coûts sont en ligne avec les VAN et les avantages nets. Les ratios sont évidemment inférieurs à 1 et varient entre 0,05 et 0,55. Cela veut dire que pour chaque dollar de coût, les options d'adaptation sont en mesure de récupérer entre

0,05 \$ et 0,55 \$ d'avantages. Ces ratios confirment que les options d'adaptation considérées dans ce segment sont loin d'être rentables économiquement. Les analyses de sensibilité permettront de vérifier la robustesse de ces résultats.

La figure 6.5 permet d'analyser l'évolution des avantages nets par rapport à la non-intervention tout au long de la période d'analyse. Tel que mentionné ci-haut, aucune des options d'adaptation ne permet de générer des avantages nets par rapport à la non-intervention, et ce, à tout moment de la période d'étude. On peut voir que l'immunisation et la relocalisation stratégique est celle qui s'approche le plus d'un avantage net, mais elle reste tout de même négative sur toute la période. La recharge de plage avec épis accumule des coûts d'entretien qui plombent la rentabilité de l'option plus on avance dans l'horizon d'étude.



**Figure 6.5** – Somme actualisée des avantages nets par rapport à la non-intervention entre 2015 et 2064 – Grande-Entrée

## 6.4 ANALYSE DE SENSIBILITÉ

L'objectif de cette analyse est d'examiner la robustesse de la VAN lorsque des hypothèses clés de l'ACA varient. Dans ce segment, les principales hypothèses modifiées incluent le taux d'actualisation ainsi qu'une diminution du coût des mesures. Le tableau 6.4 résume les paramètres des analyses de sensibilité.

**Tableau 6.4** – Paramètres des analyses de sensibilité – Pointe de Grande-Entrée

Paramètre	Variation
Taux d'actualisation	± 2 %
Coûts des options	Diminution d'environ 75 %

### 6.4.1 Taux d'actualisation

Une variation du taux d'actualisation a un effet direct sur la VAN des différentes options d'adaptation et la non-intervention. Le tableau 6.5 illustre l'impact de la variation du taux d'actualisation sur les résultats de l'ACA pour le segment Pointe de Grande-Entrée.

Les résultats montrent qu'un changement à la baisse du taux d'actualisation fait varier la VAN des différentes options; il y a augmentation des coûts totaux de chacune. Cependant, par rapport à la non-intervention, l'ordonnancement des options demeure le même, et ce, bien que la VAN comparée de l'immunisation et de la relocalisation stratégique soit moins élevée que dans la situation initiale, il en coûterait plus de 380 000 \$ de plus pour la société d'adopter cette option. En appliquant un taux d'actualisation de 6 %, le désavantage de chacune des options par rapport à la non-intervention diminue, sauf pour l'immunisation et la relocalisation stratégique qui marque un léger recul. Toutefois, l'ordonnancement des options demeure le même. Ainsi dans tous les cas, il est préférable de ne pas intervenir sur ce segment sur l'horizon temporel retenu.

**Tableau 6.5** – Variation de la VAN avec des taux d'actualisation de 2 % et 6 % – Pointe de Grande-Entrée

Options d'adaptation	Taux d'actualisation		
	2 %	4 % (base)	6 %
VAN non-intervention	(2 436 888 \$)	(1 714 948 \$)	(1 298 656 \$)
VAN recharge de plage avec épis	(18 736 015 \$)	(16 151 877 \$)	(14 401 220 \$)
VAN enrochement	(5 218 807 \$)	(4 556 843 \$)	(4 116 542 \$)
VAN riprap	(5 118 085 \$)	(4 084 078 \$)	(3 451 588 \$)
VAN immunisation et relocalisation stratégique	(2 819 490 \$)	(2 145 206 \$)	(1 756 287 \$)
Recharge de plage avec épis – Avantage net par rapport à la non-intervention	(16 299 127 \$)	(14 436 928 \$)	(13 102 565 \$)
Enrochement – Avantage net par rapport à la non-intervention	(2 781 919 \$)	(2 841 895 \$)	(2 817 886 \$)
Riprap – Avantage net par rapport à la non-intervention	(2 681 197 \$)	(2 369 130 \$)	(2 152 933 \$)
Immunisation et relocalisation stratégique – Avantage net par rapport à la non-intervention	(382 602 \$)	(430 258 \$)	(457 631 \$)

#### 6.4.2 Diminution du coût des options

Pour cette analyse, les coûts unitaires des structures côtières rigides retenues dans le secteur La Grave sont appliqués au segment Pointe de Grande-Entrée, ce qui a pour effet de réduire de manière importante le coût total de mise en place de ces options. Le coût de ces options correspond respectivement à 23,5 % et 27,8 % des coûts estimés pour l'enrochement et le riprap dans l'ACA initiale.

Les résultats de cette analyse de sensibilité, présentés au tableau 6.6, indiquent que la non-intervention demeure l'option la plus avantageuse sur le segment Pointe de Grande-Entrée et ce, malgré une diminution importante du coût de l'enrochement et du riprap.

**Tableau 6.6** – Variation de la VAN suite à une diminution du coût des structures d'ingénierie rigides – Pointe de Grande-Entrée

Options d'adaptation	Hypothèses de base	Réduction des coûts
VAN non-intervention	(1 714 948 \$)	(1 714 948 \$)
VAN recharge de plage avec épis	(16 151 877 \$)	(16 151 877 \$)
VAN riprap	(4 556 843 \$)	(1 833 151 \$)
VAN enrochement	(4 084 078 \$)	(1 809 748 \$)
VAN immunisation et relocalisation stratégique	(2 145 206 \$)	(2 145 206 \$)
Recharge de plage avec épis – Avantage net par rapport à la non-intervention	(14 436 928 \$)	(14 436 928 \$)
Riprap – Avantage net par rapport à la non-intervention	(2 841 895 \$)	(118 202 \$)
Enrochement – Avantage net par rapport à la non-intervention	(2 369 130 \$)	(94 800 \$)
Immunisation et relocalisation stratégique – Avantage net par rapport à la non-intervention	(430 258 \$)	(430 258 \$)

### 6.4.3 Synthèse de l'analyse de sensibilité

Selon les résultats des analyses de sensibilité réalisées pour le segment Pointe de Grande-Entrée, la non-intervention constitue l'option la plus avantageuse. À la lumière des impacts anticipés dans ce segment, il ne semble pas justifié économiquement d'intervenir. D'autres facteurs pourraient toutefois influencer la décision d'intervention notamment les enjeux de développement local.

## 6.5 CONCLUSION

Le segment Pointe de Grande-Entrée est une zone basse largement artificialisée par les installations portuaires qui accueillent la plus grande flottille de pêche des Îles-de-la-Madeleine. La portion non artificialisée est composée d'une côte à terrasse de plage qui est en recul rapide depuis le milieu des années 2000.

Au cours des cinquante prochaines années, l'érosion viendra gruger une proportion importante de la Pointe de Grande-Entrée sans toutefois toucher les infrastructures majeures dans la zone, soit les installations portuaires et l'usine de transformation des produits de la mer. Quant à la submersion, les épisodes de niveaux d'eau extrêmes généreront des dommages aux quelques bâtiments résidentiels et commerciaux présents dans la zone.

Malgré ces impacts appréhendés, l'ACA ne permet pas de conclure qu'une intervention est justifiée. Les structures d'ingénierie considérées sont trop coûteuses en comparaison aux dommages qu'elles permettent d'éviter, et ce, même en utilisant un coût de construction minimal. Quant à l'option de relocalisation et d'immunisation, elle n'est pas économiquement efficace. En conséquence, en vertu des conditions prévalant actuellement dans le segment Pointe de Grande-Entrée et de l'évolution des aléas côtiers au cours des cinquante prochaines années, il est préférable de ne pas intervenir du point de vue économique.

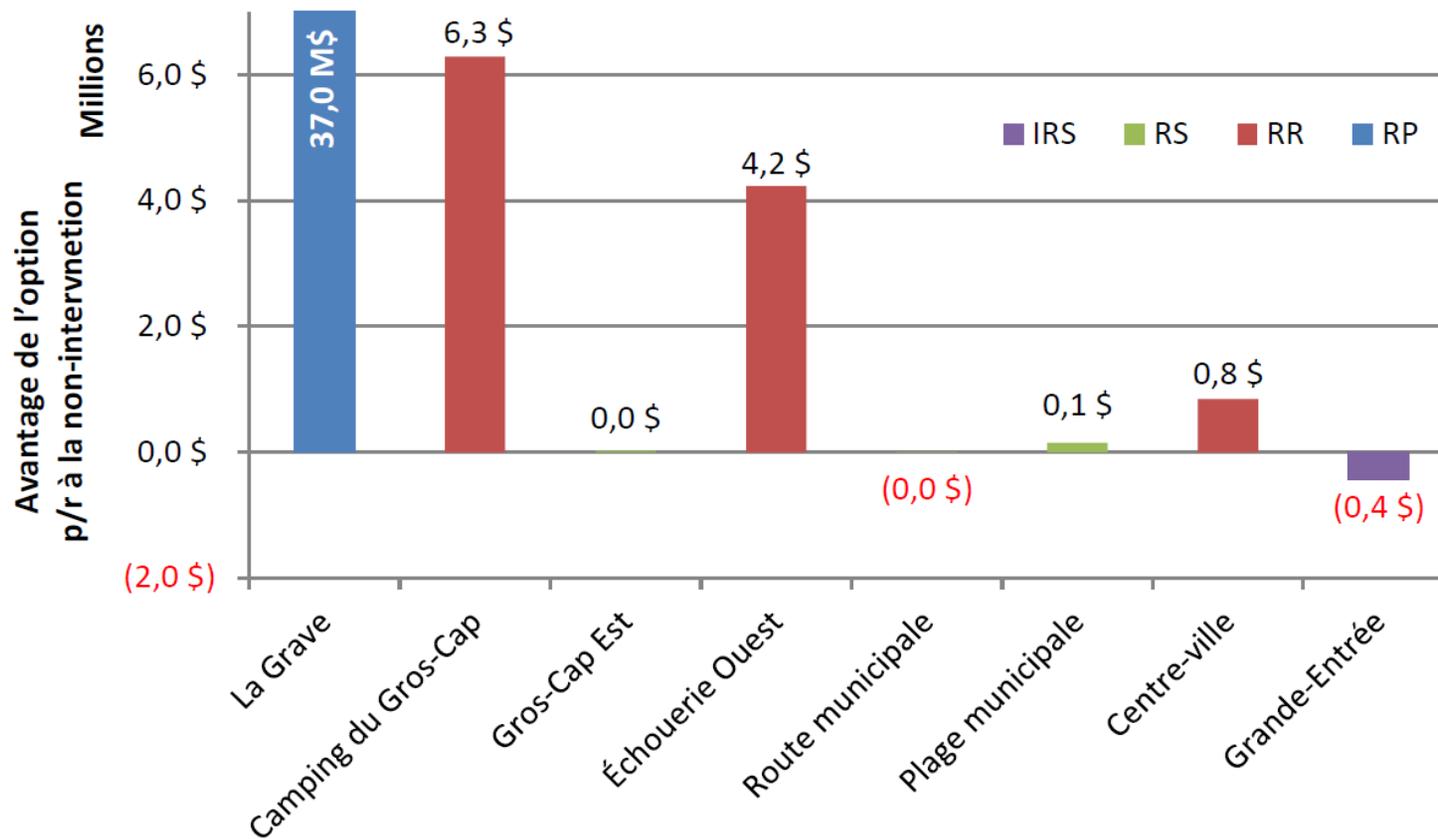


## 7. CONCLUSION GÉNÉRALE

L'analyse coûts-avantages des options d'adaptation proposées pour éviter les dommages dus aux aléas côtiers sur le littoral des Îles-de-la-Madeleine vise principalement à aider les décideurs à sélectionner les options les plus avantageuses, et ce, en comparant l'ensemble des coûts et avantages économiques sur un horizon temporel de 50 ans.

La figure 7.1 permet, pour chacun des 8 segments à l'étude, de visualiser la valeur actualisée nette de l'option la plus avantageuse par rapport à l'option de non-intervention. Il est ainsi possible de constater que pour 2 segments, soit Route municipale et Pointe de Grande-Entrée, la non-intervention constitue l'option à privilégier du point de vue économique.

Pour les segments La Grave, Camping du Gros-Cap, Échouerie Ouest, Centre-ville et Plage municipale, la mise en place de différentes options d'adaptation est nettement préférable à la non-intervention. Pour le segment Gros Cap Est, les avantages nets de l'option la plus avantageuse (relocalisation stratégique) par rapport à la non-intervention sont très faibles et ne permettent pas de statuer clairement sur l'option la plus avantageuse d'un point de vue économique.



Légende : IRS : Immunisation et relocalisation stratégique; RS : Relocalisation stratégique; RR : Riprap; RP : Recharge de plage

**Figure 7.1** – Valeur actualisée nette des options les plus avantageuses par rapport à la non-intervention aux Îles-de-la-Madeleine

Aux Îles-de-la-Madeleine, certains segments de côte à protéger abritent des actifs économiques majeurs ou des attraits touristiques fortement utilisés qui sont vulnérables à l'érosion au cours des cinquante prochaines années. Considérant la valeur des pertes anticipées et le type de côte (basses falaises rocheuses) sur lequel ces infrastructures sont situées, des options d'adaptation rigides comme le riprap sont justifiées économiquement. Dans d'autres segments, situés sur de basses côtes où l'usage du littoral a une valeur importante, tant pour les touristes que pour les résidents, les options d'adaptation retenues favorisent un maintien d'une côte naturelle avec des interventions d'ingénierie mobiles ou une stratégie de relocalisation des actifs à risque sans intervention sur le littoral. C'est le cas de la Plage municipale et du segment de La Grave.

Finalement, dans les segments où les impacts appréhendés sont faibles, comme c'est le cas pour les segments Gros-Cap Est et Route municipale, les options d'adaptation considérées sont très légèrement avantageuses ou même non justifiées économiquement.



## 8. GLOSSAIRE

**Ajustement eustatique** : variation du niveau moyen des mers (relative par rapport aux continents supposés stables) dont les facteurs en cause sont, par exemple, les variations thermiques des océans, la fonte des glaciers et les dynamiques de glaciation et déglaciation.

**Ajustement isostatique** : également appelé rebond postglaciaire ou glacio-isostasie, se définit comme le soulèvement de masses terrestres consécutif à la déglaciation et plus précisément à la fonte des calottes glaciaires, puisque les masses terrestres, antérieurement *déprimées* (par compression sous les charges de glace) se relèvent durant la période postglaciaire.

**Analyses coûts-avantages (ACA)** : étude d'un programme ou d'une activité par l'analyse qualitative et quantitative de tous les avantages et de tous les coûts relatifs à l'implantation et au fonctionnement de ce programme ou de cette activité (Office québécois de la langue française, 1998). **darérive littorale** : le déplacement le long d'un littoral de matières (sédiments, sable), causé par les vents et le déferlement entraînant un courant parallèle à la côte. Le terme désigne à la fois le courant parallèle à la côte et le déplacement des sédiments qui est causé par ce courant.

**Diamètre médian ( $D_{50}$ )** : diamètre correspondant au point milieu de la distribution de la taille des pierres. Ceci signifie que si le diamètre médian est de 50 cm, la proportion de

pierres de diamètre supérieur à 50 cm sera de 50 %, alors que la proportion de pierres de diamètre inférieur à 50 cm sera de 50 % également.

**Domage annuel moyen (DAM) :** coût moyen des dommages causés par les événements de submersion auxquels un bâtiment sera soumis lors d'une année typique. Le dommage annuel moyen est calculé à l'aide des probabilités de niveaux d'eau extrême et des dommages sur le bâtiment associés à chaque niveau correspondant.

**Effet de bout :** lorsque les vagues frappent une paroi rigide et imperméable, tel un mur ou un enrochement, leur énergie est réorientée aux extrémités de l'ouvrage, ce qui peut accélérer l'érosion des rives voisines.

**Épis :** ouvrage de protection contre l'érosion côtière, positionné de manière perpendiculaire à la côte et formée d'empilements de roches ou de pieux verticaux enfouis dans le sol et placés les uns à côté des autres, visant à retenir les particules de sédiments transportées par les vagues, tout en permettant une certaine circulation d'eau.

**Estran :** aussi appelé zone intertidale (ou de marnage), l'estran est la partie du littoral située entre les limites extrêmes des plus hautes et des plus basses marées.

**Fetch :** distance en mer ou sur un plan d'eau au-dessus de laquelle souffle un vent donné sans rencontrer d'obstacle (une côte) depuis l'endroit où il est créé ou depuis une côte s'il vient de la terre; plus le fetch est important plus la hauteur des vagues sera grande, à l'opposé, à l'abri d'une côte (sous le vent d'une côte), la hauteur des vagues sera très faible, même si le vent est très fort, car le fetch y est plus petit.

**Immunsation :** mesure d'adaptation à la submersion qui consiste à rehausser les bâtiments par un remblayage du terrain jusqu'à une élévation suffisante afin d'éliminer ou de réduire les dommages causés par la submersion.

**Jet de rive :** phénomène de courant montant sur la côte après le point de déferlement des vagues, dont la hauteur dépend de la hauteur significative des vagues, leur période et l'inclinaison de la plage sur laquelle celles-ci déferlent. Il est à noter que le terme de *jet de rive* est utilisé de manière inclusive et équivalente au *wave setup*.

**Lidar** : acronyme de l'expression « lighth detection and ranging », désignant une technologie de mesure à distance qui, par l'analyse d'un faisceau de lumière – souvent un laser – renvoyé à son émetteur, permet de déterminer certaines propriétés du terrain à l'étude telle que la topographie.

**Niveau moyen (relatif) des mers (NMM)** : hauteur moyenne de la surface de la mer, par rapport à un niveau de référence suffisamment stable; on le considère généralement issu de la différence entre les niveaux eustatique (mesure du niveau marin relative par rapport aux continents supposés stables) et isostatique (voir rebond isostatique).

**Non-intervention (NI)** : option de référence qui implique un laisser-aller des structures de protection existantes et une accumulation des dommages de submersion et d'érosion par les actifs dans les zones d'étude.

**Produit intérieur brut (PIB)** : mesure de la richesse créée dans l'année par les unités de production résidentes « qui constitue » un indicateur de croissance (OQLF, 1989).

**Ratio avantages-coûts (A/C)** : quotient obtenu en divisant la valeur quantitative des avantages tirés d'une activité, d'un programme ou d'un projet, par les coûts afférents à cette activité, ce programme ou ce projet (ICCA, 2006).

**Recharge de plage** : méthode de protection contre l'érosion côtière qui consiste à transporter du sable et/ou du gravier sur une plage, soit en le déposant directement sur celle-ci ou en marge du site, pour produire un engraissement artificiel de la plage qui augmentera sa capacité à protéger la côte, en absorbant l'énergie des vagues. Cette méthode nécessite un entretien récurrent.

**Récurrence** : Les récurrences ou « période de retour » font référence à la probabilité d'un niveau d'eau extrême donné. Par exemple, un niveau d'eau de récurrence 20 ans devrait survenir en moyenne une fois au courant des 20 prochaines années. Les récurrences peuvent être également exprimées en termes de probabilités annuelles. Un événement de récurrence 20 ans aura 5 % de probabilité de survenir chaque année.

**Relocalisation stratégique** : option d'adaptation à l'érosion et/ou à la submersion qui consiste à déplacer les bâtiments à risque vers des zones sécuritaires (non exposées

aux aléas). Les seuils utilisés sont les suivants : lorsque les bâtiments lorsqu'ils sont à moins de 5 mètres du littoral ou que l'élévation de leur rez-de-chaussée est inférieure au niveau d'eau extrême de récurrence 20 ans

**Riprap** : mesure de protection contre l'érosion due aux vagues ou aux glaces qui consiste à déverser une couche de roches ou d'autres matériaux disposés en vrac, dont les tailles granulométriques sont diversifiées, et qui sert à absorber et diffuser l'énergie des vagues avant qu'elle n'atteigne la structure à protéger.

**Schorre** : terme désignant la partie basse des marais salés qui n'est inondée que lors des grandes marées et qui est colonisée par de la végétation tolérante au sel.

**Submersion** : phénomène naturel d'inondation par la mer qui survient lorsque la limite supérieure du jet de rive dépasse le niveau supérieur de la ligne de rivage ou de la structure de protection.

**Subsidence (géologique)** : un lent affaissement de la lithosphère (le continent) entraînant un dépôt progressif de sédiments sous une profondeur d'eau constante.

**Surcote** : un dépassement anormal du niveau de la marée haute ou du recul de la marée basse induit par des conditions météorologiques inhabituelles, comme une dépression atmosphérique, une tempête, un ouragan, auxquels leurs effets à ceux des marées astronomiques (la portion induite par la lune et le soleil).

**Transit sédimentaire** : voir dérive littorale

**Valeur actualisée nette (VAN)** : différence entre les avantages et les coûts actualisés découlant de la mise en place d'un projet, d'un programme ou d'une politique. L'actualisation est l'opération consistant à ramener les avantages et les coûts survenant à différents moments dans l'horizon d'étude à une année de référence.

**Végétalisation** : méthode de protection contre l'érosion qui consiste à planter des végétaux adaptés au milieu côtier qui retiennent les sédiments grâce à leurs racines; il peut s'agir de ballots de terre et de matières végétales ou de plantations de plantes et d'arbustes en bordure de la côte, dont les racines doivent être denses et profondes

(exemple les rosiers, les framboisiers pour les plages, l'ammophile ou « blé de mer » pour les milieux dunaires).

**Zéro géodésique** : repère d'altitude basé sur le positionnement en trois dimensions d'un point dans un système géodésique sélectionné, lui-même dépendant d'une projection de la surface terrestre; en Amérique du Nord, les systèmes de référence géodésique les plus utilisés sont WGS84 (*world geodetic system*), notamment utilisé par le système mondial GPS, et le NAD83 (*North American datum*).

**Zéro marégraphique** : aussi appelé zéro hydrographique ou zéro des cartes, la référence de niveau commune pour les mesures de profondeur en mer (ou plan de référence des sondes) sur une carte marine ainsi que pour les prédictions de marée.



## 9. RÉFÉRENCES

Bartik, T.J. (2003) Social costs of jobs lost due to environmental regulations, Upjohn Institute Working Paper, No. 13-193, Récupéré le 12 mai 2015 à <http://www.econstor.eu/bitstream/10419/98583/1/739996592.pdf>

Bernatchez, P. et Dugas, S. (2014). Évaluation économique des impacts potentiels de l'érosion des côtes du Québec maritime dans un contexte de changements climatiques : rapport méthodologique (Rapport scientifique final pour Ouranos). Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. 22 p.

Bernatchez, P., Drejza, S. et Dugas, S. (2012) Marges de sécurité en érosion côtière : évolution historique et future du littoral des îles de la Madeleine. Juillet 2012, 71 p. et annexes.

Bernatchez, P. Fraser, C. Friesinger, S., Jolivet, Y., Dugas, S., Drejza, S. Morissette, A. (2008) Sensibilité des côtes et vulnérabilité des communautés du golfe du Saint-Laurent aux impacts des changements climatiques. Rapport de recherche, Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski, 256 p.

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

Bonnifait, L. (2005) Développement de courbes submersion-dommages pour l'habitat résidentiel québécois. Mémoire de maîtrise, Institut national de recherche scientifique – Eau, Terre, Environnement, Québec, 74 p.

- Bourque, A. et Simonet, G. (2008). Québec. Dans D.S. Lemmen, F.J. Warren, J. Lacroix et E. Bush (dir.), *Vivre avec les changements climatiques au Canada 2007* (p. 171–226). Ottawa, Ontario : Gouvernement du Canada.
- Boyer-Villemare, U. Savard, J.P., Roy, P. (2016) *Évaluation des niveaux d'eau extrêmes causant des dommages de submersion en zone côtière au Québec*. Ouranos, Montréal.
- Brisson, G. et Richardson, M. (2009) *Perception de l'érosion des berges de la Côte-Nord et perspectives de santé publique*. Agence de la santé et des services sociaux de la Côte-Nord, Baie-Comeau, 42 p.
- CIFM (2014) *Courte relâche à l'usine Gros-Cap*. Consulté le 15 novembre 2015. [http://www.cfim.ca/web/station-prototype/accueil/-/pub/9trP/content/7494554-courte-relache-a-l-usine-de-gros-cap?\\_101\\_INSTANCE\\_9trP\\_redirect=%2F](http://www.cfim.ca/web/station-prototype/accueil/-/pub/9trP/content/7494554-courte-relache-a-l-usine-de-gros-cap?_101_INSTANCE_9trP_redirect=%2F)
- Costanza, R., Wilson, M.A., Troy, A., Voinov, A., Liu, S., D'Agostino, J. (2006, July). *The Value of New Jersey's Ecosystem Services and Natural Capital*. New Jersey Department of Environmental Protection, 167 p.
- GIEC. (2013). *Summary for Policymakers*. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 29 p.
- Han, G., Ma, Z., Chen, N., Thomson, R., et Slangen, A. (2015). *Changes in mean relative sea level around Canada in the twentieth and twenty-first centuries*. *Atmosphere-Ocean*, 53(5), 452-463.
- Institut de la statistique du Québec (ISQ) (2014a). *Population et structure par âge et sexe. Population et démographie*. Consulté le 12 mai 2015. <http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/population-demographie/structure/index.html>
- Institut de la statistique du Québec (ISQ) (2014b). *Produit intérieur brut (PIB) aux prix de base par région administrative, Québec, 2007-2013. Coup d'oeil sur les régions et les MRC*. Repéré le 15 mars 2015 à [http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/profils/comp\\_interreg/tableaux/pib\\_ra\\_2007-2013.html](http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/profils/comp_interreg/tableaux/pib_ra_2007-2013.html)
- ISQ – Institut de la statistique du Québec. (2015) *Rémunération hebdomadaire et horaire des employés selon le sexe, Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine et ensemble du Québec, 2010-2014*. Consulté le 11 août 2015 à

[http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/profils/profil11/societe/marche\\_trav/indicat/tra\\_remuneration11.htm](http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/profils/profil11/societe/marche_trav/indicat/tra_remuneration11.htm)

James, T. S., Henton, J. A., Leonard, L. J., Darlington, A., Forbes, D. L., et Craymer, M. (2014). Relative Sea-level Projections in Canada and the Adjacent Mainland United States. Geological Survey of Canada. Open File, 7737(72), 10-4095.

Ko, J. Y, and S. R Johnston (2007) The Economic Value of Ecosystem Services Provided by the Galveston Bay/Estuary System.

Koohzare, A., Vaníček, P., et Santos, M. (2008). Pattern of recent vertical crustal movements in Canada. *Journal of Geodynamics*, 45(2-3), 133–145.

Leclerc, M., P. Boudreau, N. Roy, Y. Secretan, S. El Adlouni, T. Ouarda, D. Chaumont, I. Falardeau et F. Morneau (2006). Contribution à la recherche d'une solution intégrée au risque d'inondation à Châteauguay. Pour le compte de la Ville de Châteauguay, en collaboration avec le ministère de la Sécurité publique. Rapport de recherche #R841. 280 pages (5 annexes)

LDGIZC-UQAR (Laboratoire de Dynamique et de Gestion intégrée des zones côtières - Université du Québec à Rimouski). (2015) Base de données d'évolution, de classification et d'utilisation des zones côtières du Québec. Données de recherche inédites.

Neumeier, U., Ruest, B., Lambert, A., Bismuth, E., Dumont, D., Jacob, D., Savard, J.P., Joly, S., 2013. Modélisation du régime des vagues du golfe et de l'estuaire du Saint-Laurent pour l'adaptation des infrastructures côtières aux changements climatiques. Rapport final présenté au ministère des Transports du Québec. Institut des sciences de la mer de Rimouski, Université du Québec à Rimouski, projet X009.1, 244 p.

Quintin, C., Fraser. C., Bernatchez, P. et Jolivet, Y. (2015) Cinq ans après le 6 décembre 2010 : leçons apprises d'une tempête et réflexions sur la résilience côtière d'un littoral en mouvement. 10ième colloque sur les risques naturels au Québec (ACFAS), 28 mai 2015, Rimouski, Québec. Présentation orale.

Roche (2011) Analyse des solutions en érosion côtière dans la Baie de Plaisance, Îles-de-la-Madeleine (étude en hydraulique maritime), 205 p.

Ropars, Y. (2016) Protection de berge – La Grave. Rapport technique, 37 p.

Séguin-Aubé, I. (2013). Les risques côtiers et leur gestion : perception des communautés et des intervenants. Rapport de l'agence de la santé et des services sociaux de la Côte-Nord. Baie-Comeau, Québec. 16 p.

Statistique Canada (2013). Recensement 2011 – Chiffre de population et des logements. Repéré le 2015/06/19, <http://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2011/dp-pd/hlt-fst/pd-pl/Tables-Tableaux.cfm?LANG=Fra&T=300>

Tecsult (2008) Analyse coûts-avantages de solutions d'adaptation à l'érosion côtière pour la Ville de Sept-Îles. Tecsult inc., Montréal, rapport remis à la Ville de Sept-Îles, 150 p.

Webster, A., Gagnon-Lebrun, F., Desjarlais, C., Nolet, J., Sauvé, C., Uhde, S. (2008) L'évaluation des avantages et des coûts de l'adaptation aux changements climatiques. Rapport d'ÉcoRessources Consultants remis à Ouranos, Montréal, Québec, 66 p.

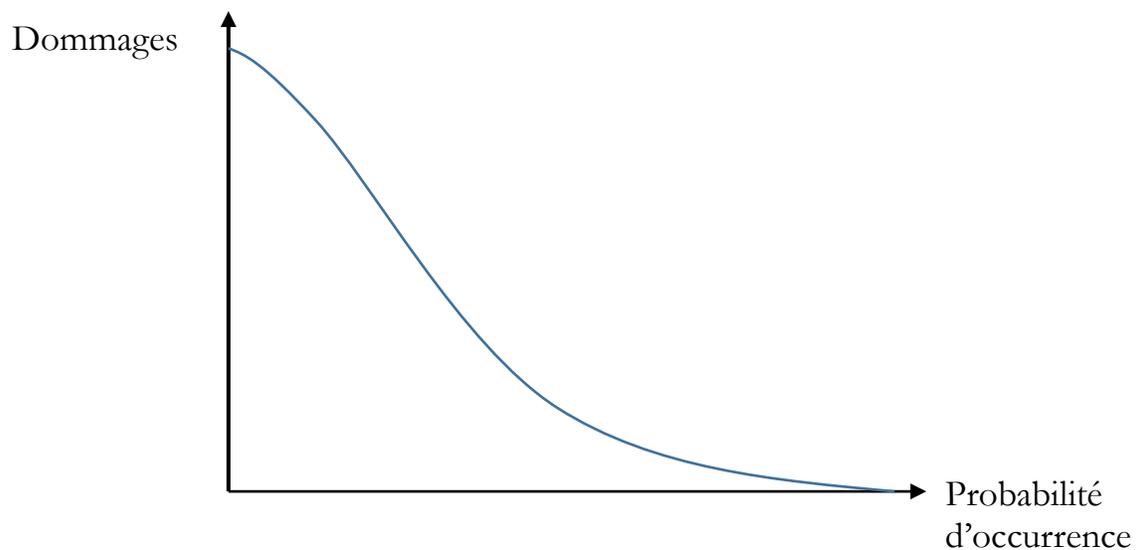
Xu, Z. et D. Lefavre (2015). Prévion des niveaux d'eau dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent en fonction des changements climatiques. Rapport interne au Ministère des Transports du Québec, janvier 2015, 97 p.



## ANNEXE A ESTIMATION DES DOMMAGES DE SUBMERSION

Dans le cadre de cette analyse économique, plusieurs calculs et projections ont été réalisés afin de pouvoir déterminer les dommages potentiels liés à la submersion. Cette annexe présente plus en détail la méthodologie utilisée pour calculer les dommages de submersion aux Îles-de-la-Madeleine.

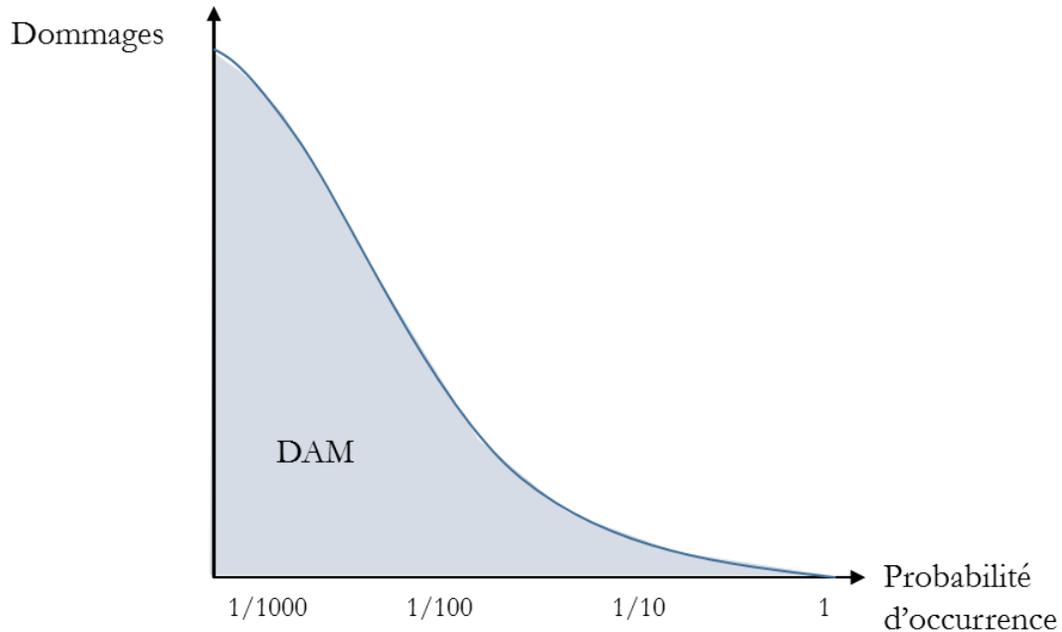
La relation entre les dommages de submersion et la probabilité d'occurrence est illustrée par la courbe dommages-probabilités suivante.



**Figure A.1 – Relation entre dommages et probabilités d'occurrence**

Cette figure conceptuelle montre simplement que ce sont les événements avec une faible probabilité d'occurrence qui vont générer les dommages les plus élevés, tandis que les événements ayant une grande probabilité d'occurrence vont produire peu ou pas de dommages.

Le risque, nommé dommage annuel moyen (« DAM »), est calculé à partir de cette courbe de dommages-probabilités. Le DAM correspond à l'aire sous la courbe et représente la valeur espérée des dommages annuels dus à la submersion (Figure A.2). Il représente simplement la moyenne des dommages potentiels en fonction de toutes les possibilités de niveaux d'eau extrêmes possibles.



**Figure A.2 – Calcul du dommage annuel moyen**

Plus formellement, le DAM est égal à l'intégrale de la fonction de dommages par rapport à la probabilité d'occurrence de l'événement :

$$DAM = \int D(P) dP$$

où

DAM = Dommage annuel moyen

D = valeur des dommages

P = probabilité d'occurrence de l'événement

Comme la forme continue de la fonction de dommages n'est pas connue, le DAM est approximé par le calcul numérique de l'aire sous la courbe à l'aide de la méthode d'approximation de Riemann. Concrètement, le DAM a été calculé en effectuant la somme de la multiplication du dommage médian entre deux classes d'événements et de la variation de la probabilité d'occurrence entre ces deux mêmes événements :

$$\begin{aligned} DAM &= \int D(P) dP \cong \sum_{i=1}^N \frac{D(P_i) + D(P_{i+1})}{2} \times (P_i - P_{i+1}) \\ &= \frac{D(P_1) + D(P_2)}{2} \times (P_1 - P_2) + \dots + \frac{D(P_{N-1}) + D(P_N)}{2} \times (P_{N-1} - P_N) \end{aligned}$$

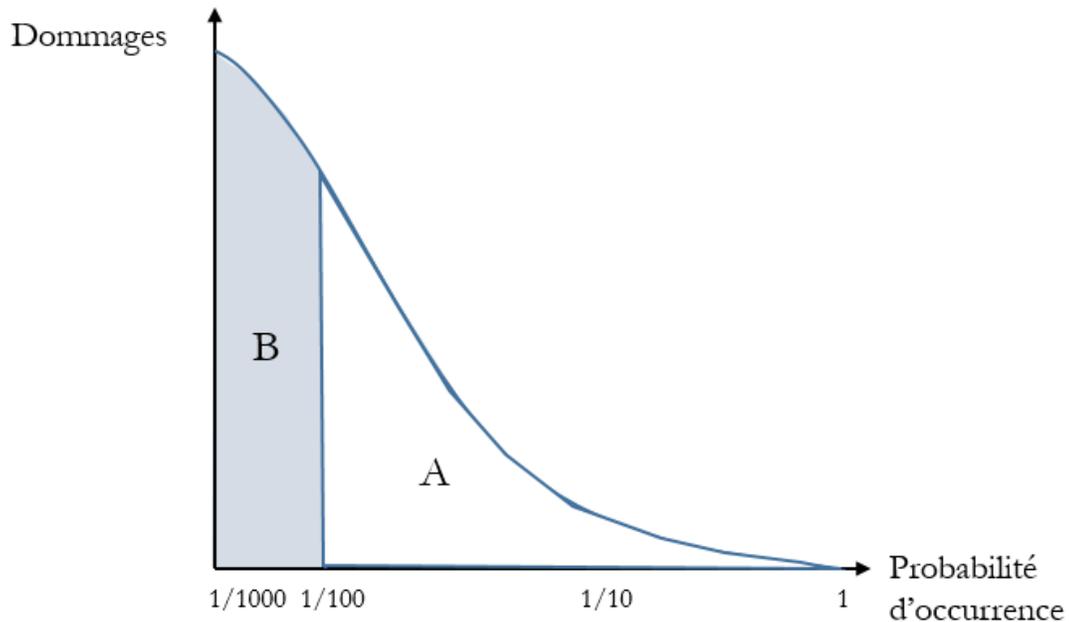
où N = Nombre de classes d'événements étudiés

Dans l'étude de cas des Îles-de-la-Madeleine, les classes d'événements utilisées pour calculer le DAM sont les périodes de retour 2, 5, 10, 20, et 30 (voir Ouranos, 2016).

#### Effet d'un ouvrage de protection sur le DAM

L'effet d'un ouvrage de protection comme une digue ou l'immunisation des résidences permet d'éliminer les dommages causés par les événements les plus fréquents jusqu'à un niveau limite. Par exemple, une digue peut être conçue pour résister à des niveaux d'eau extrêmes de l'ordre de 100 ans de période de retour. Dans un tel cas, les

dommages évités sont égaux à la superficie sous la courbe représentée par la zone A, alors que le risque résiduel est égal à la zone identifiée par la lettre B.



**Figure A.3 – Effet d'un ouvrage de protection sur le DAM**

#### Éléments sous-jacents à la courbe de dommages-probabilités

La courbe de dommages-probabilités s'applique à chaque bâtiment individuellement et est construite à partir de trois composantes principales : les courbes de submersion-dommages, les niveaux d'eau extrêmes de même que les autres facteurs aggravant les dommages.

#### Courbes de submersion-dommages selon le type de bâtiments

La première composante provient d'une série de courbes de submersion-dommages proposées par Bonnifait (2005), qui varient selon le type de bâtiments. Elles permettent de prendre en compte la variabilité des dommages subis aux résidences. En effet, le niveau d'endommagement dépend de la vulnérabilité d'un bâtiment à la submersion qui

elle-même est tributaire de l'élévation du bâtiment et de ses caractéristiques structurelles (le nombre d'étages, la présence d'un sous-sol et l'aménagement de ce dernier). Ainsi, Bonnifait (2005) propose 6 classes de bâtiments, chacun ayant sa propre courbe de submersion-dommages :

- 1) Résidence à un étage avec sous-sol fini
- 2) Résidence à un étage avec sous-sol non fini
- 3) Résidence à un étage sans sous-sol
- 4) Résidence à deux étages avec sous-sol fini
- 5) Résidence à deux étages avec sous-sol non fini
- 6) Résidence à deux étages sans sous-sol

Les dommages sont calculés en proportion de la valeur du bâtiment et dépendent de la hauteur de la submersion ( $H$ ) relativement à la hauteur du plancher principal ( $Z_{R.C.}$ ). La figure A.4 illustre comment ces éléments sont définis.

R.C. : rez-de-chaussée

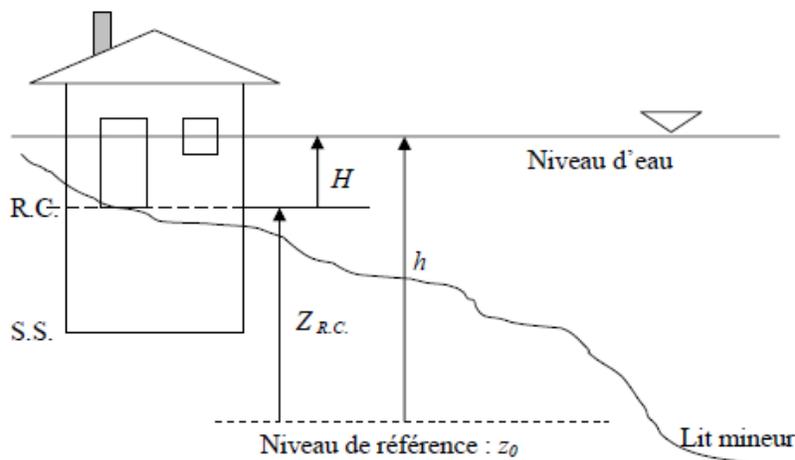
S.S. : sous-sol

$H$  : hauteur de submersion

$h$  : cote de l'inondation

$Z_{R.C.}$  : cote du rez-de-chaussée

$$H = h - Z_{R.C.} \text{ (formule unique)}$$



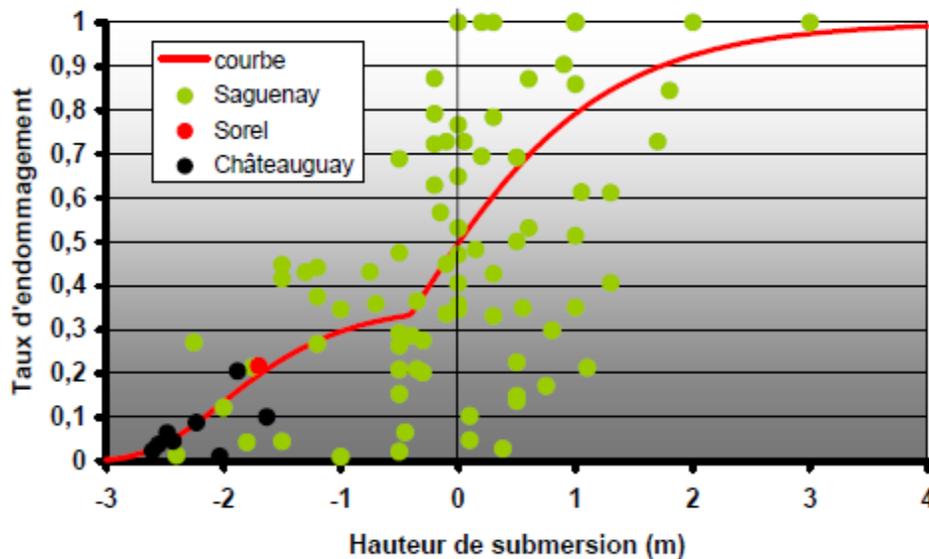
Tiré de Bonnifait, 2005

**Figure A.4 – Définition de la hauteur de submersion**

Ces courbes ont été développées à partir de données empiriques de dommages en milieu riverain. Leur transfert à des rives maritimes ne devrait pas poser de problème dans la mesure où un facteur d'ajustement est apporté pour tenir compte de l'effet des dommages issus de la projection de débris par les vagues (voir *Autres facteurs de dommages*).

La figure A.5 présente la courbe de dommages pour une résidence à un étage avec sous-sol fini. Des dommages sont observés dès que le niveau de submersion est à moins de 3 mètres sous le niveau du plancher principal. Lorsque la submersion atteint le plancher principal, la courbe suggère que 50 % de la résidence est endommagée.

Les pourcentages d'endommagement sont ensuite appliqués à la valeur foncière des bâtiments dans les zones d'étude pour établir le montant des dommages pour chaque classe d'événement. Cela permet de construire les courbes de dommages-probabilités.



Tiré de Bonnifait, 2005 dans Leclerc et al., 2006

**Figure A.5 – Courbe de submersion-dommages pour une résidence à un étage avec sous-sol fini**

Ces courbes comprennent exclusivement les dommages subis à la structure du bâtiment, en excluant les dommages aux mobiliers et aux biens se trouvant dans la résidence. Par ailleurs, ces courbes ne couvrent pas non plus les dommages causés au terrain ou aux ouvrages de protection contre l'érosion (Bonnifait, 2005).

Afin d'appliquer les courbes de submersion-dommages au site d'étude, la cote d'élévation du plancher principal de chaque bâtiment à risque a été mesurée en superposant au modèle numérique d'élévation du terrain la hauteur du plancher principal par rapport au terrain environnant. La hauteur du plancher principal par rapport au terrain a été mesurée lors d'une campagne sur le terrain à l'aide d'un distomètre installé sur un trépied. Le niveau de précision de ce type d'instrument est de l'ordre du millimètre. La hauteur entre le terrain et la porte d'entrée principale a été mesurée à partir de la rue soit à une distance variant entre 3 et 10 mètres.

#### Niveaux d'eau extrêmes

La deuxième composante provient des récurrences de niveaux d'eau extrêmes. Ces niveaux d'eau extrêmes comprennent à la fois le niveau d'eau marégraphique intégrant le niveau d'eau prédit et la surcote de tempête, de même que le *jet de rive* découlant de la projection des vagues sur la côte.

Les classes d'événements utilisées pour calculer le DAM sont les périodes de retour 2, 5, 10, 20 et 30 ans. Ces classes d'événement ont été sélectionnées en fonction de la disponibilité des données de vagues et de niveaux d'eau. Étant donné la courte durée de la série temporelle de données de vagues, l'extrapolation des récurrences ne peut se faire sur une période plus longue que 30 ans.

#### Autres facteurs aggravant les dommages

Selon Bonnifait (2005), « le niveau d'eau est le facteur le plus significatif, celui qui possède la meilleure adéquation avec les dommages » dans un environnement fluvial. Toutefois, malgré le fait que la hauteur de submersion soit le principal facteur conditionnant les dommages, d'autres facteurs aggravants peuvent moduler les dommages subis aux résidences en milieu côtier. En particulier, la projection de débris, de troncs d'arbres, de pierres et de glace peut produire des dommages liés à l'impact de

ce matériel sur l'enveloppe du bâtiment. Le déferlement des vagues, en entraînant ces débris, peut endommager sévèrement le revêtement extérieur et la structure d'un bâtiment.

Afin de tenir en compte de ce facteur aggravant, l'exposition des bâtiments à la projection a été déterminée pour chacun des bâtiments dans les segments à l'étude. Un dommage supplémentaire a été ajouté à l'estimation des dommages pour chaque classe d'événement si les trois conditions suivantes étaient respectées :

- 1) Une des façades du bâtiment fait face directement à la mer, sans être protégée par un autre bâtiment ou tout obstacle pouvant freiner la projection d'eau ou de débris.
- 2) Le bâtiment est à moins de 15 mètres de distance de la ligne de rivage.
- 3) Le niveau d'eau extrême atteint de l'événement est égal ou supérieur à la hauteur du rez-de-chaussée.

Si ces conditions sont respectées, une prime unique de projection de 10 % de la valeur du bâtiment est appliquée.

La durée de la submersion est également un facteur aggravant aux dommages causés aux résidences. En milieu côtier, la durée de la submersion est généralement limitée à un cycle de marée. Certaines zones situées à une élévation plus basse que le rivage pourraient cependant être aux prises avec une accumulation d'eau qui ne peut s'évacuer lorsque la marée se retire. Dans de tels cas, le coût des dommages peut grimper. Toutefois, dans le cadre de cette analyse, ces coûts n'ont pas été pris en compte puisque la durée des épisodes de submersion n'a pas été modélisée.



## **ANNEXE B VALEUR D'USAGE DU LITTORAL À CAP-AUX-MEULES**

Cette annexe expose la méthodologie d'estimation de la valeur d'usage récréatif du littoral pour deux des segments étudiés à Cap-aux-Meules, soit la Plage municipale et le Centre-ville.

Au cours des mois de juillet et d'août 2015, une enquête a été menée auprès de 700 usagers résidents et touristes qui ont fréquenté l'un ou l'autre des deux sites à l'étude. L'enquête a permis de recueillir des données quantitatives sur le temps passé sur les sites, de même que sur le temps de déplacement pour se rendre aux sites et sur la valeur accordée en fonction des préférences individuelles. Les prochains paragraphes détaillent la méthodologie ayant permis d'estimer la valeur de l'usage récréatif de la côte pour la plage municipale de Cap-aux-Meules et pour le sentier du littoral.

La valorisation des deux sites s'est faite selon une méthodologie commune qui intègre la valeur des sites alternatifs aux Îles-de-la-Madeleine. La valeur qui est estimée est la valorisation marginale du site et non pas sa valeur totale. Elle représente la perte pour la société si l'usage de ce site était perdu, mais que l'accès aux sites alternatifs était maintenu. La méthodologie de calcul comporte 4 grandes étapes autant pour les touristes que les résidents.

## Résidents

1. Estimer la valeur moyenne d'une visite pour un résident. Cette valeur comprend 2 composantes :
  - a. Le temps passé pour se rendre au site multiplié par le salaire horaire net moyen (région Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine<sup>10</sup>).
  - b. Le temps moyen passé sur le site lors des visites multiplié par le salaire horaire net moyen (région Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine).
2. Estimer la perte de valeur (en % de la valeur moyenne) pour la substitution entre le site étudié et les sites alternatifs et calculer la proportion des répondants ayant un ou des sites alternatifs. Cela permet d'obtenir la valeur marginale du site à l'étude.
3. Estimer l'achalandage résidentiel annuel total.
  - a. Basé sur les données recueillies lors des comptages réalisés toutes les quinze premières minutes de chaque heure lors des journées de sondage et extrapolé en utilisant la proportion de répondants à l'enquête étant résidents des Îles.
  - b. Annualisé à l'aide du nombre moyen de visites par saison déclaré lors de l'enquête par les résidents.
4. Multiplier la valeur marginale du site étudié par l'achalandage résidentiel total.

## Touristes

1. Estimer la valeur moyenne d'une visite pour un touriste. Cette valeur comprend 2 composantes :
  - a. Le temps total passé sur le site multiplié par le salaire horaire net moyen de l'échantillon.
  - b. La volonté de payer pour accéder au site.
2. Estimer la perte de valeur (en % de la valeur moyenne) pour la substitution entre le site étudié et les sites alternatifs et calculer la proportion des répondants ayant un ou des sites alternatifs. Cela permet d'obtenir la valeur marginale du site à l'étude.
3. Estimer l'achalandage touristique annuel total
  - a. Basé sur les données recueillies lors des comptages réalisés toutes les quinze premières minutes de chaque heure lors des journées de sondage et extrapolé en utilisant la proportion de répondants à l'enquête étant touristes aux Îles.

---

<sup>10</sup> Le salaire horaire net moyen de la région est tiré de l'Institut de la Statistique du Québec : ([http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/profils/profil11/societe/marche\\_trav/indicat/tra\\_remuneration11.htm](http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/profils/profil11/societe/marche_trav/indicat/tra_remuneration11.htm)).

- b. Annualisé en fonction du taux d'occupation des hébergements touristiques entre les mois de juin et septembre aux Îles.
4. Multiplier la valeur marginale du site étudié par l'achalandage touristique annuel total.

Les résultats obtenus pour la Plage municipale et le Centre-ville de Cap-aux-Meules sont résumés ci-dessous.

## **1. Plage municipale**

### Résidents

Au niveau de la plage municipale, 115 résidents ont été interrogés. Parmi eux, 7 n'avaient pas de site alternatif pour pratiquer les activités qu'ils pratiquent à la plage municipale de Cap-aux-Meules, soit environ 6 % de l'échantillon sondé.

Quant aux 108 répondants ayant accès à un site alternatif, en moyenne ces individus préféreraient leur site alternatif, mais cela prend plus de temps pour s'y rendre. Dans ce cas-ci, la valorisation supplémentaire du site alternatif était plus que contrebalancée par le coût du transport supplémentaire pour s'y rendre.

Ce résultat est cohérent avec la disponibilité et l'accessibilité des plages aux Îles-de-la-Madeleine. Il y a plus de 200 km de plage aux Îles, dont plusieurs s'étendent sur des dizaines de kilomètres et offrent un cadre naturel unique. Cependant, la plage de Cap-aux-Meules est facilement accessible et située près du plus gros bassin de population des Îles-de-la-Madeleine et des principaux services.

En considérant l'ensemble des paramètres qui influencent la valeur d'usage de la plage de Cap-aux-Meules, la valeur marginale pour l'ensemble des résidents des Îles-de-la-Madeleine a été estimée à 25 195 \$. Le tableau B.1 présente le détail des calculs.

**Tableau B.1 – Paramètres de calcul de la valeur de la plage municipale pour les résidents**

Paramètres	Valeur			
	Prin.	Été	Aut.	Hiv.
A. Temps passé en moyenne sur le site (min)	25	160	23	1
B. Nombre moyen de visites par résident	5	21	5	0
C. Temps moyen pour se rendre au site (min)				13,58
D. Salaire horaire net moyen				15,07 \$
<b>E. Valeur moyenne d'une visite pour un résident <math>((A+C)*B*D)/B</math></b>				<b>36,00 \$</b>
F. Nombre de résidents utilisant la plage				316
G. Proportion de répondants ayant un site alternatif				94 %
H. % de perte/gain de valeur si utilisation du site alternatif				6 %
I. Temps supplémentaire moyen - site alternatif (min)				10,4
J. Nombre total de visites du site par des résidents $(B*F)$				9 776
<b>Valeur marginale de la plage pour les résidents</b> $(E*G*H*J) + (I/60*D*G*J) + (E*(1-G)*J)$				<b>25 195 \$</b>

### Touristes

Au total, 173 touristes ont été interrogés sur la plage municipale de Cap-aux-Meules. De ce nombre, 28 répondants ont affirmé ne pas avoir de site alternatif à la plage de Cap-aux-Meules. Ce nombre représente une fraction bien plus importante que pour les résidents. Cela pourrait s'expliquer par le fait que certains croisiéristes débarquent seulement pour quelques heures aux Îles-de-la-Madeleine. Ils ont donc seulement le temps de se rendre à cette plage qui est la plus proche du port et pas aux autres plages des Îles-de-la-Madeleine.

Quoi qu'il en soit, la valeur marginale de la plage de Cap-aux-Meules pour les touristes a été estimée à 133 000 \$ annuellement. Cette valeur est plus de 5 fois supérieure à la valeur estimée pour les résidents. Cela s'explique par le fait que ce sont majoritairement des touristes qui fréquentent cette plage et qu'ils apprécient particulièrement cette plage en comparaison des autres plages disponibles aux îles.

Le tableau B.2 présente les différents paramètres pris en compte et le résultat de la valorisation de la plage municipale pour les touristes.

**Tableau B.2 – Paramètres de calcul de la valeur de la plage municipale pour les touristes**

<b>Paramètres</b>	<b>Valeur</b>
A. Temps passé en moyenne sur le site (hrs)	2,11
B. Volonté de payer pour accéder au site	2,20 \$
C. Salaire horaire net moyen des répondants	22,34 \$
<b>D. Valeur moyenne d'une visite pour un touriste (A*C)+B</b>	<b>49,34 \$</b>
E. Proportion de répondants ayant un site alternatif	84 %
F. % de perte/gain de valeur si utilisation du site alternatif	-8,7 %
G. Nombre total de visites du site par des touristes	11 878
<b>Valeur marginale du site de la plage pour les touristes (D*E*-F*G) + (D*(1-E)*G)</b>	<b>133 002 \$</b>

En combinant la valeur d'usage des touristes et des résidents pour la plage municipale, celle-ci est évaluée à 158 197 \$ annuellement.

## 2. Centre-ville de Cap-aux-Meules

La même approche de calcul a été suivie pour estimer la valeur de l'usage du sentier du littoral qui est situé dans le segment du Centre-ville de Cap-aux-Meules. Le questionnaire pour ce segment était légèrement différent de celui de la plage de Cap-aux-Meules. Premièrement, il recueillait des informations sur deux types d'usagers, soit les cyclistes et les piétons puisque leur utilisation et leurs sites alternatifs potentiels sont différents. Deuxièmement, le questionnaire imposait aux répondants d'évaluer un certain nombre d'alternatives pour marcher ou faire du vélo à Cap-aux-Meules. L'objectif était de venir quantifier la baisse de la valeur de l'usage par rapport à des alternatives concrètes existantes comme de marcher sur un trottoir ou en bord de rue par exemple.

## Résidents

Au niveau du sentier du littoral, 168 résidents, cyclistes et piétons, ont été interrogés. Pour les résidents, l'information la plus surprenante est le nombre moyen de visites estimées par résident qui varie entre 38 et 56 au printemps et à l'été respectivement. Cette utilisation intensive découle probablement de la proximité des commerces et du Centre-ville de Cap-aux-Meules. Plusieurs employés viennent se détendre et marcher sur le sentier multifonctionnel lors des pauses et sur l'heure du dîner.

Le tableau B.3 résume les principaux paramètres ayant servi à l'estimation de la valeur du sentier pour les résidents. Le fort achalandage des usagers résidents combiné avec une faible valeur du site alternatif mène à une valeur de plus de 300 000 \$ annuellement pour l'usage du sentier par les résidents.

**Tableau B.3 – Paramètres de calcul de la valeur du sentier du littoral pour les résidents**

Paramètres	Valeur			
	Prin.	Été	Aut.	Hiv.
A. Temps passé en moyenne sur le site (min)	40	75	42	6
B. Nombre moyen de visites par résident	38	56	40	3
C. Temps moyen pour se rendre au site (min)				16,26
D. Salaire horaire net moyen				15,07 \$
<b>E. Valeur moyenne d'une visite pour un résident ((A+C)*B*D)/B</b>				<b>21,79 \$</b>
F. Nombre de résidents utilisant le sentier				488
G. Proportion ayant un site alternatif				86 %
H. % de perte/gain de valeur si utilisation du site alternatif				-21 %
I. Temps supplémentaire moyen pour se rendre au site alternatif (min)				- 8
J. Nombre total de visites du site par des résidents (B*F)				67 429
<b>Valeur marginale du sentier pour les résidents (E*G*-H*J) + (I/60*D*G*J) + (E*(1-G)*J)</b>				<b>355 382 \$</b>

## Touristes

Au total, 222 touristes ont été interrogés sur le sentier multifonctionnel de Cap-aux-Meules, dont 46 cyclistes et 176 piétons. Le tableau B.4 résume les principaux paramètres ayant servi à l'estimation de la valeur marginale du sentier pour les touristes.

D'une part, on constate que les usagers du sentier sont majoritairement des piétons et que ceux-ci ont tendance à utiliser plus longtemps le sentier que les cyclistes. D'autre part, les piétons sont prêts à payer davantage que les cyclistes pour accéder au site. Ces deux derniers éléments se reflètent dans la valeur bien plus importante du sentier pour les piétons que pour les cyclistes (176 478 \$ versus 32 581 \$)

**Tableau B.4 – Paramètres de calcul de la valeur du sentier du littoral pour les touristes**

<b>Paramètres</b>	<b>Cyclistes</b>	<b>Piétons</b>
A. Temps passé en moyenne sur le site (hrs)	0,8	0,94
B. Volonté de payer pour accéder au site	1,48 \$	2,26 \$
C. Salaire horaire net moyen des répondants	21,18 \$	22,10 \$
<b>D. Valeur moyenne d'une visite pour un touriste (A*C)+B</b>	<b>18,42 \$</b>	<b>23,03 \$</b>
F. % de perte/gain de valeur si utilisation du site alternatif	-48 %	-57 %
G. Nombre total de visites du site par des touristes	3 666	13 330
<b>Valeur marginale du sentier pour les touristes (D*-F*G)</b>	<b>32 581 \$</b>	<b>176 478 \$</b>

Globalement, le sentier du littoral est une infrastructure qui est grandement utilisé à la fois par les résidents et les touristes et sa valeur estimée est de 564 442 \$ annuellement.



## ANNEXE C COÛTS DE RELOCALISATION ET D'IMMUNISATION DES BÂTIMENTS

Les estimés de coûts ont été fournis par la firme Héneault et Gosselin. Ces coûts sont représentatif des tarifs s'appliquant dans la région.

Le tableau C.1 présente les coûts de transport et de construction de fondations au mètre linéaire pour des résidences en vinyle et/ou en brique. Les prix au mètre linéaire ont ensuite été multipliés par le périmètre total de chacun des bâtiments à relocaliser ou à immuniser en fonction du revêtement extérieur.

**Tableau C.1** Prix au mètre linéaire pour la relocalisation et l'immunisation des bâtiments en fonction du revêtement extérieur

Revêtement extérieur	Relocalisation sur un nouveau terrain	Relocalisation sur le même terrain	Immunisation
Vinyle	1 410 \$	1 345 \$	1 410 \$
Brique et vinyle	1 575 \$	1 510 \$	1 575 \$
Brique	2 135 \$	2 070 \$	2 135 \$

À ces coûts s'ajoutent les coûts de gestion des fils électriques et de câblodistribution, l'aménagement des services dans les nouveaux quartiers (route, aqueduc et égouts) de même que les coûts de démolition des fondations. Les coûts pour la gestion des fils ont

été établis sur la base de cas réels de déménagement de bâtiments dans la région. Les coûts pour la démolition des fondations proviennent du rapport de TecSult (2008) et ont été actualisés en dollars de 2012. Finalement, les coûts d'aménagement des services dans les nouveaux quartiers proviennent des estimations fournies par les autorités municipales. Le tableau C.2 résume chacun des coûts pour la relocalisation sur le même terrain, la relocalisation sur un nouveau terrain, de même que l'immunisation.

**Tableau C.2** Coûts des frais afférents à la relocalisation et à l'immunisation

<b>Catégorie de coûts</b>	<b>Relocalisation sur le même terrain</b>	<b>Relocalisation sur un nouveau terrain</b>	<b>Immunisation</b>
Gestion des fils	3 416 \$	22 847 \$	3 416 \$
Démolition de fondations	3 239 \$	3 239 \$	-
Aménagement des services	-	32 553 \$	-
<b>TOTAL</b>	<b>6 655 \$</b>	<b>58 639 \$</b>	<b>3 416 \$</b>



## **ANNEXE D**

# **VALEUR D'USAGE ET TOURISTIQUE DU SEGMENT LA GRAVE**

Afin d'évaluer l'impact économique de la perte du site historique de La Grave de même que l'influence des aménagements côtiers proposés sur la valeur d'usage, l'Équipe de recherche a procédé en quatre étapes :

1. Fixer une règle permettant d'évaluer la baisse de l'attractivité du site et conséquemment de sa valeur économique.

Puisque le site de La Grave ne sera jamais complètement perdu, la perte a été estimée en fonction du nombre de bâtiments touchés par l'érosion. Ainsi, la perte est égale à la proportion de bâtiments perdus sur le nombre total de bâtiments à La Grave. Le site compte 43 bâtiments dont 4 sont considérés comme des bâtiments secondaires. Pour établir la perte proportionnelle, seuls les bâtiments principaux ont été utilisés (39 bâtiments au total). Par exemple, si la perte totale du site de La Grave s'établit à six millions de dollars annuellement, il a été considéré que la perte de la moitié des bâtiments causerait une perte égale à 3 millions de dollars.

2. Calculer le nombre de touristes et de résidents fréquentant le site de La Grave.

Il a été supposé que tous les touristes des Îles-de-la-Madeleine visitent au moins une fois La Grave au cours de leur séjour à l'exception des croisiéristes internationaux, qui restent moins d'une journée sur place. Ce nombre représente 47 885 touristes annuellement.

Il a été supposé que tous les résidents des Îles-de-la-Madeleine vont au moins une fois à La Grave par année. Le nombre de résidents visitant La Grave a donc été fixé au nombre d'adultes qui résidaient aux Îles-de-la-Madeleine lors du recensement de 2011 (10 565 résidents).

3. Calculer la perte économique sur la base de trois composantes

a. La variation des retombées touristiques advenant la perte du site de La Grave.

Cette valeur a été estimée à partir du sondage réalisé sur le site au courant de l'été 2015. Sur les 261 touristes sondés, neuf ont affirmé qu'ils modifieraient la durée de leur séjour passé aux Îles-de-la-Madeleine si La Grave disparaissait. Il a été supposé que la proportion de touristes qui changent leur durée de séjour est représentative des changements de comportements qui seraient observés dans l'ensemble des touristes. Ainsi, les pertes reliées à la baisse des retombées touristiques ont seulement été établies pour 3,4 % de la population de touristes qui modifieraient la durée de leur séjour aux Îles-de-la-Madeleine. Pour cette proportion des touristes, la valeur des retombées perdues annuellement est égale à la moyenne de la baisse du nombre de jours passés aux Îles-de-la-Madeleine si La Grave disparaissait multipliée par les dépenses journalières moyennes (en incluant l'hébergement).

b. La valeur d'usage des touristes qui visitent La Grave.

Cette valeur a été estimée à partir du sondage réalisé sur le site au courant de l'été 2015. La valeur d'usage annuelle est égale à la volonté de payer pour accéder au site multipliée par le nombre de fois que les touristes visitent le site de La Grave en moyenne. Cette opération a été faite indépendamment pour les deux types d'individus dans la population, soit les individus qui modifieraient leur durée de leur séjour si La Grave disparaissait et les individus dont la disparition de La Grave ne changerait pas la durée de leur séjour.

c. La valeur accordée à La Grave pour les résidents des Îles-de-la-Madeleine.

Cette valeur a aussi été estimée à partir du sondage réalisé sur le site au courant de l'été 2015. Elle a été calculée en demandant aux résidents des Îles-de-la-Madeleine leur volonté de payer une contribution volontaire unique pour préserver le site. Cette valeur comprend donc la valeur patrimoniale, la valeur d'existence, la valeur culturelle, de même que la valeur d'usage anticipé du site au courant des prochaines années. Il a été supposé que cette valeur représente la valeur actualisée du site pour les résidents. Par conséquent, la perte de valeur associée à la disparition du site de La Grave pour les résidents n'est pas récurrente d'année en année.

4. Appliquer la modification de valeur en fonction de chacune des options d'adaptation

a. Non-intervention ainsi que l'immunisation et relocalisation stratégique :

Pour la non-intervention, la perte de valeur d'usage et de retombées touristiques s'accroît progressivement à mesure que davantage de bâtiments sont perdus en raison de l'érosion. La perte de valeur pour les résidents est calculée également en proportion du nombre de bâtiments perdus. Toutefois, pour les résidents, la valeur d'usage n'est pas annuelle, mais globale. La perte est donc progressive en fonction du nombre de bâtiments perdus.

b. Pour les autres options :

Pour les touristes, la variation de la valeur d'usage est calculée selon la variation moyenne du nombre de jours passés à La Grave multipliée par la volonté de payer pour avoir accès à La Grave pendant une journée en fonction des différents aménagements.

Pour les résidents, la variation de valeur du site de La Grave est égale au pourcentage de variation du nombre de visites à la Grave pendant la période estivale multiplié par la volonté de payer une contribution volontaire en fonction des différents aménagements. Il est à noter que pour ces autres options, la perte économique calculée est sous-estimée, car l'effet de la variation du nombre d'heures passées à La Grave en fonction des différents aménagements n'a pas été capté. Il va sans dire que la perte économique calculée pour ces autres

options représente une borne minimale de l'impact de la mise en œuvre de ces autres options.

Les tableaux suivants résument les principaux paramètres ayant servi à estimer les composantes des impacts décrits plus haut. Les résultats de ces estimations se trouvent aux tableaux D.4 et D.5

**Tableau D.1** – Calcul des pertes de retombées touristiques et de valeur d'usage en situation de non-intervention

<b>Touristes</b>	<b>Δ jours = 0</b>	<b>Δ jours &gt; 0</b>
Variation du nombre de nuitées Îles	0	-35
Dépenses hors hébergement	67,89 \$	48,33 \$
Dépenses hébergement	88,57 \$	71,97 \$
Nombre de fois visites à La Grave par voyage	6	36
Volonté de payer	4,86 \$	3,89 \$
Nombre de jours passés aux îles	16,34	48,00
N	252	9
Perte retombées économiques par touriste	0,00 \$	146,22 \$
Perte de valeur d'usage par touriste	29,20 \$	32,89 \$

**Tableau D.2** – Calcul de la variation de la valeur d'usage pour les touristes pour chaque option

<b>Variations pour les touristes</b>	
Variation nombre de visites à La Grave si double plage	0,09
Variation nombre de visites à La Grave si mur de béton	-0,39
Variation valeur d'usage si double plage par personne	0,44 \$
Variation valeur d'usage si mur de béton par personne	-1,87 \$
N	261

**Tableau D.3** – Calcul de la variation de la valeur d'usage pour les résidents pour chaque option

<b>Résidents des Îles-de-la-Madeleine</b>	
Volonté de payer	73,47\$
Variation nombre de visites à La Grave si double plage	0,25
Variation nombre de visites à La Grave si mur de béton	-1,08
Nombre visite période estivale	30,61
Gain par personne double plage	0,59 \$
Perte par personne mur de béton	-2,60 \$
N	85

**Tableau D.4** – Variation des retombées touristiques en fonction des options d'adaptation pour le segment de La Grave

<b>Options d'adaptation</b>	<b>Proportion des bâtiments perdus</b>	<b>Variation des retombées touristiques en dollars de 2012 actualisés à 4 %</b>
Non-intervention	36 %	(30 006 713 \$)
Recharge de plage	5 %	(1 035 522 \$)
Enrochement	5 %	(1 035 522 \$)
Riprap	5 %	(1 035 522 \$)
Immunsation combinée à la relocalisation stratégique	36 %	(30 006 713 \$)

**Tableau D.5** – Variation de la valeur d'usage en fonction des options d'adaptation pour le segment de La Grave

<b>Options d'adaptation</b>	<b>Variation de la valeur d'usage en dollars de 2012 actualisés à 4 %</b>	
	<b>Résidents</b>	<b>Touristes</b>
Non-intervention	(167 248 \$)	(6 776 732 \$)
Recharge de plage	(34 237 \$)	172 805 \$
Enrochement	(64 205 \$)	(1 975 502 \$)
Riprap	(64 205 \$)	(1 975 502 \$)
Immunsation combinée à la relocalisation stratégique	(167 248 \$)	(6 776 732 \$)



**ANNEXE E**  
**COÛTS ANNUELS DES DIFFÉRENTES OPTIONS**  
**POUR LA PÉRIODE 2015-2064 POUR LE**  
**SECTEUR CAP-AUX-MEULES**

## SEGMENT CAMPING GROS-CAP

### Option de non-intervention

Année	Érosion	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Somme des coûts
2015	(82 164 \$)	(18 245 \$)	(14 862 \$)	(115 271 \$)
2016	(350 \$)	0 \$	(14 291 \$)	(14 640 \$)
2017	(332 \$)	0 \$	(36 643 \$)	(36 975 \$)
2018	(315 \$)	0 \$	(39 638 \$)	(39 953 \$)
2019	(298 \$)	0 \$	(55 053 \$)	(55 351 \$)
2020	(284 \$)	0 \$	(53 593 \$)	(53 877 \$)
2021	(271 \$)	0 \$	(63 278 \$)	(63 549 \$)
2022	(259 \$)	0 \$	(68 374 \$)	(68 632 \$)
2023	(246 \$)	0 \$	(69 364 \$)	(69 610 \$)
2024	(234 \$)	0 \$	(73 657 \$)	(73 891 \$)
2025	(449 521 \$)	(53 971 \$)	(492 102 \$)	(995 594 \$)
2026	0 \$	0 \$	(473 175 \$)	(473 175 \$)
2027	0 \$	0 \$	(454 976 \$)	(454 976 \$)
2028	0 \$	0 \$	(437 477 \$)	(437 477 \$)
2029	0 \$	0 \$	(420 651 \$)	(420 651 \$)
2030	0 \$	0 \$	(404 472 \$)	(404 472 \$)
2031	0 \$	0 \$	(388 915 \$)	(388 915 \$)
2032	0 \$	0 \$	(373 957 \$)	(373 957 \$)
2033	0 \$	0 \$	(359 574 \$)	(359 574 \$)
2034	0 \$	0 \$	(345 744 \$)	(345 744 \$)
2035	0 \$	0 \$	(332 447 \$)	(332 447 \$)
2036	0 \$	0 \$	(319 660 \$)	(319 660 \$)
2037	0 \$	0 \$	(307 365 \$)	(307 365 \$)
2038	0 \$	0 \$	(295 544 \$)	(295 544 \$)
2039	0 \$	0 \$	(284 177 \$)	(284 177 \$)
2040	0 \$	0 \$	(273 247 \$)	(273 247 \$)
2041	0 \$	0 \$	(262 737 \$)	(262 737 \$)
2042	0 \$	0 \$	(252 632 \$)	(252 632 \$)
2043	0 \$	0 \$	(242 915 \$)	(242 915 \$)
2044	0 \$	0 \$	(233 573 \$)	(233 573 \$)
2045	0 \$	0 \$	(224 589 \$)	(224 589 \$)
2046	0 \$	0 \$	(215 951 \$)	(215 951 \$)
2047	0 \$	0 \$	(207 645 \$)	(207 645 \$)
2048	0 \$	0 \$	(199 659 \$)	(199 659 \$)
2049	0 \$	0 \$	(191 980 \$)	(191 980 \$)
2050	0 \$	0 \$	(184 596 \$)	(184 596 \$)
2051	0 \$	0 \$	(177 496 \$)	(177 496 \$)
2052	0 \$	0 \$	(170 669 \$)	(170 669 \$)
2053	0 \$	0 \$	(164 105 \$)	(164 105 \$)
2054	0 \$	0 \$	(157 793 \$)	(157 793 \$)
2055	0 \$	0 \$	(151 724 \$)	(151 724 \$)
2056	0 \$	0 \$	(145 889 \$)	(145 889 \$)
2057	0 \$	0 \$	(140 278 \$)	(140 278 \$)
2058	0 \$	0 \$	(134 882 \$)	(134 882 \$)
2059	0 \$	0 \$	(129 695 \$)	(129 695 \$)
2060	0 \$	0 \$	(124 706 \$)	(124 706 \$)
2061	0 \$	0 \$	(119 910 \$)	(119 910 \$)
2062	0 \$	0 \$	(115 298 \$)	(115 298 \$)
2063	0 \$	0 \$	(110 863 \$)	(110 863 \$)
2064	0 \$	0 \$	(106 599 \$)	(106 599 \$)
<b>TOTAL</b>	<b>(534 273 \$)</b>	<b>(72 217 \$)</b>	<b>(10 618 420 \$)</b>	<b>(11 224 910 \$)</b>

## Enrochement

Année	Érosion	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Somme des coûts
2015	(307 \$)	0 \$	(14 862 \$)	(15 170 \$)
2016	(293 \$)	(214 317 \$)	(14 291 \$)	(228 901 \$)
2017	(278 \$)	(68 691 \$)	(36 643 \$)	(105 613 \$)
2018	(265 \$)	(1 761 319 \$)	(39 638 \$)	(1 801 222 \$)
2019	(250 \$)	0 \$	(55 053 \$)	(55 303 \$)
2020	(238 \$)	0 \$	(52 936 \$)	(53 174 \$)
2021	(227 \$)	0 \$	(62 646 \$)	(62 873 \$)
2022	(217 \$)	0 \$	(67 766 \$)	(67 983 \$)
2023	(207 \$)	0 \$	(68 779 \$)	(68 986 \$)
2024	(197 \$)	0 \$	(73 095 \$)	(73 292 \$)
2025	(188 \$)	0 \$	(76 978 \$)	(77 166 \$)
2026	(180 \$)	0 \$	(74 017 \$)	(74 197 \$)
2027	(173 \$)	0 \$	(74 265 \$)	(74 437 \$)
2028	(166 \$)	0 \$	(74 384 \$)	(74 549 \$)
2029	(159 \$)	0 \$	(74 384 \$)	(74 543 \$)
2030	(153 \$)	0 \$	(79 775 \$)	(79 928 \$)
2031	(147 \$)	0 \$	(79 352 \$)	(79 499 \$)
2032	(141 \$)	0 \$	(78 843 \$)	(78 984 \$)
2033	(135 \$)	0 \$	(75 811 \$)	(75 946 \$)
2034	(130 \$)	0 \$	(72 895 \$)	(73 025 \$)
2035	(125 \$)	0 \$	(72 353 \$)	(72 477 \$)
2036	(120 \$)	0 \$	(76 092 \$)	(76 211 \$)
2037	(115 \$)	0 \$	(77 346 \$)	(77 461 \$)
2038	(110 \$)	0 \$	(76 381 \$)	(76 491 \$)
2039	(106 \$)	0 \$	(79 242 \$)	(79 347 \$)
2040	(101 \$)	0 \$	(79 911 \$)	(80 011 \$)
2041	(96 \$)	0 \$	(76 837 \$)	(76 934 \$)
2042	(92 \$)	0 \$	(73 882 \$)	(73 974 \$)
2043	(88 \$)	0 \$	(72 692 \$)	(72 781 \$)
2044	(85 \$)	0 \$	(73 111 \$)	(73 196 \$)
2045	(81 \$)	0 \$	(71 863 \$)	(71 944 \$)
2046	(77 \$)	0 \$	(69 099 \$)	(69 176 \$)
2047	(74 \$)	0 \$	(67 887 \$)	(67 961 \$)
2048	(71 \$)	0 \$	(66 665 \$)	(66 736 \$)
2049	(68 \$)	0 \$	(66 774 \$)	(66 842 \$)
2050	(64 \$)	0 \$	(64 206 \$)	(64 270 \$)
2051	(61 \$)	0 \$	(62 972 \$)	(63 033 \$)
2052	(58 \$)	0 \$	(61 738 \$)	(61 797 \$)
2053	(56 \$)	0 \$	(60 506 \$)	(60 562 \$)
2054	(53 \$)	0 \$	(58 179 \$)	(58 232 \$)
2055	(51 \$)	0 \$	(56 997 \$)	(57 049 \$)
2056	(49 \$)	0 \$	(54 805 \$)	(54 854 \$)
2057	(47 \$)	0 \$	(53 674 \$)	(53 721 \$)
2058	(45 \$)	0 \$	(52 548 \$)	(52 593 \$)
2059	(43 \$)	0 \$	(51 430 \$)	(51 473 \$)
2060	(41 \$)	0 \$	(49 452 \$)	(49 493 \$)
2061	(39 \$)	0 \$	(47 550 \$)	(47 590 \$)
2062	(38 \$)	0 \$	(45 721 \$)	(45 759 \$)
2063	(36 \$)	0 \$	(46 278 \$)	(46 314 \$)
2064	(35 \$)	0 \$	(45 240 \$)	(45 275 \$)
<b>TOTAL</b>	<b>(6 177 \$)</b>	<b>(2 044 328 \$)</b>	<b>(3 157 844 \$)</b>	<b>(5 208 349 \$)</b>

## Riprap

Année	Érosion	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Somme des coûts
2015	(307 \$)	0 \$	(14 862 \$)	(15 170 \$)
2016	(293 \$)	(142 469 \$)	(14 291 \$)	(157 053 \$)
2017	(278 \$)	(45 663 \$)	(36 643 \$)	(82 585 \$)
2018	(265 \$)	(1 170 851 \$)	(39 638 \$)	(1 210 754 \$)
2019	(250 \$)	0 \$	(55 053 \$)	(55 303 \$)
2020	(238 \$)	0 \$	(52 936 \$)	(53 174 \$)
2021	(227 \$)	0 \$	(62 646 \$)	(62 873 \$)
2022	(217 \$)	0 \$	(67 766 \$)	(67 983 \$)
2023	(207 \$)	0 \$	(68 779 \$)	(68 986 \$)
2024	(197 \$)	0 \$	(73 095 \$)	(73 292 \$)
2025	(188 \$)	0 \$	(76 978 \$)	(77 166 \$)
2026	(180 \$)	0 \$	(74 017 \$)	(74 197 \$)
2027	(173 \$)	0 \$	(74 265 \$)	(74 437 \$)
2028	(166 \$)	0 \$	(74 384 \$)	(74 549 \$)
2029	(159 \$)	0 \$	(74 384 \$)	(74 543 \$)
2030	(153 \$)	0 \$	(79 775 \$)	(79 928 \$)
2031	(147 \$)	0 \$	(79 352 \$)	(79 499 \$)
2032	(141 \$)	0 \$	(78 843 \$)	(78 984 \$)
2033	(135 \$)	(297 130 \$)	(75 811 \$)	(373 076 \$)
2034	(130 \$)	0 \$	(72 895 \$)	(73 025 \$)
2035	(125 \$)	0 \$	(72 353 \$)	(72 477 \$)
2036	(120 \$)	0 \$	(76 092 \$)	(76 211 \$)
2037	(115 \$)	0 \$	(77 346 \$)	(77 461 \$)
2038	(110 \$)	0 \$	(76 381 \$)	(76 491 \$)
2039	(106 \$)	0 \$	(79 242 \$)	(79 347 \$)
2040	(101 \$)	0 \$	(79 911 \$)	(80 011 \$)
2041	(96 \$)	0 \$	(76 837 \$)	(76 934 \$)
2042	(92 \$)	0 \$	(73 882 \$)	(73 974 \$)
2043	(88 \$)	0 \$	(72 692 \$)	(72 781 \$)
2044	(85 \$)	0 \$	(73 111 \$)	(73 196 \$)
2045	(81 \$)	0 \$	(71 863 \$)	(71 944 \$)
2046	(77 \$)	0 \$	(69 099 \$)	(69 176 \$)
2047	(74 \$)	0 \$	(67 887 \$)	(67 961 \$)
2048	(71 \$)	(82 493 \$)	(66 665 \$)	(149 229 \$)
2049	(68 \$)	0 \$	(66 774 \$)	(66 842 \$)
2050	(64 \$)	0 \$	(64 206 \$)	(64 270 \$)
2051	(61 \$)	0 \$	(62 972 \$)	(63 033 \$)
2052	(58 \$)	0 \$	(61 738 \$)	(61 797 \$)
2053	(56 \$)	0 \$	(60 506 \$)	(60 562 \$)
2054	(53 \$)	0 \$	(58 179 \$)	(58 232 \$)
2055	(51 \$)	0 \$	(56 997 \$)	(57 049 \$)
2056	(49 \$)	0 \$	(54 805 \$)	(54 854 \$)
2057	(47 \$)	0 \$	(53 674 \$)	(53 721 \$)
2058	(45 \$)	0 \$	(52 548 \$)	(52 593 \$)
2059	(43 \$)	0 \$	(51 430 \$)	(51 473 \$)
2060	(41 \$)	0 \$	(49 452 \$)	(49 493 \$)
2061	(39 \$)	0 \$	(47 550 \$)	(47 590 \$)
2062	(38 \$)	0 \$	(45 721 \$)	(45 759 \$)
2063	(36 \$)	(34 354 \$)	(46 278 \$)	(80 668 \$)
2064	(35 \$)	0 \$	(45 240 \$)	(45 275 \$)
<b>TOTAL</b>	<b>(6 177 \$)</b>	<b>(1 772 961 \$)</b>	<b>(3 157 844 \$)</b>	<b>(4 936 982 \$)</b>

## Relocalisation stratégique

Année	Érosion	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Somme des coûts
2015	(367 \$)	(71 222 \$)	(14 862 \$)	(86 451 \$)
2016	(350 \$)	0 \$	(14 291 \$)	(14 640 \$)
2017	(332 \$)	(69 580 \$)	(36 643 \$)	(106 555 \$)
2018	(315 \$)	0 \$	(39 638 \$)	(39 953 \$)
2019	(298 \$)	0 \$	(55 053 \$)	(55 351 \$)
2020	(284 \$)	0 \$	(53 593 \$)	(53 877 \$)
2021	(271 \$)	0 \$	(63 278 \$)	(63 549 \$)
2022	(259 \$)	0 \$	(68 374 \$)	(68 632 \$)
2023	(246 \$)	0 \$	(69 364 \$)	(69 610 \$)
2024	(234 \$)	0 \$	(73 657 \$)	(73 891 \$)
2025	(25 602 \$)	(435 046 \$)	(403 374 \$)	(864 022 \$)
2026	0 \$	0 \$	(387 859 \$)	(387 859 \$)
2027	0 \$	0 \$	(372 942 \$)	(372 942 \$)
2028	0 \$	0 \$	(358 598 \$)	(358 598 \$)
2029	0 \$	0 \$	(344 806 \$)	(344 806 \$)
2030	0 \$	0 \$	(331 544 \$)	(331 544 \$)
2031	0 \$	0 \$	(318 792 \$)	(318 792 \$)
2032	0 \$	0 \$	(306 531 \$)	(306 531 \$)
2033	0 \$	0 \$	(294 741 \$)	(294 741 \$)
2034	0 \$	0 \$	(283 405 \$)	(283 405 \$)
2035	0 \$	0 \$	(272 505 \$)	(272 505 \$)
2036	0 \$	0 \$	(262 024 \$)	(262 024 \$)
2037	0 \$	0 \$	(251 946 \$)	(251 946 \$)
2038	0 \$	0 \$	(242 256 \$)	(242 256 \$)
2039	0 \$	0 \$	(232 938 \$)	(232 938 \$)
2040	0 \$	0 \$	(223 979 \$)	(223 979 \$)
2041	0 \$	0 \$	(215 365 \$)	(215 365 \$)
2042	0 \$	0 \$	(207 081 \$)	(207 081 \$)
2043	0 \$	0 \$	(199 117 \$)	(199 117 \$)
2044	0 \$	0 \$	(191 458 \$)	(191 458 \$)
2045	0 \$	0 \$	(184 095 \$)	(184 095 \$)
2046	0 \$	0 \$	(177 014 \$)	(177 014 \$)
2047	0 \$	0 \$	(170 206 \$)	(170 206 \$)
2048	0 \$	0 \$	(163 659 \$)	(163 659 \$)
2049	0 \$	0 \$	(157 365 \$)	(157 365 \$)
2050	0 \$	0 \$	(151 312 \$)	(151 312 \$)
2051	0 \$	0 \$	(145 493 \$)	(145 493 \$)
2052	0 \$	0 \$	(139 897 \$)	(139 897 \$)
2053	0 \$	0 \$	(134 516 \$)	(134 516 \$)
2054	0 \$	0 \$	(129 342 \$)	(129 342 \$)
2055	0 \$	0 \$	(124 368 \$)	(124 368 \$)
2056	0 \$	0 \$	(119 584 \$)	(119 584 \$)
2057	0 \$	0 \$	(114 985 \$)	(114 985 \$)
2058	0 \$	0 \$	(110 562 \$)	(110 562 \$)
2059	0 \$	0 \$	(106 310 \$)	(106 310 \$)
2060	0 \$	0 \$	(102 221 \$)	(102 221 \$)
2061	0 \$	0 \$	(98 290 \$)	(98 290 \$)
2062	0 \$	0 \$	(94 509 \$)	(94 509 \$)
2063	0 \$	0 \$	(90 874 \$)	(90 874 \$)
2064	0 \$	0 \$	(87 379 \$)	(87 379 \$)
<b>TOTAL</b>	<b>(28 557 \$)</b>	<b>(575 848 \$)</b>	<b>(8 791 995 \$)</b>	<b>(9 396 400 \$)</b>

## SEGMENT GROS-CAP EST

### Option de non-intervention

Année	Érosion	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Impacts environnementaux	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(553 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(553 \$)
2016	(536 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(536 \$)
2017	(519 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(519 \$)
2018	(503 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(503 \$)
2019	(487 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(487 \$)
2020	(472 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(472 \$)
2021	(457 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(457 \$)
2022	(442 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(442 \$)
2023	(427 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(427 \$)
2024	(413 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(413 \$)
2025	(399 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(399 \$)
2026	(385 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(385 \$)
2027	(372 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(372 \$)
2028	(359 \$)	0 \$	0 \$	(0 \$)	0 \$	(359 \$)
2029	(347 \$)	0 \$	0 \$	(0 \$)	0 \$	(348 \$)
2030	(337 \$)	0 \$	0 \$	(1 \$)	0 \$	(338 \$)
2031	(324 \$)	0 \$	0 \$	(2 \$)	0 \$	(325 \$)
2032	(314 \$)	0 \$	0 \$	(3 \$)	0 \$	(317 \$)
2033	(304 \$)	0 \$	0 \$	(4 \$)	0 \$	(307 \$)
2034	(294 \$)	0 \$	0 \$	(5 \$)	0 \$	(299 \$)
2035	(285 \$)	0 \$	0 \$	(7 \$)	0 \$	(291 \$)
2036	(275 \$)	0 \$	0 \$	(8 \$)	0 \$	(283 \$)
2037	(266 \$)	0 \$	0 \$	(10 \$)	0 \$	(276 \$)
2038	(258 \$)	0 \$	0 \$	(12 \$)	0 \$	(270 \$)
2039	(249 \$)	0 \$	0 \$	(13 \$)	0 \$	(262 \$)
2040	(241 \$)	0 \$	0 \$	(15 \$)	0 \$	(256 \$)
2041	(234 \$)	0 \$	0 \$	(16 \$)	0 \$	(250 \$)
2042	(227 \$)	0 \$	0 \$	(18 \$)	0 \$	(245 \$)
2043	(219 \$)	0 \$	0 \$	(19 \$)	0 \$	(238 \$)
2044	(212 \$)	0 \$	0 \$	(20 \$)	0 \$	(232 \$)
2045	(207 \$)	0 \$	0 \$	(21 \$)	0 \$	(228 \$)
2046	(200 \$)	0 \$	0 \$	(21 \$)	0 \$	(221 \$)
2047	(193 \$)	0 \$	0 \$	(22 \$)	0 \$	(215 \$)
2048	(187 \$)	0 \$	0 \$	(23 \$)	0 \$	(209 \$)
2049	(44,632 \$)	(3,983 \$)	0 \$	(23 \$)	(7,361 \$)	(55,999 \$)
2050	(135 \$)	0 \$	0 \$	(23 \$)	0 \$	(159 \$)
2051	(130 \$)	0 \$	0 \$	(24 \$)	0 \$	(154 \$)
2052	(126 \$)	0 \$	0 \$	(24 \$)	0 \$	(150 \$)
2053	(122 \$)	0 \$	0 \$	(24 \$)	0 \$	(146 \$)
2054	(117 \$)	0 \$	0 \$	(25 \$)	0 \$	(141 \$)
2055	(112 \$)	0 \$	0 \$	(25 \$)	0 \$	(137 \$)
2056	(108 \$)	0 \$	0 \$	(25 \$)	0 \$	(133 \$)
2057	(104 \$)	0 \$	0 \$	(25 \$)	0 \$	(129 \$)
2058	(100 \$)	0 \$	0 \$	(25 \$)	0 \$	(125 \$)
2059	(97 \$)	0 \$	0 \$	(25 \$)	0 \$	(121 \$)
2060	(94 \$)	0 \$	0 \$	(25 \$)	0 \$	(118 \$)
2061	(90 \$)	0 \$	0 \$	(25 \$)	0 \$	(114 \$)
2062	(86 \$)	0 \$	0 \$	(25 \$)	0 \$	(111 \$)
2063	(83 \$)	0 \$	0 \$	(24 \$)	0 \$	(108 \$)
2064	(27,139 \$)	(1,288 \$)	0 \$	(24 \$)	0 \$	(28,451 \$)
<b>TOTAL</b>	<b>(84,773 \$)</b>	<b>(5,271 \$)</b>	<b>0 \$</b>	<b>(628 \$)</b>	<b>(7,361 \$)</b>	<b>(98,033 \$)</b>

## Riprap

Année	Érosion	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Impacts environnementaux	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(553 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(553 \$)
2016	(536 \$)	(108,469 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(109,004 \$)
2017	(519 \$)	(34,766 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(35,285 \$)
2018	0 \$	(534,855 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(534,855 \$)
2019	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2020	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2021	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2022	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2023	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2024	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2025	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2026	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2027	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2028	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2029	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2030	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2031	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2032	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2033	0 \$	(148,837 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(148,837 \$)
2034	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2035	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2036	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2037	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2038	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2039	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2040	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2041	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2042	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2043	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2044	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2045	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2046	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2047	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2048	0 \$	(41,322 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(41,322 \$)
2049	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2050	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2051	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2052	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2053	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2054	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2055	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2056	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2057	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2058	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2059	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2060	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2061	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2062	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2063	0 \$	(17,208 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(17,208 \$)
2064	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
<b>TOTAL</b>	<b>(1,608 \$)</b>	<b>(885,456 \$)</b>	<b>0 \$</b>	<b>0 \$</b>	<b>0 \$</b>	<b>(887,063 \$)</b>

## Recharge de plage avec butée

Année	Érosion	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Impacts environnementaux	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(553 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(553 \$)
2016	(536 \$)	(295,471 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(296,007 \$)
2017	(519 \$)	(94,702 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(95,222 \$)
2018	0 \$	(2,428,261 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2,428,261 \$)
2019	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2020	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2021	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2022	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2023	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2024	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2025	0 \$	(541,079 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(541,079 \$)
2026	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2027	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2028	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2029	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2030	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2031	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2032	0 \$	(164,470 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(164,470 \$)
2033	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2034	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2035	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2036	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2037	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2038	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2039	0 \$	(124,984 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(124,984 \$)
2040	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2041	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2042	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2043	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2044	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2045	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2046	0 \$	(94,978 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(94,978 \$)
2047	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2048	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2049	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2050	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2051	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2052	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2053	0 \$	(72,175 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(72,175 \$)
2054	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2055	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2056	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2057	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2058	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2059	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2060	0 \$	(54,847 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(54,847 \$)
2061	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2062	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2063	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2064	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
<b>TOTAL</b>	<b>(1,608 \$)</b>	<b>(3,870,968 \$)</b>	<b>0 \$</b>	<b>0 \$</b>	<b>0 \$</b>	<b>(3,872,576 \$)</b>

## Relocalisation stratégique

Année	Érosion	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Impacts environnementaux	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(553 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(553 \$)
2016	(536 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(536 \$)
2017	(519 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(519 \$)
2018	(503 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(503 \$)
2019	(487 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(487 \$)
2020	(472 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(472 \$)
2021	(457 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(457 \$)
2022	(442 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(442 \$)
2023	(427 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(427 \$)
2024	(413 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(413 \$)
2025	(399 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(399 \$)
2026	(385 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(385 \$)
2027	(372 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(372 \$)
2028	(359 \$)	0 \$	0 \$	(0 \$)	0 \$	(359 \$)
2029	(347 \$)	0 \$	0 \$	(0 \$)	0 \$	(348 \$)
2030	(337 \$)	0 \$	0 \$	(1 \$)	0 \$	(338 \$)
2031	(324 \$)	0 \$	0 \$	(2 \$)	0 \$	(325 \$)
2032	(314 \$)	0 \$	0 \$	(3 \$)	0 \$	(317 \$)
2033	(304 \$)	0 \$	0 \$	(4 \$)	0 \$	(307 \$)
2034	(294 \$)	0 \$	0 \$	(5 \$)	0 \$	(299 \$)
2035	(285 \$)	0 \$	0 \$	(7 \$)	0 \$	(291 \$)
2036	(275 \$)	0 \$	0 \$	(8 \$)	0 \$	(283 \$)
2037	(266 \$)	0 \$	0 \$	(10 \$)	0 \$	(276 \$)
2038	(258 \$)	0 \$	0 \$	(12 \$)	0 \$	(270 \$)
2039	(249 \$)	0 \$	0 \$	(13 \$)	0 \$	(262 \$)
2040	(241 \$)	0 \$	0 \$	(15 \$)	0 \$	(256 \$)
2041	(234 \$)	0 \$	0 \$	(16 \$)	0 \$	(250 \$)
2042	(173 \$)	(43,565 \$)	(2,667 \$)	(18 \$)	(9,686 \$)	(56,109 \$)
2043	(169 \$)	0 \$	0 \$	(19 \$)	0 \$	(187 \$)
2044	(164 \$)	0 \$	0 \$	(20 \$)	0 \$	(183 \$)
2045	(160 \$)	0 \$	0 \$	(21 \$)	0 \$	(181 \$)
2046	(155 \$)	0 \$	0 \$	(21 \$)	0 \$	(177 \$)
2047	(151 \$)	0 \$	0 \$	(22 \$)	0 \$	(173 \$)
2048	(146 \$)	0 \$	0 \$	(23 \$)	0 \$	(169 \$)
2049	(141 \$)	0 \$	0 \$	(23 \$)	0 \$	(165 \$)
2050	(135 \$)	0 \$	0 \$	(23 \$)	0 \$	(159 \$)
2051	(130 \$)	0 \$	0 \$	(24 \$)	0 \$	(154 \$)
2052	(126 \$)	0 \$	0 \$	(24 \$)	0 \$	(150 \$)
2053	(122 \$)	0 \$	0 \$	(24 \$)	0 \$	(146 \$)
2054	(117 \$)	0 \$	0 \$	(25 \$)	0 \$	(141 \$)
2055	(112 \$)	0 \$	0 \$	(25 \$)	0 \$	(137 \$)
2056	(108 \$)	0 \$	0 \$	(25 \$)	0 \$	(133 \$)
2057	(104 \$)	0 \$	0 \$	(25 \$)	0 \$	(129 \$)
2058	(100 \$)	0 \$	0 \$	(25 \$)	0 \$	(125 \$)
2059	(97 \$)	(11,004 \$)	0 \$	(25 \$)	0 \$	(11,126 \$)
2060	(94 \$)	0 \$	0 \$	(25 \$)	0 \$	(118 \$)
2061	(90 \$)	0 \$	0 \$	(25 \$)	0 \$	(114 \$)
2062	(86 \$)	0 \$	0 \$	(25 \$)	0 \$	(111 \$)
2063	(83 \$)	0 \$	0 \$	(24 \$)	0 \$	(108 \$)
2064	(81 \$)	0 \$	0 \$	(24 \$)	0 \$	(105 \$)
<b>TOTAL</b>	<b>(12,897 \$)</b>	<b>(54,569 \$)</b>	<b>(2,667 \$)</b>	<b>(628 \$)</b>	<b>(9,686 \$)</b>	<b>(80,448 \$)</b>

## SEGMENT ÉCHOUERIE OUEST

### Option de non-intervention

Année	Érosion	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(748 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(748 \$)
2016	(718 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(718 \$)
2017	(691 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(691 \$)
2018	(667 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(667 \$)
2019	(645 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(645 \$)
2020	(624 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(624 \$)
2021	(599 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(599 \$)
2022	(577 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(577 \$)
2023	(556 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(556 \$)
2024	(535 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(535 \$)
2025	(134 137 \$)	(27 642 \$)	(54 429 \$)	0 \$	(216 207 \$)
2026	(396 \$)	0 \$	(52 335 \$)	0 \$	(52 732 \$)
2027	(378 \$)	0 \$	(50 322 \$)	0 \$	(50 700 \$)
2028	(363 \$)	0 \$	(48 387 \$)	0 \$	(48 750 \$)
2029	(354 \$)	0 \$	(46 526 \$)	0 \$	(46 880 \$)
2030	(940 524 \$)	(141 834 \$)	(279 036 \$)	0 \$	(1 361 394 \$)
2031	(225 \$)	0 \$	(268 304 \$)	0 \$	(268 529 \$)
2032	(218 \$)	0 \$	(257 984 \$)	0 \$	(258 202 \$)
2033	(210 \$)	0 \$	(248 062 \$)	0 \$	(248 272 \$)
2034	(203 \$)	0 \$	(238 521 \$)	0 \$	(238 724 \$)
2035	(197 \$)	0 \$	(229 347 \$)	0 \$	(229 544 \$)
2036	(190 \$)	0 \$	(220 526 \$)	0 \$	(220 716 \$)
2037	(182 \$)	0 \$	(212 044 \$)	0 \$	(212 227 \$)
2038	(176 \$)	0 \$	(203 889 \$)	0 \$	(204 065 \$)
2039	(29 317 \$)	(5 096 \$)	(196 047 \$)	(3 432 \$)	(233 892 \$)
2040	(86 \$)	0 \$	(188 507 \$)	0 \$	(188 592 \$)
2041	(82 \$)	0 \$	(181 256 \$)	0 \$	(181 339 \$)
2042	(79 \$)	0 \$	(174 285 \$)	0 \$	(174 363 \$)
2043	(76 \$)	0 \$	(167 582 \$)	0 \$	(167 657 \$)
2044	(73 \$)	0 \$	(161 136 \$)	0 \$	(161 209 \$)
2045	(70 \$)	0 \$	(154 939 \$)	0 \$	(155 009 \$)
2046	(68 \$)	0 \$	(148 979 \$)	0 \$	(149 047 \$)
2047	(65 \$)	0 \$	(143 249 \$)	0 \$	(143 315 \$)
2048	(63 \$)	0 \$	(137 740 \$)	0 \$	(137 802 \$)
2049	(60 \$)	0 \$	(132 442 \$)	0 \$	(132 502 \$)
2050	(57 \$)	0 \$	(127 348 \$)	0 \$	(127 406 \$)
2051	(55 \$)	0 \$	(122 450 \$)	0 \$	(122 506 \$)
2052	(53 \$)	0 \$	(117 741 \$)	0 \$	(117 794 \$)
2053	(50 \$)	0 \$	(113 212 \$)	0 \$	(113 263 \$)
2054	(48 \$)	0 \$	(108 858 \$)	0 \$	(108 906 \$)
2055	(47 \$)	0 \$	(104 671 \$)	0 \$	(104 718 \$)
2056	(45 \$)	0 \$	(100 645 \$)	0 \$	(100 690 \$)
2057	(44 \$)	0 \$	(96 774 \$)	0 \$	(96 818 \$)
2058	(42 \$)	0 \$	(93 052 \$)	0 \$	(93 094 \$)
2059	(41 \$)	0 \$	(89 473 \$)	0 \$	(89 514 \$)
2060	(40 \$)	0 \$	(86 032 \$)	0 \$	(86 072 \$)
2061	(38 \$)	0 \$	(82 723 \$)	0 \$	(82 761 \$)
2062	(37 \$)	0 \$	(79 541 \$)	0 \$	(79 578 \$)
2063	(36 \$)	0 \$	(76 482 \$)	0 \$	(76 518 \$)
2064	(35 \$)	0 \$	(73 540 \$)	0 \$	(73 575 \$)
<b>TOTAL</b>	<b>(1 114 820 \$)</b>	<b>(174 572 \$)</b>	<b>(5 668 416 \$)</b>	<b>(3 432 \$)</b>	<b>(6 961 240 \$)</b>

## Riprap

Année	Érosion	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(748 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(748 \$)
2016	(718 \$)	(193 599 \$)	0 \$	0 \$	(194 317 \$)
2017	(691 \$)	(62 051 \$)	0 \$	0 \$	(62 743 \$)
2018	0 \$	(1 591 052 \$)	0 \$	0 \$	(1 591 052 \$)
2019	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2020	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2021	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2022	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2023	0 \$	(26 406 \$)	0 \$	0 \$	(26 406 \$)
2024	0 \$	(8 463 \$)	0 \$	0 \$	(8 463 \$)
2025	0 \$	(217 012 \$)	0 \$	0 \$	(217 012 \$)
2026	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2027	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2028	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2029	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2030	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2031	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2032	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2033	0 \$	(403 766 \$)	0 \$	0 \$	(403 766 \$)
2034	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2035	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2036	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2037	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2038	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2039	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2040	0 \$	(55 072 \$)	0 \$	0 \$	(55 072 \$)
2041	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2042	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2043	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2044	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2045	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2046	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2047	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2048	0 \$	(112 098 \$)	0 \$	0 \$	(112 098 \$)
2049	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2050	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2051	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2052	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2053	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2054	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2055	0 \$	(15 290 \$)	0 \$	0 \$	(15 290 \$)
2056	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2057	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2058	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2059	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2060	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2061	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2062	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2063	0 \$	(46 683 \$)	0 \$	0 \$	(46 683 \$)
2064	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
<b>TOTAL</b>	<b>(2 157 \$)</b>	<b>(2 731 493 \$)</b>	<b>0 \$</b>	<b>0 \$</b>	<b>(2 733 650 \$)</b>

## Enrochement

Année	Érosion	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(748 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(748 \$)
2016	(718 \$)	(291 361 \$)	0 \$	0 \$	(292 078 \$)
2017	(691 \$)	(93 385 \$)	0 \$	0 \$	(94 076 \$)
2018	0 \$	(2 393 430 \$)	0 \$	0 \$	(2 393 430 \$)
2019	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2020	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2021	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2022	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2023	0 \$	(39 740 \$)	0 \$	0 \$	(39 740 \$)
2024	0 \$	(12 737 \$)	0 \$	0 \$	(12 737 \$)
2025	0 \$	(326 453 \$)	0 \$	0 \$	(326 453 \$)
2026	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2027	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2028	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2029	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2030	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2031	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2032	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2033	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2034	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2035	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2036	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2037	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2038	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2039	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2040	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2041	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2042	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2043	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2044	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2045	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2046	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2047	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2048	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2049	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2050	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2051	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2052	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2053	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2054	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2055	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2056	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2057	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2058	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2059	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2060	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2061	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2062	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2063	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2064	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
<b>TOTAL</b>	<b>(2 157 \$)</b>	<b>(3 157 107 \$)</b>	<b>0 \$</b>	<b>0 \$</b>	<b>(3 159 263 \$)</b>

## Relocalisation stratégique

Année	Érosion	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(748 \$)	(191 996 \$)	(10 905 \$)	0 \$	(203 649 \$)
2016	(579 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(579 \$)
2017	(555 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(555 \$)
2018	(533 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(533 \$)
2019	(514 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(514 \$)
2020	(495 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(495 \$)
2021	(472 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(472 \$)
2022	(453 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(453 \$)
2023	(433 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(433 \$)
2024	(415 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(415 \$)
2025	(398 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(398 \$)
2026	(396 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(396 \$)
2027	(378 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(378 \$)
2028	(363 \$)	(70 351 \$)	(5 098 \$)	(5 283 \$)	(81 095 \$)
2029	(248 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(248 \$)
2030	(940 421 \$)	0 \$	(234 299 \$)	0 \$	(1 174 721 \$)
2031	(125 \$)	0 \$	(225 288 \$)	0 \$	(225 413 \$)
2032	(120 \$)	0 \$	(216 623 \$)	0 \$	(216 743 \$)
2033	(116 \$)	0 \$	(208 291 \$)	0 \$	(208 407 \$)
2034	(111 \$)	0 \$	(200 280 \$)	0 \$	(200 391 \$)
2035	(107 \$)	0 \$	(192 577 \$)	0 \$	(192 684 \$)
2036	(102 \$)	0 \$	(185 170 \$)	0 \$	(185 273 \$)
2037	(98 \$)	0 \$	(178 048 \$)	0 \$	(178 146 \$)
2038	(94 \$)	0 \$	(171 200 \$)	0 \$	(171 294 \$)
2039	(89 \$)	0 \$	(164 616 \$)	0 \$	(164 705 \$)
2040	(86 \$)	0 \$	(158 284 \$)	0 \$	(158 370 \$)
2041	(82 \$)	0 \$	(152 196 \$)	0 \$	(152 279 \$)
2042	(79 \$)	0 \$	(146 343 \$)	0 \$	(146 421 \$)
2043	(76 \$)	0 \$	(140 714 \$)	0 \$	(140 790 \$)
2044	(73 \$)	0 \$	(135 302 \$)	0 \$	(135 375 \$)
2045	(70 \$)	0 \$	(130 098 \$)	0 \$	(130 168 \$)
2046	(68 \$)	0 \$	(125 094 \$)	0 \$	(125 162 \$)
2047	(65 \$)	0 \$	(120 283 \$)	0 \$	(120 348 \$)
2048	(63 \$)	0 \$	(115 657 \$)	0 \$	(115 719 \$)
2049	(60 \$)	0 \$	(111 208 \$)	0 \$	(111 269 \$)
2050	(57 \$)	0 \$	(106 931 \$)	0 \$	(106 988 \$)
2051	(55 \$)	0 \$	(102 818 \$)	0 \$	(102 874 \$)
2052	(53 \$)	0 \$	(98 864 \$)	0 \$	(98 917 \$)
2053	(50 \$)	0 \$	(95 061 \$)	0 \$	(95 112 \$)
2054	(48 \$)	0 \$	(91 405 \$)	0 \$	(91 454 \$)
2055	(47 \$)	0 \$	(87 890 \$)	0 \$	(87 936 \$)
2056	(45 \$)	0 \$	(84 509 \$)	0 \$	(84 554 \$)
2057	(44 \$)	0 \$	(81 259 \$)	0 \$	(81 303 \$)
2058	(42 \$)	0 \$	(78 134 \$)	0 \$	(78 176 \$)
2059	(41 \$)	0 \$	(75 128 \$)	0 \$	(75 169 \$)
2060	(40 \$)	0 \$	(72 239 \$)	0 \$	(72 278 \$)
2061	(38 \$)	0 \$	(69 460 \$)	0 \$	(69 499 \$)
2062	(37 \$)	0 \$	(66 789 \$)	0 \$	(66 826 \$)
2063	(36 \$)	0 \$	(64 220 \$)	0 \$	(64 256 \$)
2064	(35 \$)	0 \$	(61 750 \$)	0 \$	(61 785 \$)
<b>TOTAL</b>	<b>(949 753 \$)</b>	<b>(262 347 \$)</b>	<b>(4 564 035 \$)</b>	<b>(5 283 \$)</b>	<b>(5 781 419 \$)</b>

## SEGMENT ROUTE MUNICIPALE

### Option de non-intervention

Année	Érosion	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(2 417 \$)	(120 000 \$)	0 \$	0 \$	(122 417 \$)
2016	(2 315 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 315 \$)
2017	(2 208 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 208 \$)
2018	(2 097 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 097 \$)
2019	(1 985 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 985 \$)
2020	(1 871 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 871 \$)
2021	(1 781 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 781 \$)
2022	(1 697 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 697 \$)
2023	(1 618 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 618 \$)
2024	(1 543 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 543 \$)
2025	(1 477 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 477 \$)
2026	(1 411 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 411 \$)
2027	(1 349 \$)	(81 198 \$)	0 \$	0 \$	(82 547 \$)
2028	(1 291 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 291 \$)
2029	(1 232 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 232 \$)
2030	(1 176 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 176 \$)
2031	(1 122 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 122 \$)
2032	(1 072 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 072 \$)
2033	(1 019 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 019 \$)
2034	(972 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(972 \$)
2035	(928 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(928 \$)
2036	(890 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(890 \$)
2037	(851 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(851 \$)
2038	(825 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(825 \$)
2039	(805 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(805 \$)
2040	(789 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(789 \$)
2041	(759 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(759 \$)
2042	(729 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(729 \$)
2043	(700 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(700 \$)
2044	(671 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(671 \$)
2045	(644 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(644 \$)
2046	(617 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(617 \$)
2047	(593 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(593 \$)
2048	(570 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(570 \$)
2049	(548 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(548 \$)
2050	(524 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(524 \$)
2051	(15 698 \$)	(3 183 \$)	0 \$	(2 144 \$)	(21 025 \$)
2052	(415 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(415 \$)
2053	(399 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(399 \$)
2054	(115 812 \$)	(9 401 \$)	0 \$	0 \$	(125 214 \$)
2055	(299 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(299 \$)
2056	(287 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(287 \$)
2057	(273 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(273 \$)
2058	(263 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(263 \$)
2059	(252 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(252 \$)
2060	(241 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(241 \$)
2061	(231 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(231 \$)
2062	(222 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(222 \$)
2063	(212 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(212 \$)
2064	(203 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(203 \$)
<b>TOTAL</b>	<b>(177 905 \$)</b>	<b>(213 782 \$)</b>	<b>0 \$</b>	<b>(2 144 \$)</b>	<b>(393 830 \$)</b>

## Riprap

Année	Érosion	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(2 417 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 417 \$)
2016	(2 315 \$)	(624 482 \$)	0 \$	0 \$	(626 797 \$)
2017	(2 208 \$)	(200 154 \$)	0 \$	0 \$	(202 362 \$)
2018	0 \$	(5 132 163 \$)	0 \$	0 \$	(5 132 163 \$)
2019	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2020	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2021	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2022	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2023	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2024	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2025	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2026	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2027	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2028	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2029	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2030	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2031	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2032	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2033	0 \$	(1 302 403 \$)	0 \$	0 \$	(1 302 403 \$)
2034	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2035	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2036	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2037	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2038	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2039	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2040	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2041	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2042	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2043	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2044	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2045	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2046	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2047	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2048	0 \$	(361 589 \$)	0 \$	0 \$	(361 589 \$)
2049	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2050	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2051	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2052	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2053	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2054	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2055	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2056	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2057	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2058	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2059	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2060	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2061	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2062	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2063	0 \$	(150 583 \$)	0 \$	0 \$	(150 583 \$)
2064	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
<b>TOTAL</b>	<b>(6 941 \$)</b>	<b>(7 771 374 \$)</b>	<b>0 \$</b>	<b>0 \$</b>	<b>(7 778 315 \$)</b>

## Enrochement

Année	Érosion	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(2 417 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 417 \$)
2016	(2 315 \$)	(939 412 \$)	0 \$	0 \$	(941 727 \$)
2017	(2 208 \$)	(301 094 \$)	0 \$	0 \$	(303 301 \$)
2018	0 \$	(7 720 347 \$)	0 \$	0 \$	(7 720 347 \$)
2019	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2020	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2021	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2022	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2023	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2024	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2025	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2026	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2027	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2028	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2029	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2030	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2031	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2032	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2033	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2034	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2035	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2036	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2037	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2038	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2039	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2040	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2041	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2042	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2043	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2044	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2045	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2046	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2047	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2048	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2049	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2050	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2051	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2052	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2053	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2054	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2055	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2056	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2057	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2058	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2059	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2060	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2061	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2062	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2063	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2064	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
<b>TOTAL</b>	<b>(6 941 \$)</b>	<b>(8 960 852 \$)</b>	<b>0 \$</b>	<b>0 \$</b>	<b>(8 967 793 \$)</b>

## Relocalisation stratégique avec nouveau tracé de route

Année	Érosion	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(2 417 \$)	(2 014 000 \$)	0 \$	0 \$	(2 016 417 \$)
2016	(2 315 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 315 \$)
2017	(2 208 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 208 \$)
2018	(2 097 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 097 \$)
2019	(1 985 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 985 \$)
2020	(1 871 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 871 \$)
2021	(1 781 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 781 \$)
2022	(1 697 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 697 \$)
2023	(1 618 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 618 \$)
2024	(1 543 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 543 \$)
2025	(1 477 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 477 \$)
2026	(1 411 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 411 \$)
2027	(1 349 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 349 \$)
2028	(1 291 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 291 \$)
2029	(1 232 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 232 \$)
2030	(1 176 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 176 \$)
2031	(1 122 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 122 \$)
2032	(1 072 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 072 \$)
2033	(1 019 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 019 \$)
2034	(972 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(972 \$)
2035	(928 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(928 \$)
2036	(890 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(890 \$)
2037	(851 \$)	(50 619 \$)	(8 633 \$)	(3 712 \$)	(63 816 \$)
2038	(748 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(748 \$)
2039	(712 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(712 \$)
2040	(683 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(683 \$)
2041	(655 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(655 \$)
2042	(629 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(629 \$)
2043	(603 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(603 \$)
2044	(578 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(578 \$)
2045	(554 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(554 \$)
2046	(532 \$)	(51 476 \$)	(7 618 \$)	0 \$	(59 626 \$)
2047	(421 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(421 \$)
2048	(405 \$)	27 409 \$	0 \$	0 \$	27 005 \$
2049	(387 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(387 \$)
2050	(371 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(371 \$)
2051	(356 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(356 \$)
2052	(340 \$)	(24 136 \$)	(5 356 \$)	(6 544 \$)	(36 376 \$)
2053	(280 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(280 \$)
2054	(268 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(268 \$)
2055	(256 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(256 \$)
2056	(245 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(245 \$)
2057	(233 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(233 \$)
2058	(225 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(225 \$)
2059	(216 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(216 \$)
2060	(206 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(206 \$)
2061	(197 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(197 \$)
2062	(189 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(189 \$)
2063	(181 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(181 \$)
2064	(172 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(172 \$)
<b>TOTAL</b>	<b>(44 964 \$)</b>	<b>(2 112 822 \$)</b>	<b>(21 608 \$)</b>	<b>(10 256 \$)</b>	<b>(2 189 649 \$)</b>

## Relocalisation stratégique

Année	Érosion	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(2 417 \$)	(120 000 \$)	0 \$	0 \$	(122 417 \$)
2016	(2 315 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 315 \$)
2017	(2 208 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 208 \$)
2018	(2 097 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 097 \$)
2019	(1 985 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 985 \$)
2020	(1 871 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 871 \$)
2021	(1 781 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 781 \$)
2022	(1 697 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 697 \$)
2023	(1 618 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 618 \$)
2024	(1 543 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 543 \$)
2025	(1 477 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 477 \$)
2026	(1 411 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 411 \$)
2027	(1 349 \$)	(81 198 \$)	0 \$	0 \$	(82 547 \$)
2028	(1 291 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 291 \$)
2029	(1 232 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 232 \$)
2030	(1 176 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 176 \$)
2031	(1 122 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 122 \$)
2032	(1 072 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 072 \$)
2033	(1 019 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 019 \$)
2034	(972 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(972 \$)
2035	(928 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(928 \$)
2036	(890 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(890 \$)
2037	(851 \$)	(50 619 \$)	(8 633 \$)	(3 712 \$)	(63 816 \$)
2038	(748 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(748 \$)
2039	(712 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(712 \$)
2040	(683 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(683 \$)
2041	(655 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(655 \$)
2042	(629 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(629 \$)
2043	(603 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(603 \$)
2044	(578 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(578 \$)
2045	(554 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(554 \$)
2046	(532 \$)	(51 476 \$)	(7 618 \$)	0 \$	(59 626 \$)
2047	(421 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(421 \$)
2048	(405 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(405 \$)
2049	(387 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(387 \$)
2050	(371 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(371 \$)
2051	(356 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(356 \$)
2052	(340 \$)	(24 136 \$)	(5 356 \$)	(6 544 \$)	(36 376 \$)
2053	(280 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(280 \$)
2054	(268 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(268 \$)
2055	(256 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(256 \$)
2056	(245 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(245 \$)
2057	(233 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(233 \$)
2058	(225 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(225 \$)
2059	(216 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(216 \$)
2060	(206 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(206 \$)
2061	(197 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(197 \$)
2062	(189 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(189 \$)
2063	(181 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(181 \$)
2064	(172 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(172 \$)
<b>TOTAL</b>	<b>(44 964 \$)</b>	<b>(327 429 \$)</b>	<b>(21 608 \$)</b>	<b>(10 256 \$)</b>	<b>(404 256 \$)</b>

## SEGMENT PLAGE MUNICIPALE

### Option de non-intervention

Année	Érosion	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(1 358 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 358 \$)
2016	(1 301 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 301 \$)
2017	(1 244 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 244 \$)
2018	(1 191 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 191 \$)
2019	(1 142 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 142 \$)
2020	(1 096 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 096 \$)
2021	(1 051 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 051 \$)
2022	(1 008 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 008 \$)
2023	(968 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(968 \$)
2024	(929 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(929 \$)
2025	(893 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(893 \$)
2026	(858 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(858 \$)
2027	(824 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(824 \$)
2028	(793 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(793 \$)
2029	(762 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(762 \$)
2030	(734 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(734 \$)
2031	(298 571 \$)	(23 172 \$)	0 \$	(59 646 \$)	(381 388 \$)
2032	(519 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(519 \$)
2033	(498 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(498 \$)
2034	(480 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(480 \$)
2035	(462 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(462 \$)
2036	(445 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(445 \$)
2037	(429 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(429 \$)
2038	(413 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(413 \$)
2039	(397 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(397 \$)
2040	(383 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(383 \$)
2041	(369 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(369 \$)
2042	(356 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(356 \$)
2043	(342 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(342 \$)
2044	(329 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(329 \$)
2045	(316 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(316 \$)
2046	(304 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(304 \$)
2047	(292 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(292 \$)
2048	(281 \$)	(27 409 \$)	0 \$	0 \$	(27 690 \$)
2049	(268 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(268 \$)
2050	(258 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(258 \$)
2051	(249 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(249 \$)
2052	(239 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(239 \$)
2053	(229 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(229 \$)
2054	(221 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(221 \$)
2055	(211 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(211 \$)
2056	(203 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(203 \$)
2057	(194 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(194 \$)
2058	(189 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(189 \$)
2059	(177 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(177 \$)
2060	(171 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(171 \$)
2061	(163 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(163 \$)
2062	(157 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(157 \$)
2063	(153 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(153 \$)
2064	(145 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(145 \$)
<b>TOTAL</b>	<b>(324 565 \$)</b>	<b>(50 581 \$)</b>	<b>0 \$</b>	<b>(59 646 \$)</b>	<b>(434 792 \$)</b>

## Riprap

Année	Érosion	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(1 358 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 358 \$)
2016	(1 301 \$)	(390 240 \$)	0 \$	0 \$	(391 541 \$)
2017	(1 244 \$)	(125 077 \$)	0 \$	0 \$	(126 321 \$)
2018	0 \$	(1 603 550 \$)	0 \$	(70 318 \$)	(1 673 868 \$)
2019	0 \$	(48 508 \$)	0 \$	(67 614 \$)	(116 122 \$)
2020	0 \$	(46 643 \$)	0 \$	(65 013 \$)	(111 656 \$)
2021	0 \$	(44 849 \$)	0 \$	(62 513 \$)	(107 361 \$)
2022	0 \$	(43 124 \$)	0 \$	(60 108 \$)	(103 232 \$)
2023	0 \$	(41 465 \$)	0 \$	(57 797 \$)	(99 262 \$)
2024	0 \$	(39 870 \$)	0 \$	(55 574 \$)	(95 444 \$)
2025	0 \$	(38 337 \$)	0 \$	(53 436 \$)	(91 773 \$)
2026	0 \$	(36 862 \$)	0 \$	(51 381 \$)	(88 243 \$)
2027	0 \$	(35 444 \$)	0 \$	(49 405 \$)	(84 849 \$)
2028	0 \$	(34 081 \$)	0 \$	(47 505 \$)	(81 586 \$)
2029	0 \$	(32 770 \$)	0 \$	(45 677 \$)	(78 448 \$)
2030	0 \$	(31 510 \$)	0 \$	(43 921 \$)	(75 431 \$)
2031	0 \$	(30 298 \$)	0 \$	(42 231 \$)	(72 529 \$)
2032	0 \$	(29 133 \$)	0 \$	(40 607 \$)	(69 740 \$)
2033	0 \$	(390 366 \$)	0 \$	(39 045 \$)	(429 411 \$)
2034	0 \$	(26 935 \$)	0 \$	(37 544 \$)	(64 478 \$)
2035	0 \$	(25 899 \$)	0 \$	(36 100 \$)	(61 999 \$)
2036	0 \$	(24 903 \$)	0 \$	(34 711 \$)	(59 614 \$)
2037	0 \$	(23 945 \$)	0 \$	(33 376 \$)	(57 321 \$)
2038	0 \$	(23 024 \$)	0 \$	(32 092 \$)	(55 116 \$)
2039	0 \$	(22 139 \$)	0 \$	(30 858 \$)	(52 997 \$)
2040	0 \$	(21 287 \$)	0 \$	(29 671 \$)	(50 958 \$)
2041	0 \$	(20 468 \$)	0 \$	(28 530 \$)	(48 998 \$)
2042	0 \$	(19 681 \$)	0 \$	(27 433 \$)	(47 114 \$)
2043	0 \$	(18 924 \$)	0 \$	(26 378 \$)	(45 302 \$)
2044	0 \$	(18 196 \$)	0 \$	(25 363 \$)	(43 559 \$)
2045	0 \$	(17 496 \$)	0 \$	(24 388 \$)	(41 884 \$)
2046	0 \$	(16 823 \$)	0 \$	(23 450 \$)	(40 273 \$)
2047	0 \$	(16 176 \$)	0 \$	(22 548 \$)	(38 724 \$)
2048	0 \$	(116 155 \$)	0 \$	(21 680 \$)	(137 836 \$)
2049	0 \$	(14 956 \$)	0 \$	(20 847 \$)	(35 803 \$)
2050	0 \$	(14 381 \$)	0 \$	(20 045 \$)	(34 426 \$)
2051	0 \$	(13 828 \$)	0 \$	(19 274 \$)	(33 102 \$)
2052	0 \$	(13 296 \$)	0 \$	(18 533 \$)	(31 828 \$)
2053	0 \$	(12 784 \$)	0 \$	(17 820 \$)	(30 604 \$)
2054	0 \$	(12 293 \$)	0 \$	(17 134 \$)	(29 427 \$)
2055	0 \$	(11 820 \$)	0 \$	(16 475 \$)	(28 295 \$)
2056	0 \$	(11 365 \$)	0 \$	(15 842 \$)	(27 207 \$)
2057	0 \$	(10 928 \$)	0 \$	(15 232 \$)	(26 161 \$)
2058	0 \$	(10 508 \$)	0 \$	(14 647 \$)	(25 154 \$)
2059	0 \$	(10 104 \$)	0 \$	(14 083 \$)	(24 187 \$)
2060	0 \$	(9 715 \$)	0 \$	(13 542 \$)	(23 257 \$)
2061	0 \$	(9 341 \$)	0 \$	(13 021 \$)	(22 362 \$)
2062	0 \$	(8 982 \$)	0 \$	(12 520 \$)	(21 502 \$)
2063	0 \$	(50 532 \$)	0 \$	(12 038 \$)	(62 570 \$)
2064	0 \$	0 \$	0 \$	(11 575 \$)	(11 575 \$)
<b>TOTAL</b>	<b>(3 903 \$)</b>	<b>(3 669 013 \$)</b>	<b>0 \$</b>	<b>(1 538 894 \$)</b>	<b>(5 211 810 \$)</b>

## Enrochement

Année	Érosion	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(1 358 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 358 \$)
2016	(1 301 \$)	(261 363 \$)	0 \$	0 \$	(262 663 \$)
2017	(1 244 \$)	(83 770 \$)	0 \$	0 \$	(85 014 \$)
2018	0 \$	(2 147 950 \$)	0 \$	(140 637 \$)	(2 288 587 \$)
2019	0 \$	0 \$	0 \$	(135 228 \$)	(135 228 \$)
2020	0 \$	0 \$	0 \$	(130 027 \$)	(130 027 \$)
2021	0 \$	0 \$	0 \$	(125 026 \$)	(125 026 \$)
2022	0 \$	0 \$	0 \$	(120 217 \$)	(120 217 \$)
2023	0 \$	0 \$	0 \$	(115 593 \$)	(115 593 \$)
2024	0 \$	0 \$	0 \$	(111 147 \$)	(111 147 \$)
2025	0 \$	0 \$	0 \$	(106 872 \$)	(106 872 \$)
2026	0 \$	0 \$	0 \$	(102 762 \$)	(102 762 \$)
2027	0 \$	0 \$	0 \$	(98 810 \$)	(98 810 \$)
2028	0 \$	0 \$	0 \$	(95 009 \$)	(95 009 \$)
2029	0 \$	0 \$	0 \$	(91 355 \$)	(91 355 \$)
2030	0 \$	0 \$	0 \$	(87 841 \$)	(87 841 \$)
2031	0 \$	0 \$	0 \$	(84 463 \$)	(84 463 \$)
2032	0 \$	0 \$	0 \$	(81 214 \$)	(81 214 \$)
2033	0 \$	0 \$	0 \$	(78 091 \$)	(78 091 \$)
2034	0 \$	0 \$	0 \$	(75 087 \$)	(75 087 \$)
2035	0 \$	0 \$	0 \$	(72 199 \$)	(72 199 \$)
2036	0 \$	0 \$	0 \$	(69 422 \$)	(69 422 \$)
2037	0 \$	0 \$	0 \$	(66 752 \$)	(66 752 \$)
2038	0 \$	0 \$	0 \$	(64 185 \$)	(64 185 \$)
2039	0 \$	0 \$	0 \$	(61 716 \$)	(61 716 \$)
2040	0 \$	0 \$	0 \$	(59 342 \$)	(59 342 \$)
2041	0 \$	0 \$	0 \$	(57 060 \$)	(57 060 \$)
2042	0 \$	0 \$	0 \$	(54 865 \$)	(54 865 \$)
2043	0 \$	0 \$	0 \$	(52 755 \$)	(52 755 \$)
2044	0 \$	0 \$	0 \$	(50 726 \$)	(50 726 \$)
2045	0 \$	0 \$	0 \$	(48 775 \$)	(48 775 \$)
2046	0 \$	0 \$	0 \$	(46 899 \$)	(46 899 \$)
2047	0 \$	0 \$	0 \$	(45 095 \$)	(45 095 \$)
2048	0 \$	0 \$	0 \$	(43 361 \$)	(43 361 \$)
2049	0 \$	0 \$	0 \$	(41 693 \$)	(41 693 \$)
2050	0 \$	0 \$	0 \$	(40 090 \$)	(40 090 \$)
2051	0 \$	0 \$	0 \$	(38 548 \$)	(38 548 \$)
2052	0 \$	0 \$	0 \$	(37 065 \$)	(37 065 \$)
2053	0 \$	0 \$	0 \$	(35 640 \$)	(35 640 \$)
2054	0 \$	0 \$	0 \$	(34 269 \$)	(34 269 \$)
2055	0 \$	0 \$	0 \$	(32 951 \$)	(32 951 \$)
2056	0 \$	0 \$	0 \$	(31 683 \$)	(31 683 \$)
2057	0 \$	0 \$	0 \$	(30 465 \$)	(30 465 \$)
2058	0 \$	0 \$	0 \$	(29 293 \$)	(29 293 \$)
2059	0 \$	0 \$	0 \$	(28 166 \$)	(28 166 \$)
2060	0 \$	0 \$	0 \$	(27 083 \$)	(27 083 \$)
2061	0 \$	0 \$	0 \$	(26 041 \$)	(26 041 \$)
2062	0 \$	0 \$	0 \$	(25 040 \$)	(25 040 \$)
2063	0 \$	0 \$	0 \$	(24 077 \$)	(24 077 \$)
2064	0 \$	0 \$	0 \$	(23 151 \$)	(23 151 \$)
<b>TOTAL</b>	<b>(3 903 \$)</b>	<b>(2 493 083 \$)</b>	<b>0 \$</b>	<b>(3 077 787 \$)</b>	<b>(5 574 774 \$)</b>

## Recharge de plage avec butée

Année	Érosion	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(1 358 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 358 \$)
2016	(1 301 \$)	(1 050 721 \$)	0 \$	0 \$	(1 052 022 \$)
2017	(1 244 \$)	(336 770 \$)	0 \$	0 \$	(338 014 \$)
2018	0 \$	(8 632 155 \$)	0 \$	0 \$	(8 632 155 \$)
2019	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2020	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2021	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2022	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2023	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2024	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2025	0 \$	(2 135 796 \$)	0 \$	0 \$	(2 135 796 \$)
2026	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2027	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2028	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2029	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2030	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2031	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2032	0 \$	(649 212 \$)	0 \$	0 \$	(649 212 \$)
2033	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2034	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2035	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2036	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2037	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2038	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2039	0 \$	(493 348 \$)	0 \$	0 \$	(493 348 \$)
2040	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2041	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2042	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2043	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2044	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2045	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2046	0 \$	(374 904 \$)	0 \$	0 \$	(374 904 \$)
2047	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2048	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2049	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2050	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2051	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2052	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2053	0 \$	(284 896 \$)	0 \$	0 \$	(284 896 \$)
2054	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2055	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2056	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2057	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2058	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2059	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2060	0 \$	(216 498 \$)	0 \$	0 \$	(216 498 \$)
2061	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2062	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2063	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2064	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
<b>TOTAL</b>	<b>(3 903 \$)</b>	<b>(14 174 298 \$)</b>	<b>0 \$</b>	<b>0 \$</b>	<b>(14 178 201 \$)</b>

## Relocalisation stratégique

Année	Érosion	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(1 358 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 358 \$)
2016	(1 301 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 301 \$)
2017	(1 244 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 244 \$)
2018	(1 191 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 191 \$)
2019	(1 142 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 142 \$)
2020	(1 096 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 096 \$)
2021	(1 051 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 051 \$)
2022	(1 008 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 008 \$)
2023	(737 \$)	(126 874 \$)	(26 391 \$)	(81 629 \$)	(235 631 \$)
2024	(708 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(708 \$)
2025	(680 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(680 \$)
2026	(654 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(654 \$)
2027	(629 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(629 \$)
2028	(605 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(605 \$)
2029	(582 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(582 \$)
2030	(561 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(561 \$)
2031	(539 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(539 \$)
2032	(519 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(519 \$)
2033	(498 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(498 \$)
2034	(480 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(480 \$)
2035	(462 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(462 \$)
2036	(445 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(445 \$)
2037	(429 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(429 \$)
2038	(413 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(413 \$)
2039	(397 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(397 \$)
2040	(383 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(383 \$)
2041	(369 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(369 \$)
2042	(356 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(356 \$)
2043	(342 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(342 \$)
2044	(329 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(329 \$)
2045	(316 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(316 \$)
2046	(304 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(304 \$)
2047	(292 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(292 \$)
2048	(281 \$)	(27 409 \$)	0 \$	0 \$	(27 690 \$)
2049	(268 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(268 \$)
2050	(258 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(258 \$)
2051	(249 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(249 \$)
2052	(239 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(239 \$)
2053	(229 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(229 \$)
2054	(221 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(221 \$)
2055	(211 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(211 \$)
2056	(203 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(203 \$)
2057	(194 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(194 \$)
2058	(189 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(189 \$)
2059	(177 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(177 \$)
2060	(171 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(171 \$)
2061	(163 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(163 \$)
2062	(157 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(157 \$)
2063	(153 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(153 \$)
2064	(145 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(145 \$)
<b>TOTAL</b>	<b>(24 928 \$)</b>	<b>(154 283 \$)</b>	<b>(26 391 \$)</b>	<b>(81 629 \$)</b>	<b>(287 231 \$)</b>

## SEGMENT CENTRE-VILLE

### Option de non-intervention

Année	Érosion	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(10 113 \$)	0 \$	(564 442 \$)	(574 555 \$)
2016	(9 669 \$)	0 \$	(542 732 \$)	(552 401 \$)
2017	(9 247 \$)	0 \$	(521 858 \$)	(531 105 \$)
2018	(8 846 \$)	0 \$	(501 787 \$)	(510 633 \$)
2019	(8 460 \$)	0 \$	(482 487 \$)	(490 947 \$)
2020	(8 084 \$)	0 \$	(463 930 \$)	(472 014 \$)
2021	(7 721 \$)	0 \$	(446 086 \$)	(453 808 \$)
2022	(7 370 \$)	0 \$	(428 929 \$)	(436 299 \$)
2023	(7 011 \$)	0 \$	(412 432 \$)	(419 443 \$)
2024	(6 671 \$)	0 \$	(396 569 \$)	(403 240 \$)
2025	(6 666 \$)	0 \$	(381 317 \$)	(387 983 \$)
2026	(6 378 \$)	0 \$	(366 651 \$)	(373 029 \$)
2027	(6 104 \$)	0 \$	(352 549 \$)	(358 653 \$)
2028	(5 854 \$)	0 \$	(338 989 \$)	(344 843 \$)
2029	(5 611 \$)	0 \$	(325 951 \$)	(331 562 \$)
2030	(5 385 \$)	0 \$	(313 414 \$)	(318 799 \$)
2031	(5 166 \$)	0 \$	(301 360 \$)	(306 526 \$)
2032	(4 951 \$)	0 \$	(289 769 \$)	(294 721 \$)
2033	(4 758 \$)	0 \$	(278 624 \$)	(283 382 \$)
2034	(4 560 \$)	0 \$	(267 908 \$)	(272 468 \$)
2035	(4 375 \$)	(1 255 064 \$)	(257 604 \$)	(1 517 043 \$)
2036	(4 197 \$)	0 \$	(247 696 \$)	(251 893 \$)
2037	(4 031 \$)	0 \$	(238 169 \$)	(242 200 \$)
2038	(3 871 \$)	0 \$	(229 009 \$)	(232 880 \$)
2039	(3 711 \$)	0 \$	(220 201 \$)	(223 912 \$)
2040	(3 563 \$)	0 \$	(211 732 \$)	(215 295 \$)
2041	(3 422 \$)	0 \$	(203 588 \$)	(207 010 \$)
2042	(3 286 \$)	0 \$	(195 758 \$)	(199 043 \$)
2043	(3 155 \$)	0 \$	(188 229 \$)	(191 384 \$)
2044	(3 028 \$)	0 \$	(180 989 \$)	(184 017 \$)
2045	(2 908 \$)	0 \$	(174 028 \$)	(176 936 \$)
2046	(2 799 \$)	0 \$	(167 335 \$)	(170 133 \$)
2047	(2 694 \$)	0 \$	(160 899 \$)	(163 593 \$)
2048	(2 586 \$)	0 \$	(154 710 \$)	(157 296 \$)
2049	(2 488 \$)	0 \$	(148 760 \$)	(151 247 \$)
2050	(2 389 \$)	696 893 \$	(143 038 \$)	551 465 \$
2051	(2 296 \$)	0 \$	(137 537 \$)	(139 833 \$)
2052	(2 203 \$)	0 \$	(132 247 \$)	(134 450 \$)
2053	(2 117 \$)	0 \$	(127 160 \$)	(129 278 \$)
2054	(2 036 \$)	0 \$	(122 270 \$)	(124 305 \$)
2055	(1 957 \$)	0 \$	(117 567 \$)	(119 524 \$)
2056	(1 879 \$)	0 \$	(113 045 \$)	(114 924 \$)
2057	(1 811 \$)	0 \$	(108 697 \$)	(110 508 \$)
2058	(1 743 \$)	0 \$	(104 517 \$)	(106 259 \$)
2059	(1 674 \$)	0 \$	(100 497 \$)	(102 171 \$)
2060	(1 613 \$)	0 \$	(96 632 \$)	(98 244 \$)
2061	(1 551 \$)	0 \$	(92 915 \$)	(94 466 \$)
2062	(1 491 \$)	0 \$	(89 341 \$)	(90 832 \$)
2063	(1 432 \$)	0 \$	(85 905 \$)	(87 337 \$)
2064	(1 377 \$)	0 \$	(82 601 \$)	(83 978 \$)
<b>TOTAL</b>	<b>(216 307 \$)</b>	<b>(558 172 \$)</b>	<b>(12 610 457 \$)</b>	<b>(13 384 935 \$)</b>

## Riprap

Année	Érosion	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(10 113 \$)	0 \$	0 \$	(10 113 \$)
2016	(9 669 \$)	(952 111 \$)	0 \$	(961 780 \$)
2017	(9 247 \$)	(305 164 \$)	0 \$	(314 411 \$)
2018	0 \$	(7 824 713 \$)	0 \$	(7 824 713 \$)
2019	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2020	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2021	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2022	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2023	0 \$	(83 299 \$)	0 \$	(83 299 \$)
2024	0 \$	(26 698 \$)	0 \$	(26 698 \$)
2025	0 \$	(408 716 \$)	0 \$	(408 716 \$)
2026	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2027	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2028	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2029	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2030	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2031	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2032	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2033	0 \$	(1 985 698 \$)	0 \$	(1 985 698 \$)
2034	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2035	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2036	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2037	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2038	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2039	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2040	0 \$	(113 735 \$)	0 \$	(113 735 \$)
2041	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2042	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2043	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2044	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2045	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2046	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2047	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2048	0 \$	(551 294 \$)	0 \$	(551 294 \$)
2049	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2050	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2051	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2052	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2053	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2054	0 \$	(32 840 \$)	0 \$	(32 840 \$)
2055	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2056	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2057	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2058	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2059	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2060	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2061	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2062	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2063	0 \$	(229 585 \$)	0 \$	(229 585 \$)
2064	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
<b>TOTAL</b>	<b>(29 029 \$)</b>	<b>(12 513 854 \$)</b>	<b>0 \$</b>	<b>(12 542 883 \$)</b>

## Enrochement

Année	Érosion	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(10 113 \$)	0 \$	0 \$	(10 113 \$)
2016	(9 669 \$)	(1 432 267 \$)	0 \$	(1 441 936 \$)
2017	(9 247 \$)	(459 060 \$)	0 \$	(468 307 \$)
2018	0 \$	(11 770 767 \$)	0 \$	(11 770 767 \$)
2019	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2020	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2021	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2022	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2023	0 \$	(100 287 \$)	0 \$	(100 287 \$)
2024	0 \$	(32 143 \$)	0 \$	(32 143 \$)
2025	0 \$	(493 837 \$)	0 \$	(493 837 \$)
2026	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2027	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2028	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2029	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2030	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2031	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2032	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2033	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2034	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2035	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2036	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2037	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2038	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2039	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2040	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2041	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2042	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2043	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2044	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2045	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2046	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2047	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2048	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2049	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2050	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2051	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2052	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2053	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2054	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2055	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2056	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2057	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2058	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2059	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2060	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2061	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2062	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2063	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
2064	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$
<b>TOTAL</b>	<b>(29 029 \$)</b>	<b>(14 288 362 \$)</b>	<b>0 \$</b>	<b>(14 317 391 \$)</b>

## Relocalisation stratégique

Année	Érosion	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(10 113 \$)	0 \$	(564 442 \$)	(574 555 \$)
2016	(9 669 \$)	0 \$	(542 732 \$)	(552 401 \$)
2017	(9 247 \$)	0 \$	(521 858 \$)	(531 105 \$)
2018	(8 846 \$)	0 \$	(501 787 \$)	(510 633 \$)
2019	(8 460 \$)	0 \$	(482 487 \$)	(490 947 \$)
2020	(8 084 \$)	0 \$	(463 930 \$)	(472 014 \$)
2021	(7 721 \$)	0 \$	(446 086 \$)	(453 808 \$)
2022	(7 370 \$)	0 \$	(428 929 \$)	(436 299 \$)
2023	(7 011 \$)	0 \$	(412 432 \$)	(419 443 \$)
2024	(6 671 \$)	0 \$	(396 569 \$)	(403 240 \$)
2025	(6 666 \$)	0 \$	(381 317 \$)	(387 983 \$)
2026	(6 378 \$)	0 \$	(366 651 \$)	(373 029 \$)
2027	(6 104 \$)	0 \$	(352 549 \$)	(358 653 \$)
2028	(5 854 \$)	0 \$	(338 989 \$)	(344 843 \$)
2029	(5 611 \$)	0 \$	(325 951 \$)	(331 562 \$)
2030	(5 385 \$)	0 \$	(313 414 \$)	(318 799 \$)
2031	(5 166 \$)	0 \$	(301 360 \$)	(306 526 \$)
2032	(4 951 \$)	0 \$	(289 769 \$)	(294 721 \$)
2033	(4 758 \$)	0 \$	(278 624 \$)	(283 382 \$)
2034	(4 560 \$)	0 \$	(267 908 \$)	(272 468 \$)
2035	(4 375 \$)	(1 255 064 \$)	(257 604 \$)	(1 517 043 \$)
2036	(4 197 \$)	0 \$	(247 696 \$)	(251 893 \$)
2037	(4 031 \$)	0 \$	(238 169 \$)	(242 200 \$)
2038	(3 871 \$)	0 \$	(229 009 \$)	(232 880 \$)
2039	(3 711 \$)	0 \$	(220 201 \$)	(223 912 \$)
2040	(3 563 \$)	0 \$	(211 732 \$)	(215 295 \$)
2041	(3 422 \$)	0 \$	(203 588 \$)	(207 010 \$)
2042	(3 286 \$)	0 \$	(195 758 \$)	(199 043 \$)
2043	(3 155 \$)	0 \$	(188 229 \$)	(191 384 \$)
2044	(3 028 \$)	0 \$	(180 989 \$)	(184 017 \$)
2045	(2 908 \$)	0 \$	(174 028 \$)	(176 936 \$)
2046	(2 799 \$)	0 \$	(167 335 \$)	(170 133 \$)
2047	(2 694 \$)	0 \$	(160 899 \$)	(163 593 \$)
2048	(2 586 \$)	0 \$	(154 710 \$)	(157 296 \$)
2049	(2 488 \$)	0 \$	(148 760 \$)	(151 247 \$)
2050	(2 389 \$)	696 893 \$	(143 038 \$)	551 465 \$
2051	(2 296 \$)	(44 559 \$)	(137 537 \$)	(184 392 \$)
2052	(2 203 \$)	0 \$	(132 247 \$)	(134 450 \$)
2053	(2 117 \$)	0 \$	(127 160 \$)	(129 278 \$)
2054	(2 036 \$)	0 \$	(122 270 \$)	(124 305 \$)
2055	(1 957 \$)	0 \$	(117 567 \$)	(119 524 \$)
2056	(1 879 \$)	0 \$	(113 045 \$)	(114 924 \$)
2057	(1 811 \$)	0 \$	(108 697 \$)	(110 508 \$)
2058	(1 743 \$)	(20 644 \$)	(104 517 \$)	(126 904 \$)
2059	(1 674 \$)	0 \$	(100 497 \$)	(102 171 \$)
2060	(1 613 \$)	0 \$	(96 632 \$)	(98 244 \$)
2061	(1 551 \$)	0 \$	(92 915 \$)	(94 466 \$)
2062	(1 491 \$)	0 \$	(89 341 \$)	(90 832 \$)
2063	(1 432 \$)	0 \$	(85 905 \$)	(87 337 \$)
2064	(1 377 \$)	0 \$	(82 601 \$)	(83 978 \$)
<b>TOTAL</b>	<b>(216 307 \$)</b>	<b>(623 375 \$)</b>	<b>(12 610 457 \$)</b>	<b>(13 450 139 \$)</b>



**ANNEXE F**  
**COÛTS ANNUELS DES DIFFÉRENTES OPTIONS**  
**POUR LA PÉRIODE 2015-2064 POUR LE**  
**SECTEUR LA GRAVE**

## Option de non-intervention

Année	Érosion	Submersion	Dommages infrastructures	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(241 172 \$)	(74 778 \$)	(485 \$)	(32 226 \$)	(358 797 \$)	(176 694 \$)	(884 153 \$)
2016	(1 925 \$)	(71 902 \$)	(466 \$)	0 \$	(344 997 \$)	(77 914 \$)	(497 204 \$)
2017	(1 855 \$)	(69 136 \$)	(448 \$)	0 \$	(331 728 \$)	(74 918 \$)	(478 085 \$)
2018	(1 786 \$)	(66 477 \$)	(431 \$)	0 \$	(318 969 \$)	(72 036 \$)	(459 700 \$)
2019	(1 721 \$)	(63 921 \$)	(415 \$)	0 \$	(306 701 \$)	(69 266 \$)	(442 023 \$)
2020	(146 423 \$)	(59 204 \$)	(399 \$)	(15 174 \$)	(442 357 \$)	(139 216 \$)	(802 773 \$)
2021	(127 219 \$)	(55 389 \$)	(383 \$)	(12 798 \$)	(567 125 \$)	(165 882 \$)	(928 797 \$)
2022	(103 715 \$)	(51 421 \$)	(369 \$)	(14 111 \$)	(681 640 \$)	(190 290 \$)	(1 041 546 \$)
2023	(1 251 \$)	(49 444 \$)	(354 \$)	0 \$	(655 424 \$)	(148 021 \$)	(854 493 \$)
2024	(1 211 \$)	(47 542 \$)	(341 \$)	0 \$	(630 215 \$)	(142 328 \$)	(821 636 \$)
2025	(1 169 \$)	(45 713 \$)	(328 \$)	0 \$	(605 976 \$)	(136 854 \$)	(790 040 \$)
2026	(1 126 \$)	(43 955 \$)	(315 \$)	0 \$	(582 669 \$)	(131 590 \$)	(759 656 \$)
2027	(1 085 \$)	(42 265 \$)	(303 \$)	0 \$	(560 259 \$)	(126 529 \$)	(730 440 \$)
2028	(93 345 \$)	(39 722 \$)	(291 \$)	(16 145 \$)	(754 195 \$)	(227 781 \$)	(1 131 478 \$)
2029	(912 \$)	(38 194 \$)	(280 \$)	0 \$	(725 187 \$)	(163 777 \$)	(928 350 \$)
2030	(878 \$)	(36 725 \$)	(269 \$)	0 \$	(697 295 \$)	(157 478 \$)	(892 645 \$)
2031	(133 534 \$)	(31 359 \$)	(259 \$)	(26 918 \$)	(862 041 \$)	(245 759 \$)	(1 299 870 \$)
2032	(703 \$)	(30 153 \$)	(249 \$)	0 \$	(828 885 \$)	(187 196 \$)	(1 047 186 \$)
2033	(677 \$)	(28 993 \$)	(239 \$)	0 \$	(797 005 \$)	(179 996 \$)	(1 006 911 \$)
2034	(653 \$)	(27 878 \$)	(230 \$)	0 \$	(766 351 \$)	(173 073 \$)	(968 186 \$)
2035	(630 \$)	(44 282 \$)	(664 \$)	0 \$	(736 876 \$)	(166 416 \$)	(948 869 \$)
2036	(608 \$)	(42 579 \$)	(639 \$)	0 \$	(708 535 \$)	(160 016 \$)	(912 376 \$)
2037	(586 \$)	(40 941 \$)	(614 \$)	0 \$	(681 283 \$)	(153 861 \$)	(877 286 \$)
2038	(61 451 \$)	(38 635 \$)	(590 \$)	(10 250 \$)	(800 654 \$)	(219 633 \$)	(1 131 213 \$)
2039	(451 \$)	(37 149 \$)	(568 \$)	0 \$	(769 859 \$)	(173 865 \$)	(981 892 \$)
2040	(435 \$)	(35 720 \$)	(546 \$)	0 \$	(740 249 \$)	(167 178 \$)	(944 129 \$)
2041	(420 \$)	(34 346 \$)	(525 \$)	0 \$	(711 778 \$)	(160 748 \$)	(907 817 \$)
2042	(405 \$)	(33 025 \$)	(505 \$)	0 \$	(684 402 \$)	(154 566 \$)	(872 902 \$)
2043	(38 607 \$)	(31 084 \$)	(485 \$)	(5 886 \$)	(717 904 \$)	(178 083 \$)	(972 050 \$)
2044	(11 771 \$)	(29 707 \$)	(467 \$)	(2 423 \$)	(747 817 \$)	(184 225 \$)	(976 410 \$)
2045	(317 \$)	(28 564 \$)	(449 \$)	0 \$	(719 055 \$)	(162 392 \$)	(910 777 \$)
2046	(39 875 \$)	(23 362 \$)	(431 \$)	(6 289 \$)	(744 583 \$)	(182 337 \$)	(996 878 \$)
2047	(254 \$)	(22 464 \$)	(415 \$)	0 \$	(715 945 \$)	(161 690 \$)	(900 768 \$)
2048	(245 \$)	(21 600 \$)	(399 \$)	0 \$	(688 409 \$)	(155 471 \$)	(866 123 \$)
2049	(236 \$)	(20 769 \$)	(383 \$)	0 \$	(661 932 \$)	(149 491 \$)	(832 812 \$)
2050	(228 \$)	(19 970 \$)	(369 \$)	0 \$	(636 473 \$)	(143 741 \$)	(800 781 \$)
2051	(220 \$)	(19 202 \$)	(355 \$)	0 \$	(611 993 \$)	(138 213 \$)	(769 983 \$)
2052	(213 \$)	(18 464 \$)	(341 \$)	0 \$	(588 455 \$)	(132 897 \$)	(740 369 \$)
2053	(205 \$)	(17 754 \$)	(328 \$)	0 \$	(565 822 \$)	(127 786 \$)	(711 894 \$)
2054	(198 \$)	(17 071 \$)	(315 \$)	0 \$	(544 060 \$)	(122 871 \$)	(684 514 \$)
2055	(191 \$)	(24 912 \$)	(1 414 \$)	0 \$	(523 134 \$)	(118 145 \$)	(667 796 \$)
2056	(184 \$)	(23 954 \$)	(1 360 \$)	0 \$	(503 014 \$)	(113 601 \$)	(642 112 \$)
2057	(177 \$)	(23 032 \$)	(1 308 \$)	0 \$	(483 667 \$)	(109 232 \$)	(617 416 \$)
2058	(171 \$)	(22 147 \$)	(1 257 \$)	0 \$	(465 065 \$)	(105 030 \$)	(593 670 \$)
2059	(165 \$)	(21 295 \$)	(1 209 \$)	0 \$	(447 177 \$)	(100 991 \$)	(570 836 \$)
2060	(159 \$)	(20 476 \$)	(1 162 \$)	0 \$	(429 978 \$)	(97 107 \$)	(548 882 \$)
2061	(153 \$)	(19 688 \$)	(1 118 \$)	0 \$	(413 441 \$)	(93 372 \$)	(527 771 \$)
2062	(147 \$)	(18 931 \$)	(1 075 \$)	0 \$	(397 539 \$)	(89 780 \$)	(507 473 \$)
2063	(142 \$)	(18 203 \$)	(1 033 \$)	0 \$	(382 249 \$)	(86 327 \$)	(487 955 \$)
2064	(137 \$)	(17 503 \$)	(994 \$)	0 \$	(367 547 \$)	(83 007 \$)	(469 188 \$)
<b>TOTAL</b>	<b>(1 021 338 \$)</b>	<b>(1 761 000 \$)</b>	<b>(28 170 \$)</b>	<b>(142 221 \$)</b>	<b>(30 006 713 \$)</b>	<b>(7 178 671 \$)</b>	<b>(40 138 113 \$)</b>

## Recharge de plage en gravier

Année	Érosion	Submersion	Dommages infrastructures	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(241 172 \$)	(18 094 \$)	(485 \$)	0 \$	(358 797 \$)	(120 837 \$)	(739 386 \$)
2016	(1 925 \$)	(17 399 \$)	(466 \$)	(252 404 \$)	(344 997 \$)	(77 914 \$)	(695 105 \$)
2017	(1 855 \$)	(16 729 \$)	(448 \$)	(80 899 \$)	(331 728 \$)	(74 918 \$)	(506 577 \$)
2018	0 \$	(16 086 \$)	0 \$	(635 241 \$)	0 \$	24 152 \$	(627 176 \$)
2019	0 \$	(15 467 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	17 868 \$	2 400 \$
2020	0 \$	(14 872 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	17 180 \$	2 308 \$
2021	0 \$	(14 300 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	16 520 \$	2 219 \$
2022	0 \$	(13 750 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	15 884 \$	2 134 \$
2023	0 \$	(13 221 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	15 273 \$	2 052 \$
2024	0 \$	(12 713 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	14 686 \$	1 973 \$
2025	0 \$	(12 224 \$)	0 \$	(270 329 \$)	0 \$	14 121 \$	(268 432 \$)
2026	0 \$	(11 754 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	13 578 \$	1 824 \$
2027	0 \$	(11 302 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	13 056 \$	1 754 \$
2028	0 \$	(10 867 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	12 554 \$	1 687 \$
2029	0 \$	(10 449 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	12 071 \$	1 622 \$
2030	0 \$	(10 047 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	11 606 \$	1 559 \$
2031	0 \$	(9 661 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	11 160 \$	1 499 \$
2032	0 \$	(9 289 \$)	0 \$	(82 171 \$)	0 \$	10 731 \$	(80 730 \$)
2033	0 \$	(8 932 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	10 318 \$	1 386 \$
2034	0 \$	(8 588 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	9 921 \$	1 333 \$
2035	0 \$	(11 031 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	9 540 \$	(1 491 \$)
2036	0 \$	(10 606 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	9 173 \$	(1 434 \$)
2037	0 \$	(10 198 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	8 820 \$	(1 378 \$)
2038	0 \$	(9 806 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	8 481 \$	(1 325 \$)
2039	0 \$	(9 429 \$)	0 \$	(62 443 \$)	0 \$	8 155 \$	(63 718 \$)
2040	0 \$	(9 066 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	7 841 \$	(1 225 \$)
2041	0 \$	(8 718 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	7 539 \$	(1 178 \$)
2042	0 \$	(8 382 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	7 249 \$	(1 133 \$)
2043	0 \$	(8 060 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	6 971 \$	(1 089 \$)
2044	0 \$	(7 750 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	6 702 \$	(1 048 \$)
2045	0 \$	(7 452 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	6 445 \$	(1 007 \$)
2046	0 \$	(7 165 \$)	0 \$	(47 452 \$)	0 \$	6 197 \$	(48 420 \$)
2047	0 \$	(6 890 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	5 958 \$	(931 \$)
2048	0 \$	(6 625 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	5 729 \$	(895 \$)
2049	0 \$	(6 370 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	5 509 \$	(861 \$)
2050	0 \$	(6 125 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	5 297 \$	(828 \$)
2051	0 \$	(5 889 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	5 093 \$	(796 \$)
2052	0 \$	(5 663 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	4 897 \$	(765 \$)
2053	0 \$	(5 445 \$)	0 \$	(36 060 \$)	0 \$	4 709 \$	(36 795 \$)
2054	0 \$	(5 236 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	4 528 \$	(708 \$)
2055	0 \$	(6 282 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	4 354 \$	(1 929 \$)
2056	0 \$	(6 041 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	4 186 \$	(1 854 \$)
2057	0 \$	(5 808 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	4 025 \$	(1 783 \$)
2058	0 \$	(5 585 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	3 870 \$	(1 714 \$)
2059	0 \$	(5 370 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	3 722 \$	(1 649 \$)
2060	0 \$	(5 164 \$)	0 \$	(27 402 \$)	0 \$	3 578 \$	(28 987 \$)
2061	0 \$	(4 965 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	3 441 \$	(1 524 \$)
2062	0 \$	(4 774 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	3 309 \$	(1 466 \$)
2063	0 \$	(4 590 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	3 181 \$	(1 409 \$)
2064	0 \$	(4 414 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	3 059 \$	(1 355 \$)
<b>TOTAL</b>	<b>(244 952 \$)</b>	<b>(464 646 \$)</b>	<b>(1 400 \$)</b>	<b>(1 494 401 \$)</b>	<b>(1 035 522 \$)</b>	<b>138 569 \$</b>	<b>(3 102 352 \$)</b>

## Enrochement

Année	Érosion	Submersion	Dommmages infrastructures	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(241 172 \$)	(18 094 \$)	(485 \$)	0 \$	(358 797 \$)	(120 837 \$)	(739 386 \$)
2016	(1 925 \$)	(17 399 \$)	(466 \$)	(252 404 \$)	(344 997 \$)	(77 914 \$)	(695 105 \$)
2017	(1 855 \$)	(16 729 \$)	(448 \$)	(80 899 \$)	(331 728 \$)	(74 918 \$)	(506 577 \$)
2018	0 \$	(16 086 \$)	0 \$	(978 052 \$)	0 \$	(103 981 \$)	(1 098 120 \$)
2019	0 \$	(15 467 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(76 522 \$)	(91 989 \$)
2020	0 \$	(14 872 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(73 579 \$)	(88 451 \$)
2021	0 \$	(14 300 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(70 749 \$)	(85 049 \$)
2022	0 \$	(13 750 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(68 028 \$)	(81 778 \$)
2023	0 \$	(13 221 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(65 411 \$)	(78 633 \$)
2024	0 \$	(12 713 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(62 895 \$)	(75 608 \$)
2025	0 \$	(12 224 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(60 476 \$)	(72 700 \$)
2026	0 \$	(11 754 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(58 150 \$)	(69 904 \$)
2027	0 \$	(11 302 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(55 914 \$)	(67 215 \$)
2028	0 \$	(10 867 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(53 763 \$)	(64 630 \$)
2029	0 \$	(10 449 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(51 695 \$)	(62 144 \$)
2030	0 \$	(10 047 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(49 707 \$)	(59 754 \$)
2031	0 \$	(9 661 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(47 795 \$)	(57 456 \$)
2032	0 \$	(9 289 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(45 957 \$)	(55 246 \$)
2033	0 \$	(8 932 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(44 189 \$)	(53 121 \$)
2034	0 \$	(8 588 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(42 490 \$)	(51 078 \$)
2035	0 \$	(11 031 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(40 856 \$)	(51 886 \$)
2036	0 \$	(10 606 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(39 284 \$)	(49 891 \$)
2037	0 \$	(10 198 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(37 773 \$)	(47 972 \$)
2038	0 \$	(9 806 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(36 320 \$)	(46 127 \$)
2039	0 \$	(9 429 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(34 924 \$)	(44 353 \$)
2040	0 \$	(9 066 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(33 580 \$)	(42 647 \$)
2041	0 \$	(8 718 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(32 289 \$)	(41 006 \$)
2042	0 \$	(8 382 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(31 047 \$)	(39 429 \$)
2043	0 \$	(8 060 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(29 853 \$)	(37 913 \$)
2044	0 \$	(7 750 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(28 705 \$)	(36 455 \$)
2045	0 \$	(7 452 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(27 601 \$)	(35 052 \$)
2046	0 \$	(7 165 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(26 539 \$)	(33 704 \$)
2047	0 \$	(6 890 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(25 518 \$)	(32 408 \$)
2048	0 \$	(6 625 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(24 537 \$)	(31 162 \$)
2049	0 \$	(6 370 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(23 593 \$)	(29 963 \$)
2050	0 \$	(6 125 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(22 686 \$)	(28 811 \$)
2051	0 \$	(5 889 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(21 813 \$)	(27 702 \$)
2052	0 \$	(5 663 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(20 974 \$)	(26 637 \$)
2053	0 \$	(5 445 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(20 167 \$)	(25 613 \$)
2054	0 \$	(5 236 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(19 392 \$)	(24 627 \$)
2055	0 \$	(6 282 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(18 646 \$)	(24 928 \$)
2056	0 \$	(6 041 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(17 929 \$)	(23 969 \$)
2057	0 \$	(5 808 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(17 239 \$)	(23 048 \$)
2058	0 \$	(5 585 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(16 576 \$)	(22 161 \$)
2059	0 \$	(5 370 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(15 939 \$)	(21 309 \$)
2060	0 \$	(5 164 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(15 326 \$)	(20 489 \$)
2061	0 \$	(4 965 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(14 736 \$)	(19 701 \$)
2062	0 \$	(4 774 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(14 169 \$)	(18 943 \$)
2063	0 \$	(4 590 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(13 624 \$)	(18 215 \$)
2064	0 \$	(4 414 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(13 100 \$)	(17 514 \$)
<b>TOTAL</b>	<b>(244 952 \$)</b>	<b>(464 646 \$)</b>	<b>(1 400 \$)</b>	<b>(1 311 355 \$)</b>	<b>(1 035 522 \$)</b>	<b>(2 039 707 \$)</b>	<b>(5 097 581 \$)</b>

## Riprap

Année	Érosion	Submersion	Dommages infrastructures	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(241 172 \$)	(18 094 \$)	(485 \$)	0 \$	(358 797 \$)	(120 837 \$)	(739 386 \$)
2016	(1 925 \$)	(17 399 \$)	(466 \$)	(252 404 \$)	(344 997 \$)	(77 914 \$)	(695 105 \$)
2017	(1 855 \$)	(16 729 \$)	(448 \$)	(80 899 \$)	(331 728 \$)	(74 918 \$)	(506 577 \$)
2018	0 \$	(16 086 \$)	0 \$	(493 251 \$)	0 \$	(103 981 \$)	(613 318 \$)
2019	0 \$	(15 467 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(76 522 \$)	(91 989 \$)
2020	0 \$	(14 872 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(73 579 \$)	(88 451 \$)
2021	0 \$	(14 300 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(70 749 \$)	(85 049 \$)
2022	0 \$	(13 750 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(68 028 \$)	(81 778 \$)
2023	0 \$	(13 221 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(65 411 \$)	(78 633 \$)
2024	0 \$	(12 713 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(62 895 \$)	(75 608 \$)
2025	0 \$	(12 224 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(60 476 \$)	(72 700 \$)
2026	0 \$	(11 754 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(58 150 \$)	(69 904 \$)
2027	0 \$	(11 302 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(55 914 \$)	(67 215 \$)
2028	0 \$	(10 867 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(53 763 \$)	(64 630 \$)
2029	0 \$	(10 449 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(51 695 \$)	(62 144 \$)
2030	0 \$	(10 047 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(49 707 \$)	(59 754 \$)
2031	0 \$	(9 661 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(47 795 \$)	(57 456 \$)
2032	0 \$	(9 289 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(45 957 \$)	(55 246 \$)
2033	0 \$	(8 932 \$)	0 \$	(103 507 \$)	0 \$	(44 189 \$)	(156 628 \$)
2034	0 \$	(8 588 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(42 490 \$)	(51 078 \$)
2035	0 \$	(11 031 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(40 856 \$)	(51 886 \$)
2036	0 \$	(10 606 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(39 284 \$)	(49 891 \$)
2037	0 \$	(10 198 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(37 773 \$)	(47 972 \$)
2038	0 \$	(9 806 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(36 320 \$)	(46 127 \$)
2039	0 \$	(9 429 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(34 924 \$)	(44 353 \$)
2040	0 \$	(9 066 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(33 580 \$)	(42 647 \$)
2041	0 \$	(8 718 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(32 289 \$)	(41 006 \$)
2042	0 \$	(8 382 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(31 047 \$)	(39 429 \$)
2043	0 \$	(8 060 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(29 853 \$)	(37 913 \$)
2044	0 \$	(7 750 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(28 705 \$)	(36 455 \$)
2045	0 \$	(7 452 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(27 601 \$)	(35 052 \$)
2046	0 \$	(7 165 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(26 539 \$)	(33 704 \$)
2047	0 \$	(6 890 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(25 518 \$)	(32 408 \$)
2048	0 \$	(6 625 \$)	0 \$	(28 737 \$)	0 \$	(24 537 \$)	(59 898 \$)
2049	0 \$	(6 370 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(23 593 \$)	(29 963 \$)
2050	0 \$	(6 125 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(22 686 \$)	(28 811 \$)
2051	0 \$	(5 889 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(21 813 \$)	(27 702 \$)
2052	0 \$	(5 663 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(20 974 \$)	(26 637 \$)
2053	0 \$	(5 445 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(20 167 \$)	(25 613 \$)
2054	0 \$	(5 236 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(19 392 \$)	(24 627 \$)
2055	0 \$	(6 282 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(18 646 \$)	(24 928 \$)
2056	0 \$	(6 041 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(17 929 \$)	(23 969 \$)
2057	0 \$	(5 808 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(17 239 \$)	(23 048 \$)
2058	0 \$	(5 585 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(16 576 \$)	(22 161 \$)
2059	0 \$	(5 370 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(15 939 \$)	(21 309 \$)
2060	0 \$	(5 164 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(15 326 \$)	(20 489 \$)
2061	0 \$	(4 965 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(14 736 \$)	(19 701 \$)
2062	0 \$	(4 774 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(14 169 \$)	(18 943 \$)
2063	0 \$	(4 590 \$)	0 \$	(11 967 \$)	0 \$	(13 624 \$)	(30 182 \$)
2064	0 \$	(4 414 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(13 100 \$)	(17 514 \$)
<b>TOTAL</b>	<b>(244 952 \$)</b>	<b>(464 646 \$)</b>	<b>(1 400 \$)</b>	<b>(970 765 \$)</b>	<b>(1 035 522 \$)</b>	<b>(2 039 707 \$)</b>	<b>(4 756 991 \$)</b>

## Immunitisation et relocalisation stratégique

Année	Érosion	Submersion	Dommages infrastructures	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(241 172 \$)	(21 474 \$)	(485 \$)	(1 131 549 \$)	(358 797 \$)	(176 694 \$)	(1 930 172 \$)
2016	(1 925 \$)	(20 648 \$)	(466 \$)	0 \$	(344 997 \$)	(77 914 \$)	(445 951 \$)
2017	(1 855 \$)	(19 854 \$)	(448 \$)	0 \$	(331 728 \$)	(74 918 \$)	(428 803 \$)
2018	(1 786 \$)	(19 091 \$)	(431 \$)	0 \$	(318 969 \$)	(72 036 \$)	(412 313 \$)
2019	(1 721 \$)	(18 356 \$)	(415 \$)	0 \$	(306 701 \$)	(69 266 \$)	(396 459 \$)
2020	(146 423 \$)	(15 392 \$)	(399 \$)	(113 693 \$)	(442 357 \$)	(139 216 \$)	(857 481 \$)
2021	(127 219 \$)	(13 263 \$)	(383 \$)	(102 623 \$)	(567 125 \$)	(165 882 \$)	(976 495 \$)
2022	(103 715 \$)	(10 915 \$)	(369 \$)	(105 116 \$)	(681 640 \$)	(190 290 \$)	(1 092 045 \$)
2023	(1 251 \$)	(10 495 \$)	(354 \$)	0 \$	(655 424 \$)	(148 021 \$)	(815 545 \$)
2024	(1 211 \$)	(10 091 \$)	(341 \$)	0 \$	(630 215 \$)	(142 328 \$)	(784 186 \$)
2025	(1 169 \$)	(9 703 \$)	(328 \$)	0 \$	(605 976 \$)	(136 854 \$)	(754 030 \$)
2026	(1 126 \$)	(9 330 \$)	(315 \$)	0 \$	(582 669 \$)	(131 590 \$)	(725 031 \$)
2027	(1 085 \$)	(8 971 \$)	(303 \$)	0 \$	(560 259 \$)	(126 529 \$)	(697 147 \$)
2028	(93 345 \$)	(7 710 \$)	(291 \$)	(142 398 \$)	(754 195 \$)	(227 781 \$)	(1 225 719 \$)
2029	(912 \$)	(7 413 \$)	(280 \$)	0 \$	(725 187 \$)	(163 777 \$)	(897 568 \$)
2030	(878 \$)	(7 128 \$)	(269 \$)	0 \$	(697 295 \$)	(157 478 \$)	(863 048 \$)
2031	(133 534 \$)	(6 600 \$)	(259 \$)	(156 755 \$)	(862 041 \$)	(245 759 \$)	(1 404 948 \$)
2032	(703 \$)	(6 347 \$)	(249 \$)	0 \$	(828 885 \$)	(187 196 \$)	(1 023 380 \$)
2033	(677 \$)	(6 102 \$)	(239 \$)	0 \$	(797 005 \$)	(179 996 \$)	(984 020 \$)
2034	(653 \$)	(5 868 \$)	(230 \$)	0 \$	(766 351 \$)	(173 073 \$)	(946 175 \$)
2035	(630 \$)	(7 397 \$)	(664 \$)	(18 963 \$)	(736 876 \$)	(166 416 \$)	(930 947 \$)
2036	(608 \$)	(7 113 \$)	(639 \$)	0 \$	(708 535 \$)	(160 016 \$)	(876 910 \$)
2037	(586 \$)	(6 839 \$)	(614 \$)	0 \$	(681 283 \$)	(153 861 \$)	(843 184 \$)
2038	(61 451 \$)	(5 844 \$)	(590 \$)	(95 626 \$)	(800 654 \$)	(219 633 \$)	(1 183 798 \$)
2039	(451 \$)	(5 619 \$)	(568 \$)	0 \$	(769 859 \$)	(173 865 \$)	(950 363 \$)
2040	(435 \$)	(5 403 \$)	(546 \$)	0 \$	(740 249 \$)	(167 178 \$)	(913 812 \$)
2041	(420 \$)	(5 195 \$)	(525 \$)	0 \$	(711 778 \$)	(160 748 \$)	(878 667 \$)
2042	(405 \$)	(4 996 \$)	(505 \$)	0 \$	(684 402 \$)	(154 566 \$)	(844 873 \$)
2043	(38 607 \$)	(4 133 \$)	(485 \$)	(38 592 \$)	(717 904 \$)	(178 083 \$)	(977 804 \$)
2044	(11 771 \$)	(3 974 \$)	(467 \$)	(32 126 \$)	(747 817 \$)	(184 225 \$)	(980 380 \$)
2045	(317 \$)	(3 821 \$)	(449 \$)	0 \$	(719 055 \$)	(162 392 \$)	(886 033 \$)
2046	(39 875 \$)	(3 674 \$)	(431 \$)	(36 821 \$)	(744 583 \$)	(182 337 \$)	(1 007 721 \$)
2047	(254 \$)	(3 533 \$)	(415 \$)	0 \$	(715 945 \$)	(161 690 \$)	(881 837 \$)
2048	(245 \$)	(3 397 \$)	(399 \$)	0 \$	(688 409 \$)	(155 471 \$)	(847 920 \$)
2049	(236 \$)	(3 266 \$)	(383 \$)	0 \$	(661 932 \$)	(149 491 \$)	(815 308 \$)
2050	(228 \$)	(3 141 \$)	(369 \$)	0 \$	(636 473 \$)	(143 741 \$)	(783 951 \$)
2051	(220 \$)	(3 020 \$)	(355 \$)	0 \$	(611 993 \$)	(138 213 \$)	(753 800 \$)
2052	(212 \$)	(2 904 \$)	(341 \$)	0 \$	(588 455 \$)	(132 897 \$)	(724 809 \$)
2053	(205 \$)	(2 792 \$)	(328 \$)	0 \$	(565 822 \$)	(127 786 \$)	(696 932 \$)
2054	(197 \$)	(2 685 \$)	(315 \$)	0 \$	(544 060 \$)	(122 871 \$)	(670 128 \$)
2055	(190 \$)	(2 268 \$)	(1 414 \$)	(47 098 \$)	(523 134 \$)	(118 145 \$)	(692 249 \$)
2056	(184 \$)	(2 180 \$)	(1 360 \$)	0 \$	(503 014 \$)	(113 601 \$)	(620 338 \$)
2057	(177 \$)	(2 097 \$)	(1 308 \$)	0 \$	(483 667 \$)	(109 232 \$)	(596 480 \$)
2058	(171 \$)	(2 016 \$)	(1 257 \$)	0 \$	(465 065 \$)	(105 030 \$)	(573 539 \$)
2059	(164 \$)	(1 938 \$)	(1 209 \$)	0 \$	(447 177 \$)	(100 991 \$)	(551 480 \$)
2060	(158 \$)	(1 864 \$)	(1 162 \$)	0 \$	(429 978 \$)	(97 107 \$)	(530 269 \$)
2061	(153 \$)	(1 792 \$)	(1 118 \$)	0 \$	(413 441 \$)	(93 372 \$)	(509 875 \$)
2062	(147 \$)	(1 723 \$)	(1 075 \$)	0 \$	(397 539 \$)	(89 780 \$)	(490 265 \$)
2063	(142 \$)	(1 657 \$)	(1 033 \$)	0 \$	(382 249 \$)	(86 327 \$)	(471 409 \$)
2064	(137 \$)	(1 593 \$)	(994 \$)	0 \$	(367 547 \$)	(83 007 \$)	(453 278 \$)
<b>TOTAL</b>	<b>(1 021 334 \$)</b>	<b>(342 628 \$)</b>	<b>(28 170 \$)</b>	<b>(2 021 360 \$)</b>	<b>(30 006 713 \$)</b>	<b>(7 178 671 \$)</b>	<b>(40 598 876 \$)</b>



**ANNEXE G**  
**COÛTS ANNUELS DES DIFFÉRENTES OPTIONS**  
**POUR LA PÉRIODE 2015-2064 POUR LE**  
**SECTEUR GRANDE-ENTRÉE**

## Option de non-intervention

Année	Érosion	Submersion	Dommages infrastructures	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(73 656 \$)	(44 557 \$)	(2 500 \$)	(67 691 \$)	0 \$	(27 929 \$)	(216 333 \$)
2016	(404 \$)	(42 843 \$)	(2 404 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(45 651 \$)
2017	(430 \$)	(41 195 \$)	(2 311 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(43 936 \$)
2018	(445 \$)	(39 611 \$)	(2 222 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(42 279 \$)
2019	(5 910 \$)	(37 975 \$)	(2 137 \$)	(6 645 \$)	0 \$	(23 874 \$)	(76 540 \$)
2020	(414 \$)	(36 514 \$)	(2 055 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(38 984 \$)
2021	(57 527 \$)	(33 180 \$)	(1 976 \$)	(12 201 \$)	0 \$	(22 073 \$)	(126 957 \$)
2022	(256 \$)	(31 904 \$)	(1 900 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(34 060 \$)
2023	(231 \$)	(30 677 \$)	(1 827 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(32 735 \$)
2024	(240 \$)	(29 497 \$)	(1 756 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(31 494 \$)
2025	(257 \$)	(28 363 \$)	(1 689 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(30 309 \$)
2026	(262 \$)	(27 272 \$)	(1 624 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(29 158 \$)
2027	(253 \$)	(26 223 \$)	(1 561 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(28 037 \$)
2028	(243 \$)	(25 214 \$)	(1 501 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(26 959 \$)
2029	(233 \$)	(24 245 \$)	(1 444 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(25 921 \$)
2030	(220 \$)	(23 210 \$)	(1 388 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(33 818 \$)
2031	(34 131 \$)	(30 348 \$)	(1 335 \$)	(13 257 \$)	0 \$	(14 911 \$)	(93 983 \$)
2032	(123 \$)	(29 180 \$)	(1 283 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(30 587 \$)
2033	(14 387 \$)	(26 088 \$)	(1 234 \$)	(11 991 \$)	0 \$	(13 786 \$)	(67 486 \$)
2034	(65 \$)	(25 084 \$)	(1 187 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(26 336 \$)
2035	(66 \$)	(24 119 \$)	(1 141 \$)	(91 277 \$)	0 \$	0 \$	(116 604 \$)
2036	(77 \$)	(23 192 \$)	(1 097 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(24 366 \$)
2037	(98 \$)	(22 300 \$)	(1 055 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(23 452 \$)
2038	(82 \$)	(21 442 \$)	(1 014 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(22 539 \$)
2039	(78 \$)	(20 617 \$)	(975 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(21 671 \$)
2040	(77 \$)	(19 824 \$)	(938 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(20 839 \$)
2041	(83 \$)	(19 062 \$)	(902 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(20 046 \$)
2042	(113 \$)	(18 329 \$)	(867 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(19 309 \$)
2043	(163 \$)	(17 624 \$)	(834 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(18 621 \$)
2044	(210 \$)	(16 946 \$)	(802 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(17 958 \$)
2045	(239 \$)	(16 294 \$)	(771 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(17 304 \$)
2046	(272 \$)	(15 667 \$)	(741 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(16 681 \$)
2047	(324 \$)	(15 065 \$)	(713 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(16 102 \$)
2048	(26 237 \$)	(14 405 \$)	(685 \$)	(6 081 \$)	0 \$	(2 411 \$)	(49 819 \$)
2049	(359 \$)	(13 851 \$)	(659 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(14 868 \$)
2050	(361 \$)	(13 318 \$)	(634 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(14 313 \$)
2051	(357 \$)	(12 806 \$)	(609 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(13 772 \$)
2052	(351 \$)	(12 313 \$)	(586 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(13 250 \$)
2053	(346 \$)	(11 840 \$)	(563 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(12 749 \$)
2054	(342 \$)	(11 384 \$)	(542 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(12 268 \$)
2055	(335 \$)	(10 945 \$)	(521 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(11 801 \$)
2056	(331 \$)	(10 466 \$)	(501 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(11 298 \$)
2057	(327 \$)	(10 010 \$)	(481 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(10 811 \$)
2058	(11 074 \$)	(12 351 \$)	(463 \$)	(6 537 \$)	0 \$	(1 629 \$)	(32 054 \$)
2059	(299 \$)	(11 876 \$)	(445 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(12 620 \$)
2060	(291 \$)	(11 420 \$)	(428 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(12 139 \$)
2061	(283 \$)	(10 980 \$)	(412 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(11 675 \$)
2062	(280 \$)	(10 558 \$)	(396 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(11 234 \$)
2063	(278 \$)	(10 152 \$)	(380 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(10 811 \$)
2064	(279 \$)	(9 762 \$)	(366 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(10 406 \$)
<b>TOTAL</b>	<b>(233 702 \$)</b>	<b>(1 103 099 \$)</b>	<b>(55 854 \$)</b>	<b>(215 681 \$)</b>	<b>0 \$</b>	<b>(106 613 \$)</b>	<b>(1 714 948 \$)</b>

## Recharge de plage avec épis

Année	Érosion	Submersion	Dommages infrastructures	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(73 656 \$)	(35 209 \$)	(2 500 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(111 365 \$)
2016	(404 \$)	(33 855 \$)	(2 404 \$)	(1 600 313 \$)	0 \$	0 \$	(1 636 975 \$)
2017	(430 \$)	(32 553 \$)	(2 311 \$)	(512 921 \$)	0 \$	0 \$	(548 214 \$)
2018	0 \$	(31 301 \$)	0 \$	(9 863 859 \$)	0 \$	0 \$	(9 895 160 \$)
2019	0 \$	(30 097 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(30 097 \$)
2020	0 \$	(28 939 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(28 939 \$)
2021	0 \$	(27 826 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(27 826 \$)
2022	0 \$	(26 756 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(26 756 \$)
2023	0 \$	(25 727 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(25 727 \$)
2024	0 \$	(24 737 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(24 737 \$)
2025	0 \$	(23 786 \$)	0 \$	(1 634 490 \$)	0 \$	0 \$	(1 658 276 \$)
2026	0 \$	(22 871 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(22 871 \$)
2027	0 \$	(21 991 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(21 991 \$)
2028	0 \$	(21 146 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(21 146 \$)
2029	0 \$	(20 332 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(20 332 \$)
2030	0 \$	(19 550 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(19 550 \$)
2031	0 \$	(18 798 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(18 798 \$)
2032	0 \$	(18 075 \$)	0 \$	(496 831 \$)	0 \$	0 \$	(514 907 \$)
2033	0 \$	(17 380 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(17 380 \$)
2034	0 \$	(16 712 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(16 712 \$)
2035	0 \$	(21 659 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(21 659 \$)
2036	0 \$	(20 826 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(20 826 \$)
2037	0 \$	(20 025 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(20 025 \$)
2038	0 \$	(19 255 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(19 255 \$)
2039	0 \$	(18 514 \$)	0 \$	(377 551 \$)	0 \$	0 \$	(396 065 \$)
2040	0 \$	(17 802 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(17 802 \$)
2041	0 \$	(17 118 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(17 118 \$)
2042	0 \$	(16 459 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(16 459 \$)
2043	0 \$	(15 826 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(15 826 \$)
2044	0 \$	(15 218 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(15 218 \$)
2045	0 \$	(14 632 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(14 632 \$)
2046	0 \$	(14 069 \$)	0 \$	(286 908 \$)	0 \$	0 \$	(300 977 \$)
2047	0 \$	(13 528 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(13 528 \$)
2048	0 \$	(13 008 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(13 008 \$)
2049	0 \$	(12 508 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(12 508 \$)
2050	0 \$	(12 027 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(12 027 \$)
2051	0 \$	(11 564 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(11 564 \$)
2052	0 \$	(11 119 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(11 119 \$)
2053	0 \$	(10 692 \$)	0 \$	(218 026 \$)	0 \$	0 \$	(228 718 \$)
2054	0 \$	(10 280 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(10 280 \$)
2055	0 \$	(13 019 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(13 019 \$)
2056	0 \$	(12 518 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(12 518 \$)
2057	0 \$	(12 037 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(12 037 \$)
2058	0 \$	(11 574 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(11 574 \$)
2059	0 \$	(11 129 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(11 129 \$)
2060	0 \$	(10 701 \$)	0 \$	(165 682 \$)	0 \$	0 \$	(176 383 \$)
2061	0 \$	(10 289 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(10 289 \$)
2062	0 \$	(9 893 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(9 893 \$)
2063	0 \$	(9 513 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(9 513 \$)
2064	0 \$	(9 147 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(9 147 \$)
<b>TOTAL</b>	<b>(74 490 \$)</b>	<b>(913 591 \$)</b>	<b>(7 215 \$)</b>	<b>(15 156 580 \$)</b>	<b>0 \$</b>	<b>0 \$</b>	<b>(16 151 877 \$)</b>

## Enrochement

Année	Érosion	Submersion	Dommages infrastructures	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(73 656 \$)	(35 209 \$)	(2 500 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(111 365 \$)
2016	(404 \$)	(33 855 \$)	(2 404 \$)	(373 375 \$)	0 \$	0 \$	(410 038 \$)
2017	(430 \$)	(32 553 \$)	(2 311 \$)	(119 672 \$)	0 \$	0 \$	(154 965 \$)
2018	0 \$	(31 301 \$)	0 \$	(3 068 500 \$)	0 \$	0 \$	(3 099 801 \$)
2019	0 \$	(30 097 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(30 097 \$)
2020	0 \$	(28 939 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(28 939 \$)
2021	0 \$	(27 826 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(27 826 \$)
2022	0 \$	(26 756 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(26 756 \$)
2023	0 \$	(25 727 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(25 727 \$)
2024	0 \$	(24 737 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(24 737 \$)
2025	0 \$	(23 786 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(23 786 \$)
2026	0 \$	(22 871 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(22 871 \$)
2027	0 \$	(21 991 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(21 991 \$)
2028	0 \$	(21 146 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(21 146 \$)
2029	0 \$	(20 332 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(20 332 \$)
2030	0 \$	(19 550 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(19 550 \$)
2031	0 \$	(18 798 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(18 798 \$)
2032	0 \$	(18 075 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(18 075 \$)
2033	0 \$	(17 380 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(17 380 \$)
2034	0 \$	(16 712 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(16 712 \$)
2035	0 \$	(21 659 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(21 659 \$)
2036	0 \$	(20 826 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(20 826 \$)
2037	0 \$	(20 025 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(20 025 \$)
2038	0 \$	(19 255 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(19 255 \$)
2039	0 \$	(18 514 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(18 514 \$)
2040	0 \$	(17 802 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(17 802 \$)
2041	0 \$	(17 118 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(17 118 \$)
2042	0 \$	(16 459 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(16 459 \$)
2043	0 \$	(15 826 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(15 826 \$)
2044	0 \$	(15 218 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(15 218 \$)
2045	0 \$	(14 632 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(14 632 \$)
2046	0 \$	(14 069 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(14 069 \$)
2047	0 \$	(13 528 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(13 528 \$)
2048	0 \$	(13 008 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(13 008 \$)
2049	0 \$	(12 508 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(12 508 \$)
2050	0 \$	(12 027 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(12 027 \$)
2051	0 \$	(11 564 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(11 564 \$)
2052	0 \$	(11 119 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(11 119 \$)
2053	0 \$	(10 692 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(10 692 \$)
2054	0 \$	(10 280 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(10 280 \$)
2055	0 \$	(13 019 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(13 019 \$)
2056	0 \$	(12 518 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(12 518 \$)
2057	0 \$	(12 037 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(12 037 \$)
2058	0 \$	(11 574 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(11 574 \$)
2059	0 \$	(11 129 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(11 129 \$)
2060	0 \$	(10 701 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(10 701 \$)
2061	0 \$	(10 289 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(10 289 \$)
2062	0 \$	(9 893 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(9 893 \$)
2063	0 \$	(9 513 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(9 513 \$)
2064	0 \$	(9 147 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(9 147 \$)
<b>TOTAL</b>	<b>(74 490 \$)</b>	<b>(913 591 \$)</b>	<b>(7 215 \$)</b>	<b>(3 561 547 \$)</b>	<b>0 \$</b>	<b>0 \$</b>	<b>(4 556 843 \$)</b>

## Riprap

Année	Érosion	Submersion	Dommages infrastructures	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(73 656 \$)	(35 209 \$)	(2 500 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(111 365 \$)
2016	(404 \$)	(33 855 \$)	(2 404 \$)	(248 204 \$)	0 \$	0 \$	(284 867 \$)
2017	(430 \$)	(32 553 \$)	(2 311 \$)	(79 553 \$)	0 \$	0 \$	(114 846 \$)
2018	0 \$	(31 301 \$)	0 \$	(2 039 810 \$)	0 \$	0 \$	(2 071 111 \$)
2019	0 \$	(30 097 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(30 097 \$)
2020	0 \$	(28 939 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(28 939 \$)
2021	0 \$	(27 826 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(27 826 \$)
2022	0 \$	(26 756 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(26 756 \$)
2023	0 \$	(25 727 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(25 727 \$)
2024	0 \$	(24 737 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(24 737 \$)
2025	0 \$	(23 786 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(23 786 \$)
2026	0 \$	(22 871 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(22 871 \$)
2027	0 \$	(21 991 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(21 991 \$)
2028	0 \$	(21 146 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(21 146 \$)
2029	0 \$	(20 332 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(20 332 \$)
2030	0 \$	(19 550 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(19 550 \$)
2031	0 \$	(18 798 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(18 798 \$)
2032	0 \$	(18 075 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(18 075 \$)
2033	0 \$	(17 380 \$)	0 \$	(517 648 \$)	0 \$	0 \$	(535 028 \$)
2034	0 \$	(16 712 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(16 712 \$)
2035	0 \$	(21 659 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(21 659 \$)
2036	0 \$	(20 826 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(20 826 \$)
2037	0 \$	(20 025 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(20 025 \$)
2038	0 \$	(19 255 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(19 255 \$)
2039	0 \$	(18 514 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(18 514 \$)
2040	0 \$	(17 802 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(17 802 \$)
2041	0 \$	(17 118 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(17 118 \$)
2042	0 \$	(16 459 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(16 459 \$)
2043	0 \$	(15 826 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(15 826 \$)
2044	0 \$	(15 218 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(15 218 \$)
2045	0 \$	(14 632 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(14 632 \$)
2046	0 \$	(14 069 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(14 069 \$)
2047	0 \$	(13 528 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(13 528 \$)
2048	0 \$	(13 008 \$)	0 \$	(143 716 \$)	0 \$	0 \$	(156 724 \$)
2049	0 \$	(12 508 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(12 508 \$)
2050	0 \$	(12 027 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(12 027 \$)
2051	0 \$	(11 564 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(11 564 \$)
2052	0 \$	(11 119 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(11 119 \$)
2053	0 \$	(10 692 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(10 692 \$)
2054	0 \$	(10 280 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(10 280 \$)
2055	0 \$	(13 019 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(13 019 \$)
2056	0 \$	(12 518 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(12 518 \$)
2057	0 \$	(12 037 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(12 037 \$)
2058	0 \$	(11 574 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(11 574 \$)
2059	0 \$	(11 129 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(11 129 \$)
2060	0 \$	(10 701 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(10 701 \$)
2061	0 \$	(10 289 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(10 289 \$)
2062	0 \$	(9 893 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(9 893 \$)
2063	0 \$	(9 513 \$)	0 \$	(59 850 \$)	0 \$	0 \$	(69 363 \$)
2064	0 \$	(9 147 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(9 147 \$)
<b>TOTAL</b>	<b>(74 490 \$)</b>	<b>(913 591 \$)</b>	<b>(7 215 \$)</b>	<b>(3 088 781 \$)</b>	<b>0 \$</b>	<b>0 \$</b>	<b>(4 084 078 \$)</b>

## Relocalisation stratégique

Année	Érosion	Submersion	Dommmages infrastructures	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(384 \$)	(40 257 \$)	(2 500 \$)	(481 358 \$)	(9 936 \$)	(64 655 \$)	(599 090 \$)
2016	(404 \$)	(38 582 \$)	(2 404 \$)	(94 979 \$)	(497 \$)	(26 855 \$)	(163 721 \$)
2017	(430 \$)	(37 098 \$)	(2 311 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(39 839 \$)
2018	(445 \$)	(33 501 \$)	(2 222 \$)	(107 903 \$)	(4 698 \$)	(24 829 \$)	(173 598 \$)
2019	(405 \$)	(32 212 \$)	(2 137 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(34 755 \$)
2020	(414 \$)	(30 973 \$)	(2 055 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(33 443 \$)
2021	(272 \$)	(29 782 \$)	(1 976 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(32 030 \$)
2022	(256 \$)	(28 637 \$)	(1 900 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(30 792 \$)
2023	(231 \$)	(27 535 \$)	(1 827 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(29 593 \$)
2024	(240 \$)	(26 476 \$)	(1 756 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(28 473 \$)
2025	(257 \$)	(25 458 \$)	(1 689 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(27 404 \$)
2026	(262 \$)	(24 479 \$)	(1 624 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(26 365 \$)
2027	(253 \$)	(23 537 \$)	(1 561 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(25 352 \$)
2028	(243 \$)	(22 112 \$)	(1 501 \$)	(85 619 \$)	(1 209 \$)	(16 773 \$)	(127 458 \$)
2029	(233 \$)	(21 262 \$)	(1 444 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(22 938 \$)
2030	(220 \$)	(20 563 \$)	(1 388 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(21 971 \$)
2031	(117 \$)	(20 503 \$)	(1 335 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(27 955 \$)
2032	(123 \$)	(20 484 \$)	(1 283 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(26 890 \$)
2033	(72 \$)	(20 503 \$)	(1 234 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(25 809 \$)
2034	(65 \$)	(20 561 \$)	(1 187 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(24 813 \$)
2035	(66 \$)	(22 655 \$)	(1 141 \$)	(91 277 \$)	0 \$	0 \$	(115 139 \$)
2036	(77 \$)	(21 783 \$)	(1 097 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(22 957 \$)
2037	(98 \$)	(20 946 \$)	(1 055 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(22 098 \$)
2038	(82 \$)	(20 140 \$)	(1 014 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(21 237 \$)
2039	(78 \$)	(19 365 \$)	(975 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(20 419 \$)
2040	(77 \$)	(18 621 \$)	(938 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(19 635 \$)
2041	(83 \$)	(17 904 \$)	(902 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(18 889 \$)
2042	(113 \$)	(17 216 \$)	(867 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(18 196 \$)
2043	(163 \$)	(16 554 \$)	(834 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(17 551 \$)
2044	(210 \$)	(15 917 \$)	(802 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(16 929 \$)
2045	(239 \$)	(15 214 \$)	(771 \$)	(38 294 \$)	(333 \$)	(2 712 \$)	(57 563 \$)
2046	(272 \$)	(14 629 \$)	(741 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(15 642 \$)
2047	(324 \$)	(14 066 \$)	(713 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(15 103 \$)
2048	(339 \$)	(13 525 \$)	(685 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(14 550 \$)
2049	(359 \$)	(13 005 \$)	(659 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(14 023 \$)
2050	(361 \$)	(12 505 \$)	(634 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(13 500 \$)
2051	(357 \$)	(12 024 \$)	(609 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(12 990 \$)
2052	(351 \$)	(11 562 \$)	(586 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(12 499 \$)
2053	(346 \$)	(11 117 \$)	(563 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(12 026 \$)
2054	(342 \$)	(10 689 \$)	(542 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(11 573 \$)
2055	(335 \$)	(10 275 \$)	(521 \$)	(19 398 \$)	(271 \$)	(1 832 \$)	(35 907 \$)
2056	(331 \$)	(9 879 \$)	(501 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(13 861 \$)
2057	(327 \$)	(9 498 \$)	(481 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(13 336 \$)
2058	(305 \$)	(9 136 \$)	(463 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(12 814 \$)
2059	(299 \$)	(8 793 \$)	(445 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(12 326 \$)
2060	(291 \$)	(8 467 \$)	(428 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(11 857 \$)
2061	(283 \$)	(8 159 \$)	(412 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(11 403 \$)
2062	(280 \$)	(7 867 \$)	(396 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(10 973 \$)
2063	(278 \$)	(7 591 \$)	(380 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(10 560 \$)
2064	(279 \$)	(7 320 \$)	(366 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(10 165 \$)
<b>TOTAL</b>	<b>(12 673 \$)</b>	<b>(1 003 252 \$)</b>	<b>(55 854 \$)</b>	<b>(918 828 \$)</b>	<b>(16 943 \$)</b>	<b>(137 656 \$)</b>	<b>(2 145 206 \$)</b>