



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

ANALYSE COÛTS-AVANTAGES DES OPTIONS D'ADAPTATION EN ZONE CÔTIÈRE À *CARLETON-SUR-MER*

Rapport final
Mars 2016



Ressources naturelles Canada / Natural Resources Canada

Canada



ANALYSE COÛTS-AVANTAGES DES OPTIONS D'ADAPTATION EN ZONE CÔTIÈRE À CARLETON-SUR-MER

**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
Xavier Mercier, Ouranos
Guillaume Duff, Ouranos
François Morneau, Ouranos
Claude Desjarlais, Ouranos
Ursule Boyer-Villemaire, Ouranos
Sylvie Corbeil, AECOM
Travis Logan, Ouranos

Principaux collaborateurs :

Pascal Bernatchez, UQAR
Steeve Dugas, UQAR
Ville de Carleton-sur-Mer
Jean-Pierre Savard, Ouranos
Philippe Roy, Ouranos

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

Numéro de projet : 540010-000

Citation suggérée : Circé, M., Da Silva, L., Mercier, X., Duff, G., Boyer-Villemaire, U., Corbeil, S., Desjarlais, C. et Morneau F. (2016) Analyse coûts-avantages des options d'adaptation en zone côtière à Carleton-sur-Mer. Ouranos, Montréal. 169 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 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 ville de Carleton-sur-Mer et en particulier les membres du comité local d'orientation pour leur étroite collaboration. Un remerciement particulier à Danick Boulay, Samuel Landry et Karl Leblanc pour leur disponibilité et leur apport précieux au projet.

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), Rénaud 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) et Paul Gingras (MRC La Mitis).

Finalement, nous remercions toutes les organisations et firmes qui ont fourni des données essentielles à cette analyse, notamment la firme Pesca Environnement et la firme W.F. Baird & Associates Coastal Engineers.



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), celui-ci ayant 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 font l'objet d'analyses coûts-avantages (ACA) : Carleton-sur-Mer, Percé, Îles-de-la-Madeleine, Maria et de Kamouraska. Le

présent rapport s'intéresse au littoral de la ville de Carleton-sur-Mer située dans la baie des Chaleurs.

Comme plusieurs municipalités côtières au Québec, Carleton-sur-Mer subit déjà d'importants impacts liés aux changements climatiques qui se traduisent par la remontée du niveau marin, l'adoucissement hivernal et la perte du couvert de glace dans la baie des Chaleurs 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 les terres, les bâtiments et les infrastructures qui se trouvent en bord de mer.

Approche méthodologique

Cette étude vise à déterminer, en utilisant l'analyse coûts-avantages, les options d'adaptation les plus avantageuses pour protéger la zone côtière de Carleton-sur-Mer 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 de l'UQAR.

L'analyse coûts-avantages (ACA) consiste à comparer d'un point de vue économique l'ensemble des avantages et des coûts de différentes options d'adaptation techniquement réalisables. Pour cette analyse, deux indicateurs économiques ont été retenus afin de 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, les coûts de construction et d'entretien des différentes options. 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, c'est-à-dire pour l'ensemble de la Gaspésie.

Zone d'étude

Sise dans la baie des Chaleurs, la ville de Carleton-sur-Mer couvre une superficie de 244 km² dans la MRC d'Avignon. La ville actuelle est issue de la fusion, en 2000, des municipalités de St-Omer et de Carleton et compte environ 4 000 habitants.

La zone d'étude couvre la portion du littoral située entre le cœur de St-Omer et les Caps de Maria, sur une longueur totale de 29,9 km. Elle a été divisée en 8 segments selon les caractéristiques physiques de la côte et d'occupation du sol. Ces segments ont été regroupés en trois secteurs, soit les secteurs Banc St-Omer, Berthelot-Éperlan et Carleton Est, qui sont délimités à la figure A.

Options d'adaptation

Les options d'adaptation étudiées à Carleton-sur-Mer comprennent des structures côtières rigides (enrochement, digue, mur de béton), des structures côtières mobiles (recharge de plage avec ou sans épis, recharge de plage avec bio-ingénierie, dunes végétalisées), 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 qui ont été retenues pour l'analyse proviennent d'une étude réalisée pour Ouranos par la firme W.F. Baird & Associates Coastal Engineers (Baird). Compte tenu des différents paramètres biophysiques, géomorphologiques et océanographiques de la côte à Carleton-sur-Mer, Baird a identifié de façon préliminaire des ouvrages qui pourraient protéger le littoral de Carleton-sur-Mer contre des événements de 500 ans de récurrence.

Les principales conclusions relatives à chacun des segments sont exposées ci-dessous.

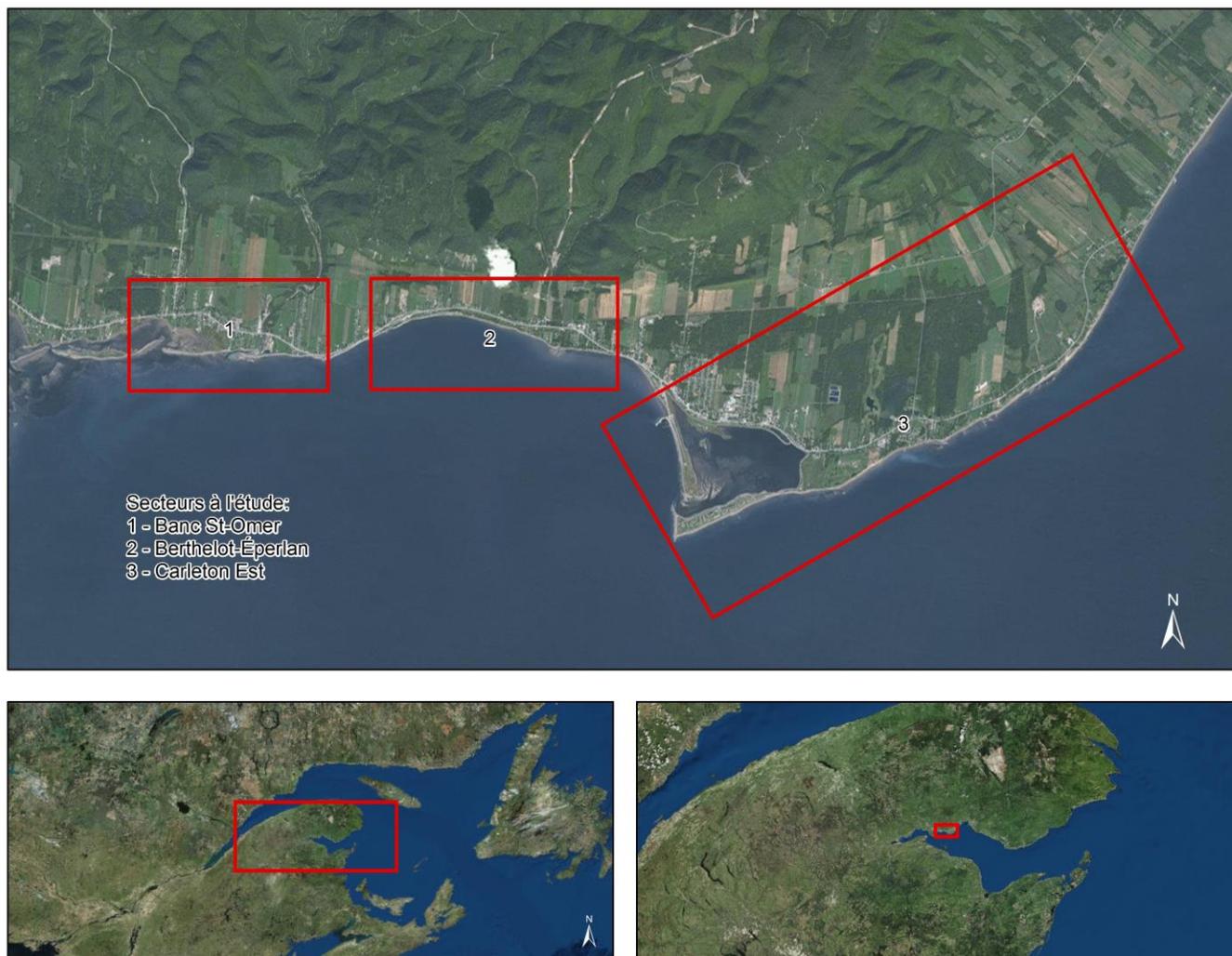


Figure A – Localisation de la zone d'étude et des 3 secteurs étudiés

Secteur Banc St-Omer

Le premier secteur étudié à Carleton-sur-Mer est celui du Banc St-Omer, qui s'étend sur une distance de 6,5 km, de la route Leblanc jusqu'à la route Beaulieu. Il comprend trois segments dont la problématique côtière diffère grandement : Banc St-Omer Ouest, Banc St-Omer Centre et Banc St-Omer Est. Les limites de ces segments sont présentées à la figure B.



Figure B – Limites des trois segments à l'étude du secteur Banc St-Omer

Le segment le plus à l'ouest, Banc St-Omer Ouest, est dominé par des flèches littorales et de basses falaises meubles. Près de 90 % de la côte est naturelle. Au cours des 50 prochaines années, on prévoit que 58 % de la côte sera en érosion, alors que 42 % sera stable ou en légère accrétion. Au total, 80 % de la côte sera aussi sujette à la submersion. Plusieurs résidences sont dotées d'ouvrages de protection contre l'érosion ou de remblais immunisant contre la submersion.

De par la protection qu'il assure, le banc de St-Omer permet le maintien d'un marais saumâtre abritant un écosystème diversifié et d'une grande valeur écologique. Le barachois de St-Omer est d'ailleurs désigné zone protégée par Environnement Canada.

Cet endroit accueille également de nombreux visiteurs qui y exercent des activités récréatives de toutes sortes. Dans la zone à l'arrière du barachois, on trouve plusieurs résidences et commerces, ainsi que le CLSC de St-Omer. Sur l'horizon à l'étude, on prévoit la formation d'une brèche dans la flèche en l'an 2017. Les bâtiments situés à l'arrière de la flèche seront ainsi davantage exposés aux aléas de submersion (82 bâtiments sur l'horizon temporel retenu) et d'érosion (1 bâtiment). Cette brèche implique également la perte du marais saumâtre et de l'accès à la flèche pour les visiteurs.

L'ACA indique que, si rien n'est fait, les dommages anticipés sont évalués à près de 5,9 M\$ à un taux d'actualisation de 4 % sur 50 ans. Près de 62 % de ces coûts sont dus à la perte d'usage de la flèche et 28 % aux dommages de submersion. Parmi les options d'adaptation étudiées, la recharge de sable est la plus avantageuse, permettant de générer un gain de près de 2,7 M\$ par rapport à la non-intervention.

Le segment Banc St-Omer Centre, d'une longueur d'environ 0,5 km, est compris entre la rue Caissy et la rivière Stewart. Il est constitué presque entièrement de terrasses de plage dont près de la moitié sont en érosion. Bien qu'il y ait peu de bâtiments à cet endroit, la totalité de la côte est sujette à des épisodes de submersion qui pourraient endommager certains bâtiments. Dans ce segment, les dommages des aléas côtiers sur une période de 50 ans atteindraient environ 724 000 \$. Près de 88 % de ces coûts sont dus à la submersion. L'immunisation combinée à la relocalisation stratégique des bâtiments constitue l'option d'adaptation la plus avantageuse sur ce segment bien que son avantage d'un peu plus de 20 000 \$ par rapport à la non-intervention soit faible.

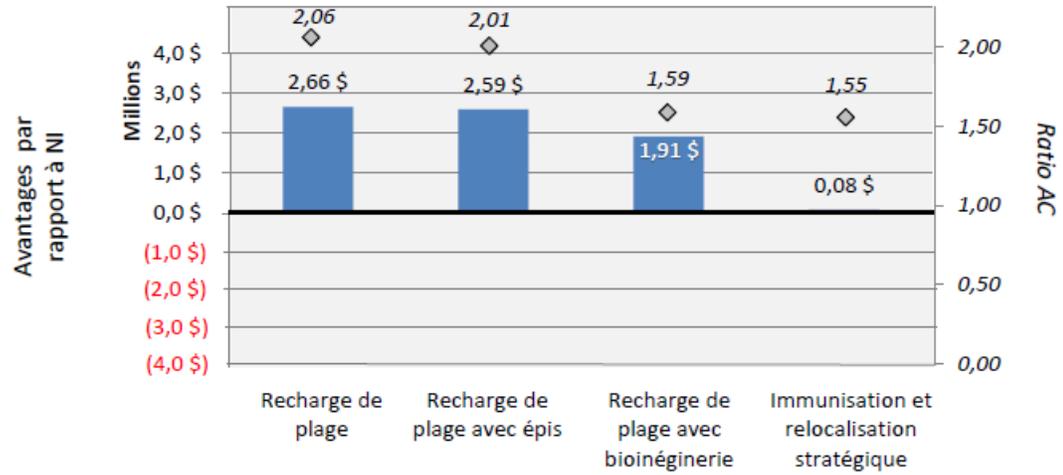
Le dernier segment de ce secteur, soit Banc St-Omer Est, s'étend de la rivière Stewart jusqu'à la route Beaulieu sur une distance d'un peu moins d'un kilomètre. La côte y est assez basse, composée de terrasses de plage (58 %) et de basses falaises meubles (29 %). Bien que les résidences ne soient pas exposées à l'érosion à court terme, le taux d'érosion probable dans cette zone, de même que le taux de recul événementiel des falaises et des terrasses de plage, entraîneront des dommages à moyen et long termes.

L'ACA indique que les dommages sur ce segment totaliseraient près de 160 000 \$ à un taux d'actualisation de 4 % sur 50 ans. L'érosion, qui affectera trois bâtiments, est

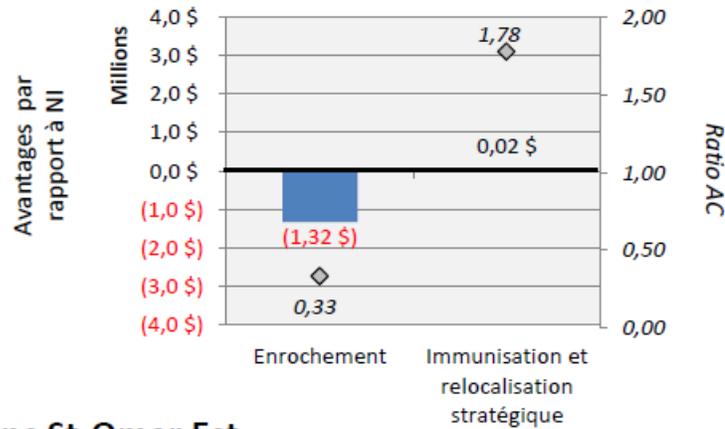
responsable d'un peu plus de 90 % de ces dommages. La relocalisation stratégique est l'option d'adaptation la plus avantageuse dans ce segment, bien qu'à nouveau, l'écart entre la VAN de cette option et celle de la non-intervention soit faible.

La figure C présente les résultats de l'ACA pour toutes les options d'adaptation étudiées dans le secteur Banc St-Omer.

Banc St-Omer Ouest



Banc St-Omer Centre



Banc St-Omer Est

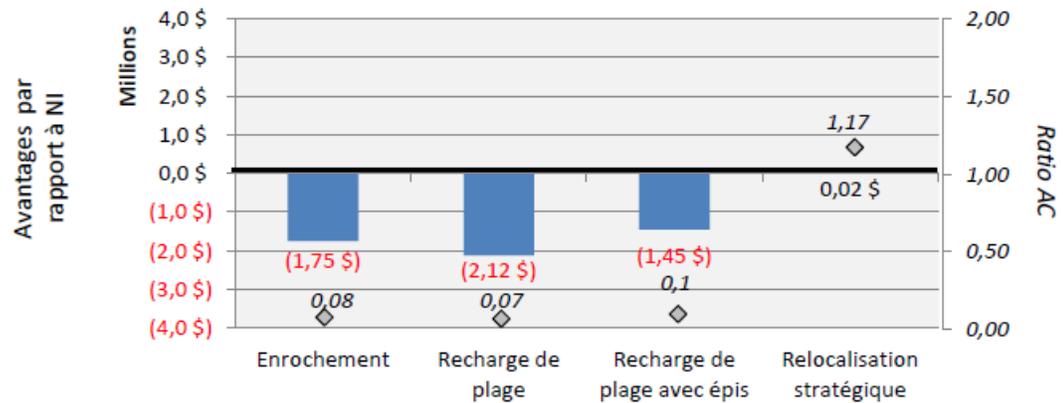


Figure C – Valeur actualisée nette et ratio avantages-coûts de chaque option d'adaptation étudiée par segment

Secteur Berthelot-Éperlan

Ce secteur s'étend sur 1,4 km entre la rue Berthelot et la rue Landry, jusqu'au point où cette dernière rejoint la côte. Le segment du corridor ferroviaire a été exclu, car une intervention pour protéger ce segment devrait s'inscrire dans une perspective de réhabilitation de l'ensemble de la voie ferrée. Ce secteur comprend deux segments, soit Rue Berthelot et Ruisseau de l'Éperlan dont les limites sont présentées à la figure D.



Figure D – Limites des deux segments à l'étude du secteur Berthelot-Éperlan

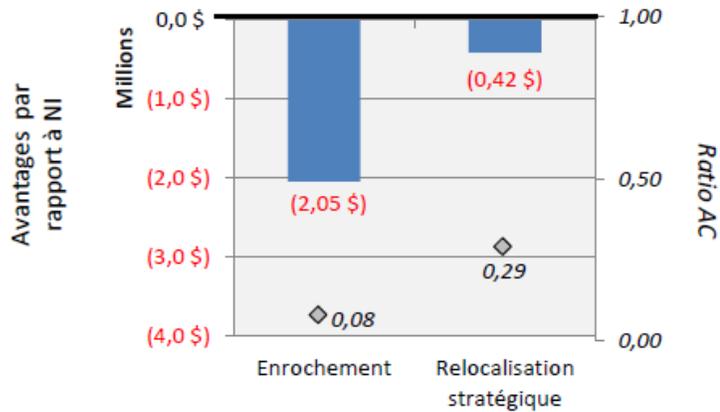
Le segment Rue Berthelot est confiné entre la route 132 et le chemin de fer. Formé de basses falaises meubles, il accueille un quartier résidentiel protégé par un enrochement en bon état de plusieurs mètres de haut. Celui-ci a permis de ralentir le recul de la côte, mais a entraîné la perte de la plage. Les vagues de tempêtes frappent avec force les ouvrages de protection qui pourraient éventuellement céder. Pour les 50 prochaines années, l'érosion menace 7 des 11 habitations de ce segment, mais aucun bâtiment n'est à risque de submersion.

Selon les résultats de l'ACA, les dommages sur ce segment atteindraient près de 200 000 \$, dont 14 % seraient liés à la perte physique de terrains et 54 % seraient dus aux coûts de démolition de 3 résidences. Sur ce segment, l'option de non-intervention implique de protéger la route d'accès de la route 132 à la rue Berthelot pour les résidents qui y vivent. L'option la moins coûteuse est la non-intervention, car les coûts de relocalisation excèdent les coûts de la perte des résidences exposées à l'érosion au cours des 50 prochaines années.

Le segment Ruisseau de l'Éperlan, quant à lui, s'étend sur un peu plus de 1 km entre le chemin de la Mer et la rue Landry. En son centre se trouve le delta du ruisseau, bordé d'une terrasse de plage, encadrée de part et d'autre de falaises meubles. Ce segment est à risque d'érosion (recul entre -0,24 et -0,35 m par année) et les deux tiers de sa côte sont artificialisés. À l'ouest du ruisseau de l'Éperlan, plusieurs chalets et roulottes sont installés sur le haut de la basse falaise meuble. À l'est, on retrouve des résidences principales exposées à l'érosion. Pour ce segment, l'ACA indique que les dommages actualisés pour les 50 prochaines années s'élèveraient à près de 300 000 \$. À l'instar du segment Rue Berthelot, toutes les options d'adaptation étudiées pour le segment Ruisseau de l'Éperlan sont plus coûteuses que la non-intervention.

La figure E présente les résultats de l'ACA pour les options d'adaptation étudiées dans les segments Rue Berthelot et Ruisseau de l'Éperlan.

Rue Berthelot



Ruisseau de l'Éperlan

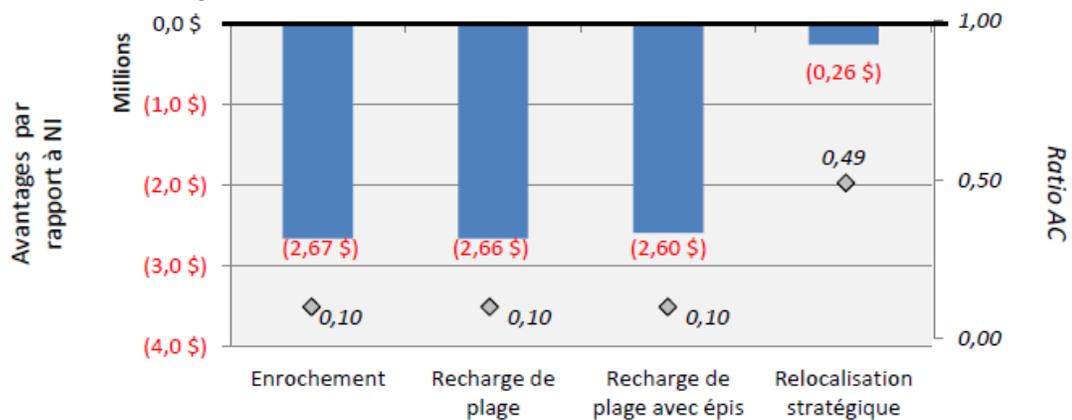


Figure E – Valeur actualisée nette par rapport à la non-intervention et ratio avantages-coûts de chaque option d'adaptation étudiée par segment

Secteur Carleton Est

Le secteur Carleton Est s'étend sur plus de 10,6 km au cœur de la municipalité de Carleton-sur-Mer. On y retrouve les infrastructures et services les plus importants. Ce secteur compte trois segments dont les dynamiques côtières sont très différentes : Plage municipale, Pédoncule et Caps de Maria. La figure F présente les limites de chacun de ces segments.



Figure F – Limites des trois segments à l'étude dans le secteur Carleton Est

À l'ouest, le segment Plage municipale, d'une longueur de près d'un kilomètre, s'étend de la rue de la Gare jusqu'au quai de Carleton. La plage municipale de Carleton est située sur une flèche littorale et est historiquement en accrétion, alimentée par les sédiments en provenance du ruisseau de l'Éperlan et des falaises meubles à proximité. Toutefois, les derniers 200 m de la plage avant le quai sont en érosion (-0,21 m/an) et la section précédant le quai est artificialisée.

Ce segment connaît des problèmes de submersion, lesquels proviennent tant du déferlement de l'eau en façade que de celui des vagues à l'est du quai. Sur un horizon de 50 ans, une trentaine de bâtiments et infrastructures localisés dans la portion ouest du segment seront touchés par les épisodes de submersion. La route menant au quai de Carleton est également sujette à la submersion, mais les épisodes de submersion ne sont pas suffisamment longs pour compromettre les activités qui dépendent de l'accès au quai et ainsi entraîner des pertes économiques.

Selon les résultats de l'ACA, les coûts de l'inaction sur l'horizon temporel considéré s'élèveraient à 6,1 M\$ dont 74 % seraient des dommages liés à la submersion. Parmi

les options d'adaptation étudiées sur ce segment, l'immunisation des bâtiments constitue l'option la plus avantageuse puisqu'elle offre un avantage net de 1,85 M\$ par rapport à la non-intervention.

Situé sur la flèche littorale du camping municipal le long du barchois de Carleton, le segment du Pédoncule s'étend sur 1 km, soit du début du pédoncule (zone plus mince de la flèche littorale) jusqu'à la courbe de la route du camping. Soumis à des aléas d'érosion et de submersion lors de tempêtes, les deux-tiers du segment sont artificialisés principalement par de l'enrochement et des murets de bois. Malgré l'apport de sédiments en provenance des caps de Maria, la dynamique côtière à cet endroit n'en permet pas l'accumulation.

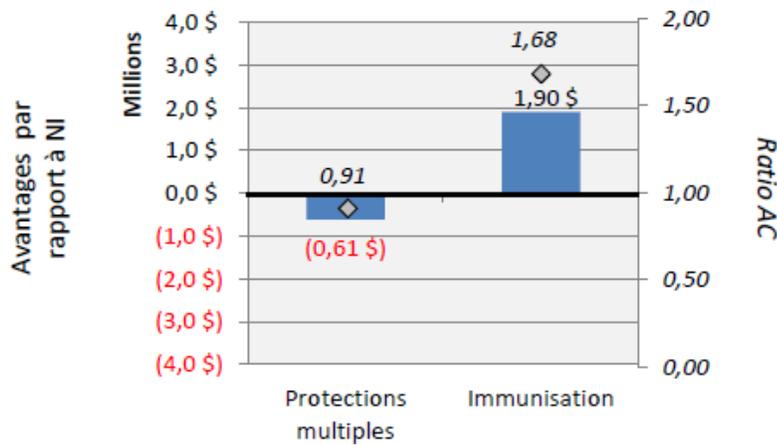
Si rien n'est fait, l'érosion pourrait gruger le pédoncule de la flèche vers 2040, ce qui empêcherait d'accéder au camping par la route et entraînerait la perte des revenus associés à cette activité. Les résultats de l'ACA montrent que les dommages actualisés à 4 % sur un horizon de 50 ans de l'inaction atteindraient 3,25 M\$ dans ce segment. Parmi les options d'adaptation étudiées, la recharge de plage avec épis constitue l'option la plus avantageuse, puisqu'elle offre un avantage net d'un peu plus de 1,24 M\$.

Le segment Caps de Maria, d'une longueur de 5,4 km, débute à l'avenue du Phare et prend fin à l'Auberge des Caps. Il est composé essentiellement de falaises meubles de 20 à 30 m de hauteur subissant une érosion variant entre -0,28 m et -0,69 m annuellement. Les sédiments ainsi générés contribuent à alimenter la flèche littorale du barchois de Carleton et sont donc essentiels pour ralentir la création d'une brèche dans le pédoncule du segment du même nom.

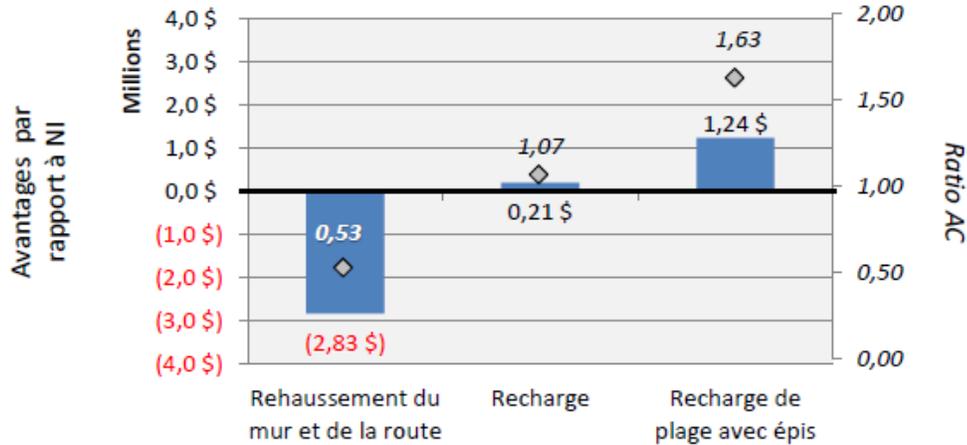
Sur l'horizon temporel d'étude, il est anticipé que l'érosion conduira à la perte d'une bande de terrain d'une largeur de 14 à 35 mètres, ce qui affectera une trentaine de résidences sises au sommet de ces falaises. Malgré ces pertes potentielles, les résultats de l'ACA indiquent que la non-intervention constitue l'option la moins coûteuse pour ce segment avec des coûts actualisés évalués à environ 1,54 M\$. La relocalisation stratégique à cet endroit engendrerait des coûts additionnels de 1,37 M\$.

La figure G présente les résultats de l'ACA pour toutes les options d'adaptation étudiées pour le secteur Carleton Est.

Plage municipale



Pédoncule



Caps de Maria Ouest

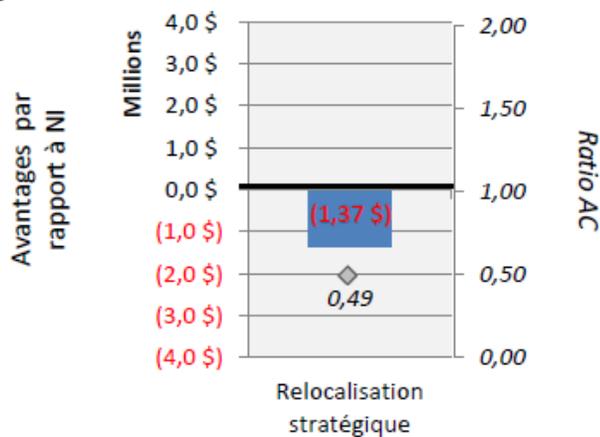


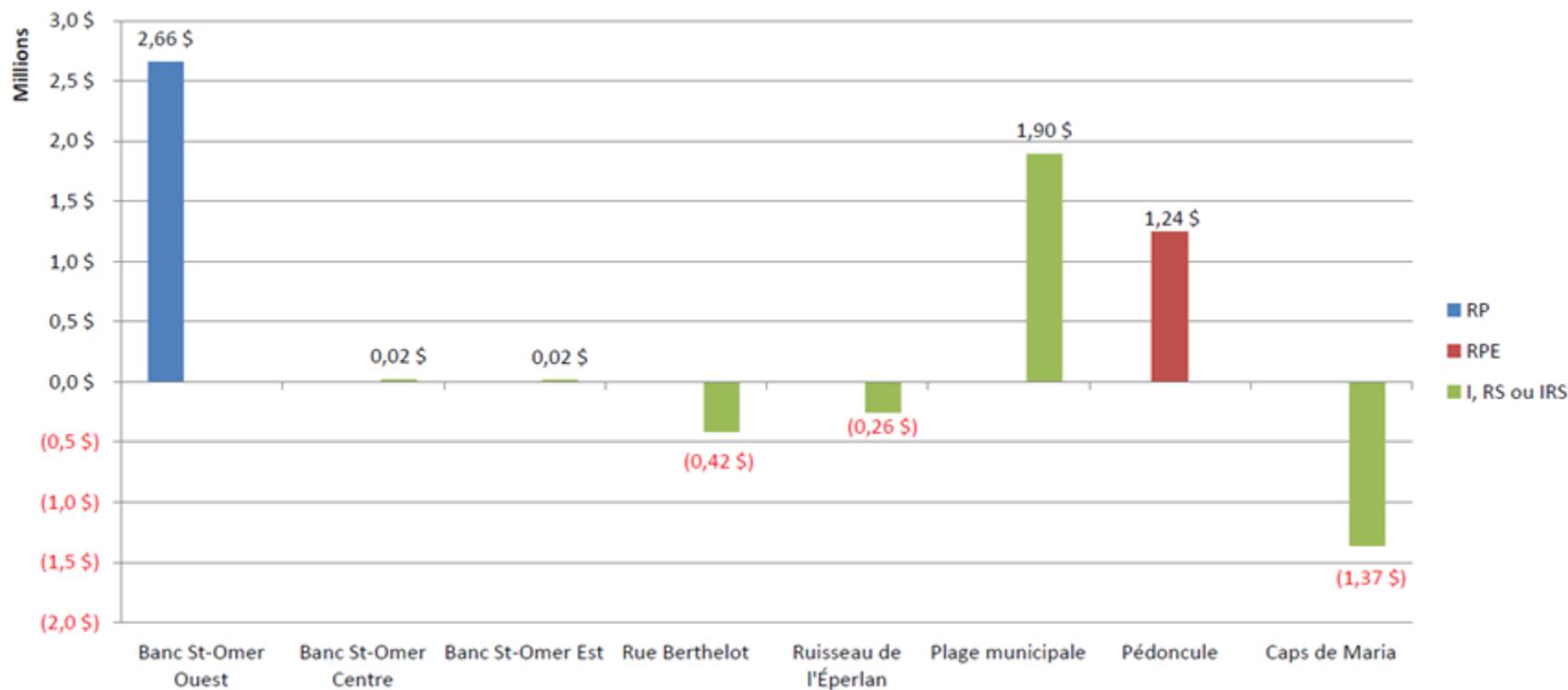
Figure G – Valeur actualisée nette par rapport à la non-intervention et ratio avantages-coûts de chaque option d'adaptation étudiée par segment

Conclusion

L'analyse coûts-avantages des options d'adaptation proposées pour éviter les dommages dus aux aléas côtiers sur le littoral de Carleton-sur-Mer 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 H permet, pour chacun des 8 segments à l'étude, de visualiser la valeur actualisée nette de la solution la plus avantageuse par rapport à l'option de non-intervention. Il est ainsi possible de constater que pour 3 segments, soit Rue Berthelot, Ruisseau de l'Éperlan et Caps de Maria, la non-intervention constitue la meilleure solution du point de vue économique. Pour les segments Banc St-Omer Ouest, Plage municipale et Pédoncule, la mise en place de différentes solutions, soit respectivement, la recharge de plage, l'immunisation des bâtiments et la recharge de plage avec épis est nettement préférable à la non-intervention. Pour les segments Banc St-Omer Centre et Banc St-Omer Est, les avantages nets de l'option la plus avantageuse (immunisation et/ou 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.

Les résultats de l'ACA sont principalement influencés par l'ampleur des dommages envisagés, par la valeur foncière des terrains et des propriétés à protéger, par l'utilisation du littoral, de même que par le coût des options d'adaptation proposées sur l'horizon temporel. Sur le littoral de Carleton-sur-Mer, le coût de mise en place de structures côtières rigides est de beaucoup supérieur à la valeur des dommages attendus. La mise en place de telles structures n'est donc pas justifiée d'un point de vue économique. Pour les segments Banc St-Omer Ouest et Pédoncule, où la valeur d'usage du littoral est importante, les structures côtières mobiles permettant de préserver cette valeur sont les plus avantageuses. Dans les cas où la valeur des bâtiments et des terrains affectés par les aléas est assez élevée, ce qui est le cas pour le segment Plage municipale et, dans une moindre mesure, pour les segments Banc St-Omer Centre et Est, la relocalisation et l'immunisation stratégique apparaissent comme des options d'adaptation plus avantageuses pour la société relativement à l'inaction.



Note : RP= Recharge de plage, RPE= Recharge de plage avec épis, I= immunisation, RS= relocalisation stratégique, IRS = I+RS

Figure H – Valeur actualisée nette de l'option d'adaptation la plus avantageuse par rapport à la non-intervention



TABLE DES MATIÈRES

- 1 INTRODUCTION.....1**
- 2 CONTEXTE DE L'ÉTUDE.....5**
 - 2.1 ZONE D'ÉTUDE5
 - 2.1.1 Localisation5
 - 2.1.2 Contexte socioéconomique8
 - 2.1.3 Contexte biophysique 10
 - 2.2 PROBLÉMATIQUE LIÉS AUX ALÉAS CÔTIERS..... 11
 - 2.2.1 Submersion..... 11
 - 2.2.2 Érosion..... 13
 - 2.3 PROCÉDURE DE SEGMENTATION ET DE SÉLECTION..... 15
- 3 MÉTHODOLOGIE..... 17**
 - 3.1 PROCESSUS CONSULTATIF 17
 - 3.2 ANALYSE HYDRODYNAMIQUE 19
 - 3.2.1 Hypothèses relatives à la submersion..... 20
 - 3.2.2 Hypothèses relatives à l'érosion 23
 - 3.3 ANALYSE ÉCONOMIQUE 25
 - 3.3.1 Identification des options d'adaptation 26
 - 3.3.2 Identification des impacts appréhendés 27
 - 3.3.3 Monétisation des impacts appréhendés 29
 - 3.3.4 Estimation des dommages causés par submersion 30
 - 3.3.5 Estimation des dommages causés par l'érosion 31
 - 3.3.6 Estimation du coût des options d'adaptation 31

3.3.7	Comparaison des coûts et des avantages	32
3.3.8	Analyse de sensibilité des résultats.....	34
4	SECTEUR BANC ST-OMER	35
4.1	DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SECTEUR.....	35
4.1.1	Segment Banc St-Omer Ouest.....	37
4.1.2	Segment Banc St-Omer Centre.....	38
4.1.3	Segment Banc St-Omer Est	39
4.1.4	Problématique.....	40
4.1.5	Option de non-intervention	42
4.1.6	Options d'adaptation	43
4.1.7	Impacts appréhendés	46
4.2	ESTIMATION MONÉTAIRE DES IMPACTS.....	48
4.2.1	Impacts liés à l'érosion et à la submersion.....	48
4.2.2	Impacts économiques.....	50
4.2.3	Impacts environnementaux.....	50
4.2.4	Impacts sociaux	51
4.2.5	Estimation du coût de la non-intervention et des options d'adaptation	53
4.3	ANALYSE COÛTS-AVANTAGES	55
4.3.1	Banc St-Omer Ouest	56
4.3.2	Banc St-Omer Centre	68
4.3.3	Banc St-Omer Est.....	75
4.4	CONCLUSION.....	82
5	SECTEUR BERTHELOT-ÉPERLAN	86
5.1	DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SECTEUR.....	86
5.1.1	Segment Rue Berthelot	88
5.1.2	Segment Ruisseau de l'Éperlan	88
5.1.3	Problématique.....	89
5.1.4	Option de non-intervention	91
5.1.5	Options d'adaptation	91
5.1.6	Impacts appréhendés	94
5.2	ESTIMATION MONÉTAIRE DES IMPACTS.....	95
5.2.1	Impacts liés à l'érosion	95
5.2.2	Impacts économiques.....	96
5.2.3	Impacts sociaux	97

5.2.4	Estimation du coût de la non-intervention et des options d'adaptation	97
5.3	ANALYSE COÛTS-AVANTAGES	99
5.3.1	Rue Berthelot	99
5.3.2	Ruisseau de l'Éperlan	105
5.4	CONCLUSION	112
6	SECTEUR CARLETON EST	114
6.1	DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SECTEUR	114
6.1.1	Plage municipale	116
6.1.2	Pédoncule	117
6.1.3	Caps de Maria	118
6.1.4	Problématique	119
6.1.5	Option de non-intervention	120
6.1.6	Options d'adaptation	121
6.1.7	Impacts appréhendés	125
6.2	ESTIMATION MONÉTAIRE DES IMPACTS	127
6.2.1	Impacts liés à l'érosion et à la submersion	127
6.2.2	Impacts économiques	130
6.2.3	Impacts sociaux	131
6.2.4	Estimation du coût de la non-intervention et des options d'adaptation	131
6.3	ANALYSE COÛTS-AVANTAGES	134
6.3.1	Plage municipale	134
6.3.2	Pédoncule	142
6.3.3	Caps de Maria	150
6.4	CONCLUSION	154
7	CONCLUSION	158
8	GLOSSAIRE	161
9	RÉFÉRENCES	165



LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 – Nombre et valeur des bâtiments compris dans la zone d'étude.....	10
Tableau 2.2 – Liste des segments à l'étude par secteur	16
Tableau 3.1 – Processus consultatif et rôle des comités.....	18
Tableau 3.2 – Résumé des hypothèses sous-tendant les probabilités de submersion pour Carleton-sur-Mer.....	21
Tableau 3.3 – Niveaux de submersion futurs sans jet de rive	23
Tableau 3.4 – Niveaux de submersion futurs avec jet de rive	23
Tableau 3.5 – Taux d'érosion fournis par l'UQAR pour Carleton-sur-Mer.....	24
Tableau 3.6 – Options d'adaptation étudiées pour chacun des secteurs et segments – Carleton-sur-Mer	27
Tableau 3.7 – Ensemble des impacts appréhendés à Carleton-sur-Mer	29
Tableau 4.1 – Options mises de l'avant pour chacun des segments du secteur Banc St-Omer .	43
Tableau 4.2 – Impacts appréhendés selon les options d'adaptation – secteur Banc St-Omer....	46
Tableau 4.3 – Coûts et avantages actualisés des options d'adaptation – Banc St-Omer Ouest.	61
Tableau 4.4 – Paramètres de l'analyse de sensibilité – Banc St-Omer Ouest.....	63
Tableau 4.5 – Analyse de sensibilité – Taux d'actualisation de 2 et 6 %	64
Tableau 4.6 – Analyse de sensibilité – Augmentation des niveaux d'eau extrêmes de 50 cm	66
Tableau 4.7 – Analyse de sensibilité – Ouverture de la flèche retardée à 2030	67
Tableau 4.8 – Option d'adaptation la plus avantageuse selon l'analyse de sensibilité – Banc St-Omer Ouest.....	68
Tableau 4.9 – Coûts et avantages actualisés des options d'adaptation – Banc St-Omer Centre	70
Tableau 4.10 – Paramètres de l'analyse de sensibilité – Banc St-Omer Centre	73
Tableau 4.11 – Analyse de sensibilité – Taux d'actualisation de 2 et 6 %	74
Tableau 4.12 – Analyse de sensibilité – Augmentation de 50 cm des niveaux d'eau extrêmes..	74

Tableau 4.13 – Option d’adaptation la plus avantageuse selon l’analyse de sensibilité – Banc St-Omer Centre	75
Tableau 4.14 – Coûts et avantages actualisés des options d’adaptation – Banc St-Omer Est .	79
Tableau 4.15 – Analyse de sensibilité – Taux d’actualisation de 2 et 6 %	82
Tableau 4.16 – Options d’adaptation les plus avantageuses dans les segments du secteur Banc St-Omer.....	85
Tableau 5.1 – Options considérées pour chacun des segments du secteur Berthelot-Éperlan...	91
Tableau 5.2 – Impacts appréhendés selon les options d’adaptation – Secteur Berthelot – Éperlan	94
Tableau 5.3 – Coûts et avantages actualisés des options d’adaptation – Rue Berthelot	102
Tableau 5.4 – Analyse de sensibilité - Taux d’actualisation de 2 % et 6 % – Rue Berthelot	104
Tableau 5.5 – Coûts et avantages actualisés des options d’adaptation – Ruisseau de l’Éperlan	108
Tableau 5.6 – Analyse de sensibilité - Taux d’actualisation de 2 % et 6 % – Ruisseau de l’Éperlan	111
Tableau 6.1 – Options d’adaptation proposées dans les segments du secteur Carleton Est	122
Tableau 6.2 – Impacts appréhendés selon les options d’adaptation – Secteur Carleton Est	125
Tableau 6.3 – Coûts et avantages actualisés des options d’adaptation –Plage municipale	136
Tableau 6.4 – Paramètres de l’analyse de sensibilité – Plage municipale.....	139
Tableau 6.5 – Analyse de sensibilité – Taux d’actualisation de 2 et 6 %	139
Tableau 6.6 – Analyse de sensibilité – Augmentation des niveaux d’eau extrêmes de 50 cm ..	141
Tableau 6.7 – Option d’adaptation la plus avantageuse selon l’analyse de sensibilité – Plage municipale	141
Tableau 6.8 – Coûts et avantages actualisés des options d’adaptation – Pédoncule	144
Tableau 6.9 Paramètres de l’analyse de sensibilité – Segment Pédoncule.....	147
Tableau 6.10 – Analyse de sensibilité – Taux d’actualisation de 2 et 6 %	148
Tableau 6.11 – Option d’adaptation la plus avantageuse selon l’analyse de sensibilité – Pédoncule	149
Tableau 6.12 – Coûts et avantages actualisés des options d’adaptation – Caps de Maria	151
Tableau 6.13 – Analyse de sensibilité – Taux d’actualisation de 2 et 6 %	154
Tableau 6.14 – Options d’adaptation les plus avantageuses dans les segments du secteur Carleton Est	157



LISTE DES FIGURES

Figure 2.1 – Carte de la zone d'étude et localisation des trois secteurs étudiés	7
Figure 2.2 – Vue de la plage municipale de Carleton-sur-Mer en 1897	9
Figure 2.3 – Paysage du district de Gaspé (1866)	9
Figure 2.4 – Submersion autour du barachois de Carleton en décembre 2010	12
Figure 2.5 – Effets de l'érosion à long terme : les falaises meubles de St-Omer (rue Berthelot) vue des caps de Carleton en 1940 (a) et en 2009 (b)	14
Figure 4.1 – Localisation du secteur Banc St-Omer et des trois segments à l'étude.....	36
Figure 4.2 – Localisation et zone d'érosion d'ici 2065 – Banc St-Omer Ouest	38
Figure 4.3 – Localisation et zone d'érosion d'ici 2065 – Banc St-Omer Centre	39
Figure 4.4 – Localisation et zone d'érosion d'ici 2065 – Banc St-Omer Est.....	40
Figure 4.5 – Étendue du refuge d'oiseaux migrateurs de St-Omer.....	41
Figure 4.6 – Coupe-type de l'enrochement	44
Figure 4.7 – Coupe-type d'une recharge de plage avec épis.....	44
Figure 4.8 – Ventilation des coûts et avantages par option – Banc St-Omer Ouest.....	60
Figure 4.9 – Somme actualisée des avantages nets par rapport à la non-intervention entre 2015 et 2064 – Banc St-Omer Ouest.....	63
Figure 4.10 – Ventilation des coûts et avantages par option – Banc St-Omer Centre.....	71
Figure 4.11 – Somme actualisée des avantages nets par rapport à la non-intervention entre 2015 et 2064 – Banc St-Omer Centre	72
Figure 4.12 – Ventilation des coûts et avantages par option – Banc St-Omer Est	80
Figure 4.13 – Somme actualisée des avantages nets par rapport à la non-intervention entre 2015 et 2064 – Banc St-Omer Est	81
Figure 4.14 – Synthèse des avantages sur la non-intervention et des ratios avantages-coûts des options d'adaptation étudiées – Secteur Banc St-Omer.....	84
Figure 5.1 – Localisation du secteur Berthelot-Éperlan et des segments à l'étude	87

Figure 5.2 – Localisation et zone d'érosion d'ici 2065 – Rue Berthelot.....	88
Figure 5.3 – Localisation et zone d'érosion d'ici 2065 – Ruisseau de l'Éperlan	89
Figure 5.4 – Coupe-type d'un enrochement	92
Figure 5.5 – Coupe-type d'une recharge de plage avec épis.....	93
Figure 5.6 – Ventilation des coûts et avantages par option – Rue Berthelot	102
Figure 5.7 – Somme actualisée des avantages nets par rapport à la non-intervention entre 2015 et 2064 – Rue Berthelot	103
Figure 5.8 – Ventilation des coûts et avantages par option – Ruisseau de l'Éperlan	109
Figure 5.9 – Somme actualisée des avantages nets par rapport à la non-intervention entre 2015 et 2064 – Segment Ruisseau de l'Éperlan.	110
Figure 5.10 – Synthèse des avantages sur la non-intervention et des ratios avantages-coûts des options d'adaptation étudiées – Secteur Berthelot-Éperlan	113
Figure 6.1 – Localisation du secteur Carleton Est et des trois segments à l'étude.....	115
Figure 6.2 – Localisation et zone d'érosion d'ici 2065 – Plage municipale	116
Figure 6.3 – Localisation et zone d'érosion d'ici 2065 – Pédoncule.....	117
Figure 6.4 – Localisation et zone d'érosion d'ici 2065 – Caps de Maria	119
Figure 6.5 – Coupe-type d'une recharge de plage avec épis.....	123
Figure 6.6 – Protections multiples dans le segment Plage municipale	124
Figure 6.7 – Ventilation des coûts et avantages par option – Plage municipale	137
Figure 6.8 – Somme actualisée des avantages nets par rapport à la non-intervention entre 2015 et 2064 – Plage municipale.....	138
Figure 6.9 – Ventilation des coûts et avantages par option – Pédoncule	145
Figure 6.10 – Somme actualisée des avantages nets par rapport à la non-intervention entre 2015 et 2064 – Pédoncule	146
Figure 6.11 – Ventilation des coûts et avantages par option d'adaptation – Caps de Maria	152
Figure 6.12 – Somme actualisée des avantages nets par rapport à la non-intervention entre 2015 et 2064 – Caps de Maria.....	153
Figure 6.13 – Synthèse des avantages sur la non-intervention et des ratios avantages-coûts des options d'adaptation étudiées – Secteur Carleton Est.....	156
Figure 7.1 – Valeur actualisée nette de l'option d'adaptation la plus avantageuse par rapport à la non-intervention	160



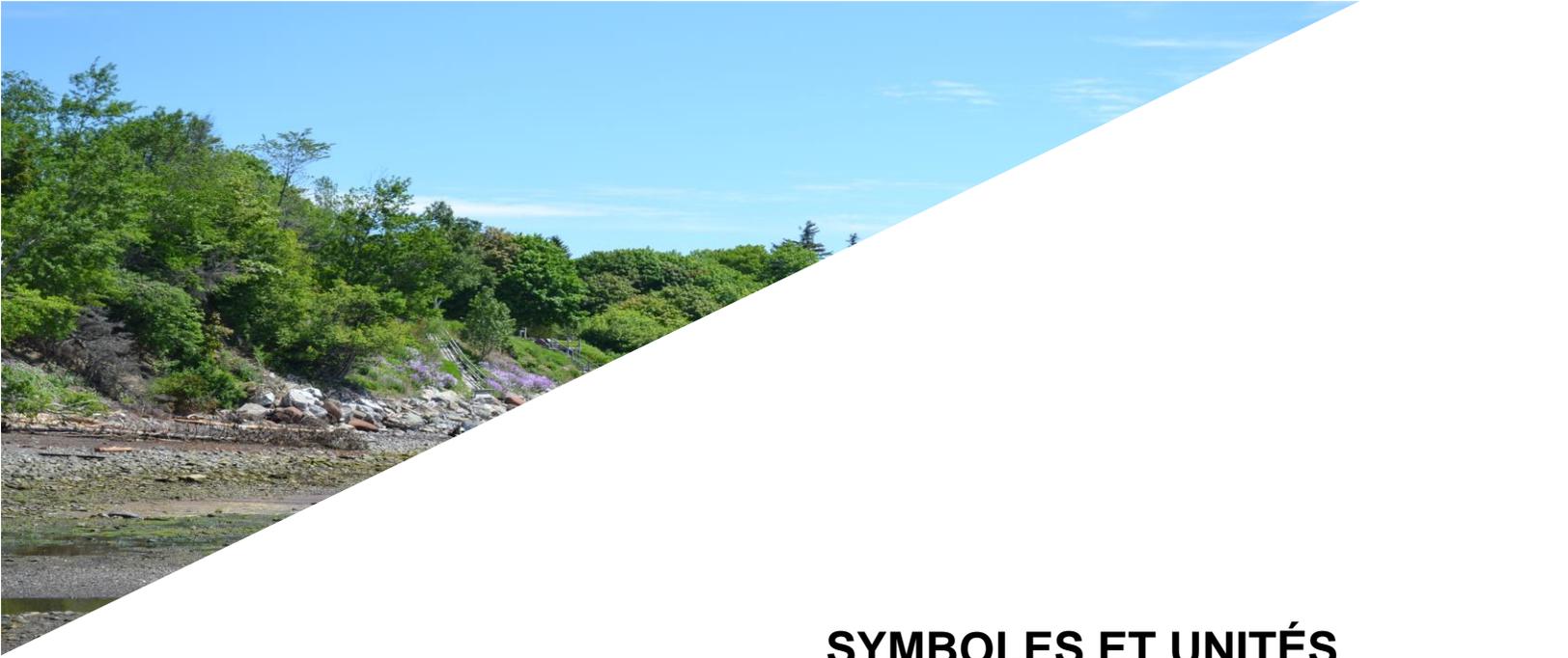
LISTE DES ANNEXES

- Annexe A** Cellules sédimentaires
- Annexe B** Estimation des dommages de submersion
- Annexe C** Coûts de relocalisation et d'immunisation des bâtiments
- Annexe D** Calcul des pertes économiques en cas de perte d'accès au camping de Carleton-sur-Mer
- Annexe E** Coûts annuels des différentes options pour la période 2015-2064 pour le secteur Banc Saint-Omer
- Annexe F** Coûts annuels des différentes options pour la période 2015-2064 pour le secteur Berthelot-Éperlan
- Annexe G** Coûts annuels des différentes options pour la période 2015-2064 pour le secteur Carleton Est



LISTE DES ACRONYMES

ACA	Analyse coûts-avantages
CA	Comité aviseur
CC	Changements climatiques
CLO	Comité local d'orientation
CLSC:	Centre local de services communautaires
CR	Comité régional
CT	Comité technique
DAM	Domage annuel moyen
EN	Enrochement
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
IPC	Indice des prix à la consommation
IRS	Immunsation et relocalisation stratégique
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
MB	Mur de béton
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
MTQ	Ministère des Transports du Québec
NI	Non-intervention
NMM	Niveau moyen des mers
PM	Protections multiples
PIB	Produit intérieur brut
RMB	Rehaussement de la route et mur de béton
RP	Recharge de plage
RPB	Recharge de plage avec bio-ingénierie
RPE	Recharge de plage avec épis
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'indication contraire



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 mesures 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 (Bernatchez et al., 2015). Il comporte également cinq études de cas qui visent 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 particulièrement à Carleton-sur-Mer, municipalité de 4 000 habitants (Statistique Canada, 2013) située sur la rive nord de la baie des Chaleurs en Gaspésie. Localisée dans la péninsule du massif des monts Saint-Joseph et Carleton, la ville de Carleton-sur-Mer est ceinturée par l'estuaire de la rivière Nouvelle à l'ouest et les falaises des caps de Maria à l'est. La route 132 y longe le littoral à moins de 500 m sur plus de 20 km et le chemin de fer y est à flanc de falaise littorale sur certains tronçons. Carleton-sur-Mer constitue un pôle culturel, nautique et balnéaire reconnu dans le circuit du « Tour de la Gaspésie ».

Carleton-sur-Mer compte deux barachois soit ceux de St-Omer et de Carleton. Ces systèmes littoraux composés de deux flèches entourant une lagune souvent bordée de marais constituent des réservoirs de biodiversité, notamment pour les oiseaux aquatiques. Ces endroits sont également le lieu de multiples activités commerciales, nautiques et récréotouristiques. Carleton-sur-Mer compte également quelques zones résidentielles littorales.

Les aléas d'érosion côtière et de submersion menacent à divers degrés et en plusieurs points la route 132, le chemin de fer, plus d'une centaine de bâtiments, ainsi que des utilisations récréotouristiques en particulier sur les flèches littorales. En effet, les taux d'évolution anticipés se situent en majorité entre -0,2 et -0,75 mètre de recul par année, avec un maximum de -1,9 m/an dans les endroits les plus dynamiques (LDGIZC-UQAR, 2015).

D'ailleurs, depuis les années 2000, les conditions hydroclimatiques ont exposé la vulnérabilité de la municipalité aux changements climatiques. Par exemple, durant

l'événement des « grandes marées » du 6 décembre 2010, les flèches du barachois de Carleton ont été submergées. La combinaison d'hivers plus chauds, entraînant la réduction du couvert de glace, et de l'augmentation du niveau marin relatif ont permis aux tempêtes de produire d'importants reculs côtiers et de vastes superficies submergées. Ces reculs proviennent de la sensibilité des côtes, qui sont meubles à 98 % dans la municipalité, et à de faibles altitudes (63 % de côtes basses).

Vu le développement historique focalisé autour des activités maritimes à Carleton, une importante part des bâtiments et infrastructures est à moins de 50 m du rivage. Du côté des réseaux, la route 132 et le chemin de fer longent le littoral sur environ 4 km dans la municipalité.

La nécessité de mettre en œuvre des solutions d'adaptation à l'érosion et la submersion côtière est donc évidente. La présente analyse cherche à déterminer quelles sont les options les plus avantageuses économiquement. Plus spécifiquement, cette étude cherche à répondre à trois objectifs spécifiques qui sont :

1. Identifier les impacts des CC sur le littoral de la ville de Carleton-sur-Mer dans un contexte de changements climatiques.
2. Identifier des options d'adaptation permettant de gérer la problématique d'érosion et de submersion.
3. Identifier les options d'adaptation les plus avantageuses économiquement.

Le deuxième chapitre offre un survol de la zone d'étude et présente ses principales caractéristiques géographiques, socioéconomiques, et biophysiques. Il expose la problématique côtière de Carleton-sur-Mer en expliquant les processus d'érosion et de submersion à l'œuvre ainsi que la sélection des segments à l'étude et leurs particularités.

Le troisième chapitre expose la démarche de l'analyse coûts-avantages (ACA), y compris le processus consultatif utilisé pour mener l'étude, les grandes lignes des méthodologies hydrodynamique et économique utilisées dans l'étude et les principales hypothèses utilisées dans le cadre plus précis de ce rapport.

Les trois chapitres suivants (4, 5 et 6) présentent l'analyse coûts-avantages (ACA) des options d'adaptation retenues pour les différents segments des trois secteurs étudiés le long du littoral de Carleton-sur-Mer. On y retrouve une description précise des différents segments à l'étude, et ce, au niveau des enjeux, des solutions envisagées et des impacts potentiels des différentes options d'adaptation. Ces impacts sont ensuite quantifiés, puis monétisés pour finalement être utilisés dans l'analyse coûts-avantages. Chaque chapitre se termine avec les analyses de sensibilité et une discussion portant sur les options d'adaptation à privilégier pour le segment étudié. Suite à l'analyse des différents secteurs de Carleton-sur-Mer, un dernier chapitre présente la conclusion générale.



2 CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Le présent chapitre décrit brièvement la zone d'étude en présentant ses principales caractéristiques géographiques, socioéconomiques et biophysiques. Les processus d'érosion et de submersion à l'œuvre à Carleton-sur-Mer sont ensuite expliqués de même que la méthode de sélection des segments à l'étude et leurs particularités respectives.¹

2.1 ZONE D'ÉTUDE

Cette section décrit la localisation de la zone d'étude ainsi que ses caractéristiques socioéconomiques et biophysiques.

2.1.1 Localisation

Sise sur la péninsule gaspésienne, la ville de Carleton-sur-Mer couvre une superficie de 244 km² dans la MRC d'Avignon (figure 2.1). La ville actuelle est issue de la fusion, en 2000, du village de St-Omer et de Carleton et compte environ 4 000 habitants (Ville de Carleton-sur-Mer, 2015c). Elle est ceinturée par l'estuaire de la rivière Nouvelle à l'ouest et les Caps de Maria à l'est. Le site d'étude couvre la portion du littoral située entre le cœur de St-Omer et les Caps de Maria, sur une longueur totale de 29,9 km. Cette zone

¹ Le lecteur est invité à se référer aux chapitres 4, 5 et 6 afin d'obtenir la description détaillée des segments.

inclut le barchois de Carleton en son centre, un système côtier constitué de deux flèches littorales encadrant une lagune d'eau saumâtre soumise aux marées.

Au plan des voies de transport, la route 132 longe le littoral à moins de 500 m sur environ les deux tiers de la zone et est adjacente au rivage sur quelques kilomètres à St-Omer et à l'entrée est du cœur de Carleton-sur-Mer. Le chemin de fer longe aussi la rive sur quelques kilomètres entre la rue Berthelot et la route de la Mer, à l'ouest du ruisseau de l'Éperlan. Sur une des flèches du barchois de Carleton se trouve le quai de Carleton et une marina, et sur l'autre, le camping municipal.

La zone a été découpée en trois secteurs, principalement en fonction des cellules hydrosédimentaires d'appartenance. À l'ouest, on retrouve le secteur Banc St-Omer qui s'étend sur 6 km de la route Leblanc à la route Beaulieu à St-Omer et à l'intérieur duquel est localisé le barchois de St-Omer. Au centre, se trouve le secteur Berthelot-Éperlan, d'une longueur de 1,4 km, dominé par des terrasses de plage à l'endroit du ruisseau de l'Éperlan et de basses falaises meubles. Y sont situés plusieurs bâtiments, lesquels sont pour la plupart protégés par de l'enrochement et des murets de bois ou de béton. Enfin, le secteur Carleton Est couvre le littoral du cœur de la ville de Carleton-sur-Mer et tient compte du lien hydrosédimentaire existant entre le barchois de Carleton et les Caps de Maria. La figure 2.1 présente une image satellite de la zone d'étude et de ses trois secteurs.

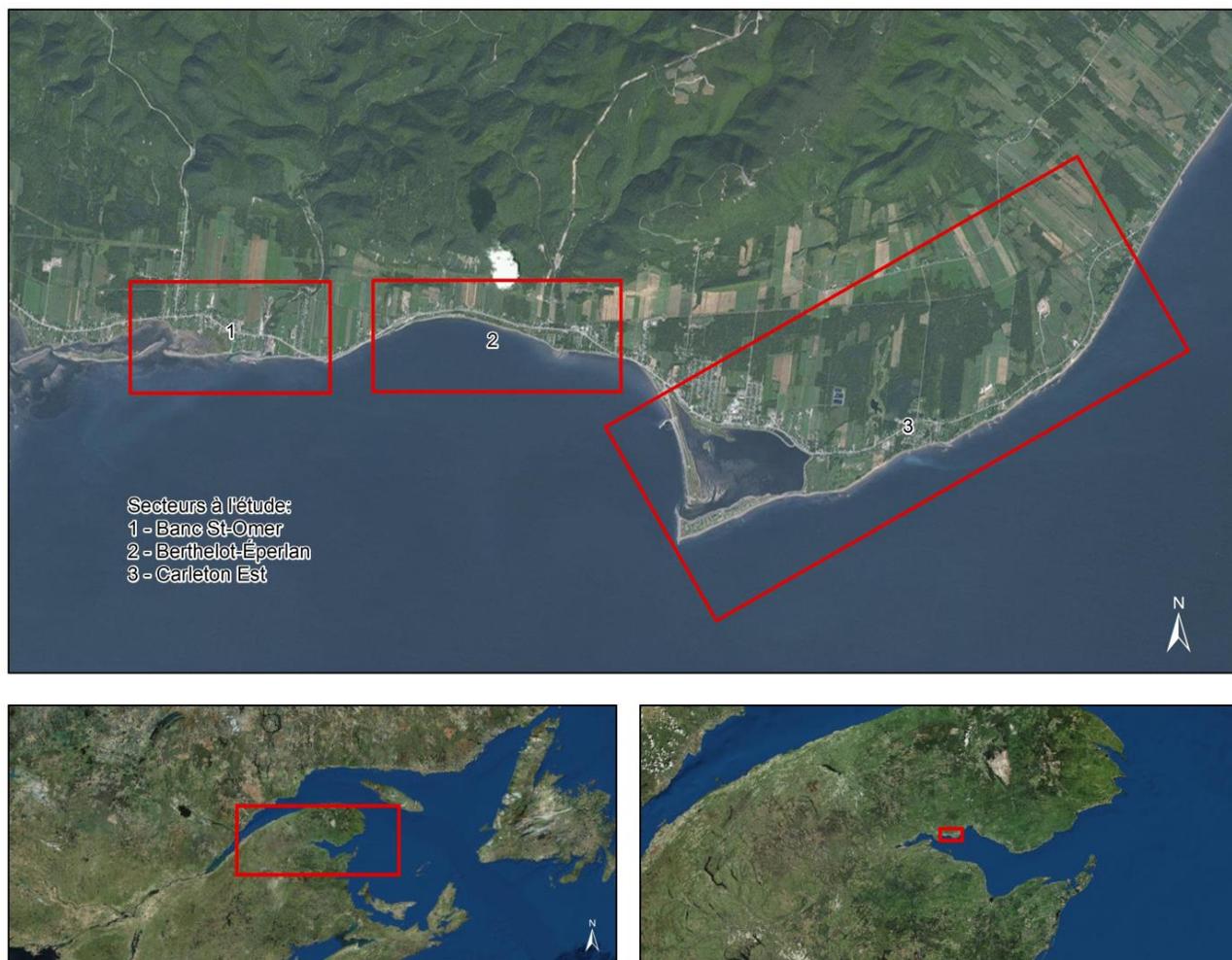


Figure 2.1 – Carte de la zone d'étude et localisation des trois secteurs étudiés

2.1.2 Contexte socioéconomique

Ayant porté le nom de Tracadieche jusqu'en 1790, Carleton-sur-Mer s'est développée autour de la pêche commerciale (morue, saumon, hareng, maquereau, éperlan, plie). La construction d'un quai commercial par la Coopérative des Pêcheurs de Carleton (1923-1990) sur la flèche ouest du barachois de Carleton de même que d'un phare situé sur la flèche est (pointe Tracadigash) facilitant la navigation ont fait de Carleton un haut lieu de commerces des produits agricoles et forestiers.

Le quai est aujourd'hui bordé par une plage municipale, une école de voile et une marina, ce qui en fait un lieu de prédilection pour les activités récréotouristiques et nautiques. La Ville de Carleton-sur-Mer est d'ailleurs reconnue comme station de villégiature estivale depuis les années 1850 (Ville de Carleton-sur-Mer, 2015b). Elle constitue également un maillon important du réseau d'éducation (secondaire, cégep) et culturel (Quai des arts) de la péninsule gaspésienne. Avec le mont St-Joseph qui surplombe le cœur commercial et institutionnel de la ville et les flèches de sable (figures 2.2 et 2.3) qui bordent son littoral, Carleton-sur-Mer offre un paysage maritime remarquable. Le barachois de Carleton constitue, pour sa part, un réservoir de biodiversité.

Quant au district de St-Omer, il est devenu une paroisse indépendante en 1899, puis s'est uni à nouveau à Carleton en 2000. Un barachois y borde aussi la rive. Une partie de ce dernier a été déclarée zone protégée par Environnement Canada et constitue un refuge pour de nombreuses espèces d'oiseaux migrateurs. De tradition agricole, le cœur du village est traversé par la route 132 et bordé de quelques commerces de proximité.

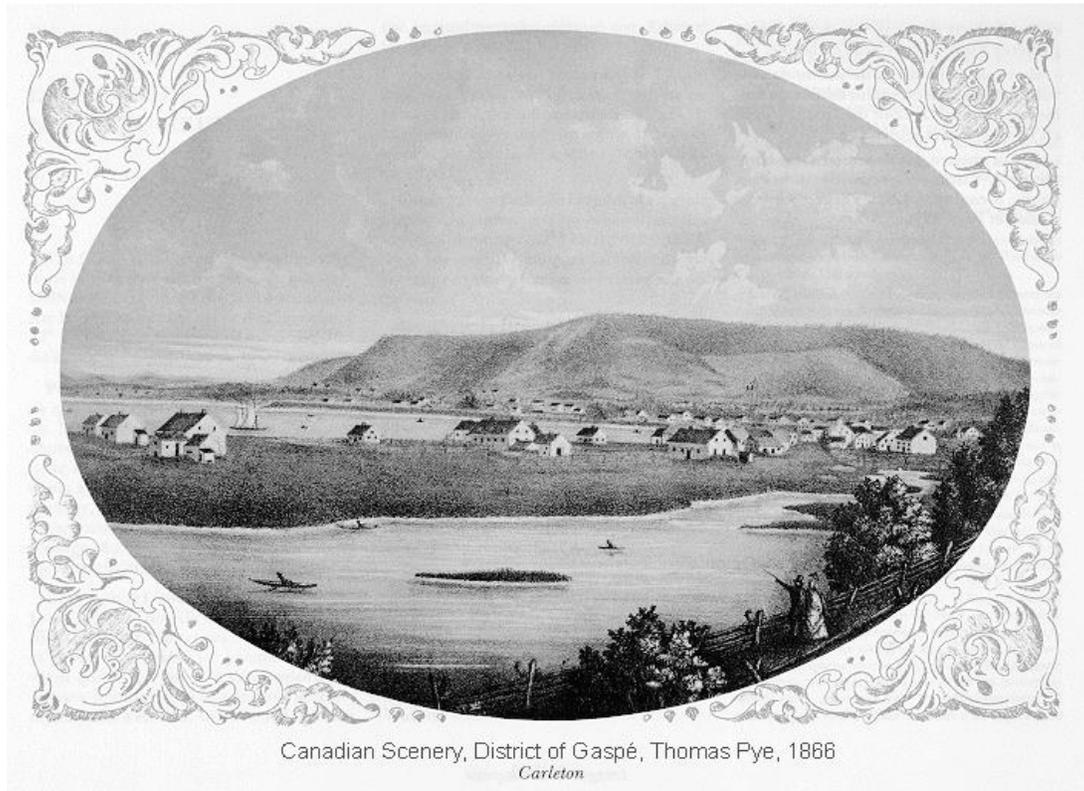
Au niveau des enjeux bâtis, la zone littorale abrite plusieurs infrastructures municipales, ainsi que la route 132 et une portion du chemin de fer régional, sous la responsabilité du ministère des Transports du Québec, ainsi que le quai de Carleton, sous la juridiction de Transports Canada.

Du côté des bâtiments, les segments à l'étude à Carleton-sur-Mer abritent plus de 300 bâtiments, pour une valeur foncière totalisant près de 56 M\$ au rôle d'évaluation (tableau 2.1).



Source : Œuvre du domaine public au Canada, consulté sur <http://carletonsurmer.com/>

Figure 2.2 – Vue de la plage municipale de Carleton-sur-Mer en 1897



Source : Ville de Carleton-sur-Mer (2015b)

Figure 2.3 – Paysage du district de Gaspé (1866)

Tableau 2.1 – Nombre et valeur des bâtiments compris dans la zone d'étude

Type de bâtiments	Nombre	Valeur foncière (2014)
Bâtiment résidentiel	225	39,2 M\$
Bâtiment secondaire	48	3,0 M\$
Commercial et autres	29	13,8 M\$
Total	302	56,0 M\$

2.1.3 Contexte biophysique

La municipalité est enserrée entre l'estuaire de la rivière Nouvelle et les Caps de Maria, des falaises de sédiments meubles variant de 5 à 15 m de haut. Au niveau géologique, la municipalité repose principalement sur la formation de Bonaventure (conglomérat, grès, mudrock rouges), affleurant à quelques endroits au pied des falaises (Ministère de l'Énergie et des Ressources, 1991). Au niveau de la géomorphologie côtière, la zone est surtout caractérisée par sa grande diversité de types côtes constituées de sédiments meubles. On retrouve 40 % de flèches littorales, situées au barachois de St-Omer, à l'embouchure du ruisseau Stewart et au barachois de Carleton. Ensuite, 36 % des côtes sont des falaises peu résistantes à l'érosion (basses et meubles, hautes et meubles, rocheuses sédimentaires, meubles à base rocheuse), dont celles du secteur le plus à l'est, les Caps de Maria, celles du secteur de la rue Berthelot ainsi que celles de part et d'autre du ruisseau de l'Éperlan. Le segment compte aussi du remblai (11 %), des terrasses de plage (7 %, dont la plage municipale) et des types mixtes (6 %), dont la côte derrière le banc St-Omer (d'après LDGIZC-UQAR, 2015).

En ce qui concerne l'environnement océanographique, la localisation de Carleton-sur-Mer en amont de la baie des Chaleurs assure une protection contre l'effet direct de la plupart des tempêtes du golfe du Saint-Laurent. Toutefois, l'orientation de la côte rend le littoral sensible aux tempêtes avec des vents provenant du -ouest ou du sud-est. Dans ces directions, le *fetch* atteint facilement une centaine de kilomètres et est suffisant pour générer des vagues de plus d'un mètre lors de dépressions météorologiques. De plus, le marnage moyen varie entre 1,7 m et 2,8 m lors des grandes marées (Bernatchez et al.,

2008). L'addition de ces phénomènes lors des marées de vives-eaux de solstices et d'équinoxes peut entraîner des niveaux d'eau extrêmes de près de 3 m supérieurs à la prévision de marée astronomique (Didier et al., 2014).

Au niveau de la dynamique côtière, Carleton-sur-Mer est à cheval sur l'unité côtière de la baie de Tracadigache et celle de la baie de Cascapédia, dont la limite est vis-à-vis le quai de Carleton. Le vaste territoire de Carleton-sur-Mer repose sur trois cellules hydrosédimentaires différentes, soit de Nouvelle-St-Omer, du ruisseau de l'Éperlan et du barachois de Carleton. Ces cellules sédimentaires sont décrites à l'annexe A.

2.2 PROBLÉMATIQUE LIÉE AUX ALÉAS CÔTIERS

2.2.1 Submersion

Dans la municipalité de Carleton-sur-Mer, 18,3 km de côtes sont soumis à l'aléa de submersion en raison de leur faible gradient altitudinal, distribués en trois zones :

- autour du barachois de Carleton (62 %);
- autour du barachois de St-Omer (31 %);
- aux abords du ruisseau de l'Éperlan (6 %).

De plus, Carleton-sur-Mer est en subsidence en raison, d'une part, de l'ajustement eustatique mondial suivant la fonte des glaciers et, d'autre part, de l'ajustement isostatique du continent suivant la dernière glaciation (Koozmare et al., 2008; Slangen et al., 2012).

Ainsi, la station marégraphique située en face de Carleton-sur-Mer, à Belledune, a enregistré un rehaussement du niveau moyen d'environ 30 cm lors du dernier siècle (Bernatchez et al., 2008). Quant aux conditions futures, les projections récentes prévoient une accélération de cette hausse pour totaliser 26 à 98 cm d'ici 2100, selon les scénarios (GIEC, 2013).

Ces zones basses sont exposées à la submersion lors de niveaux d'eau extrêmes, comme ce fut le cas durant l'épisode de submersion de décembre 2010 (figure 2.4).



Source : Cyr (2010)

Figure 2.4 – Submersion autour du barachois de Carleton en décembre 2010

La manifestation d'événements extrêmes comme celui de décembre 2010 relève de l'accumulation de différentes circonstances : une grande marée de solstice, une dépression atmosphérique gonflant le niveau d'eau de la baie de Chaleurs (surcote), avec de vents orientés vers la ligne de rivage de Carleton-sur-Mer, soit des vents provenant surtout du sud-est et produisant un *fetch* de 65-100 km qui provoquent des vagues de 1,5 m de haut et enfin, l'absence de couvert de glace.

La problématique de submersion résulte de la combinaison de niveaux d'eau extrêmes auxquels s'ajoute le niveau des vagues, ce qui provoque le déferlement ou l'envolement au-delà du niveau des structures de protection. Par ailleurs, la probabilité de submersion est en augmentation en raison de trois causes principales :

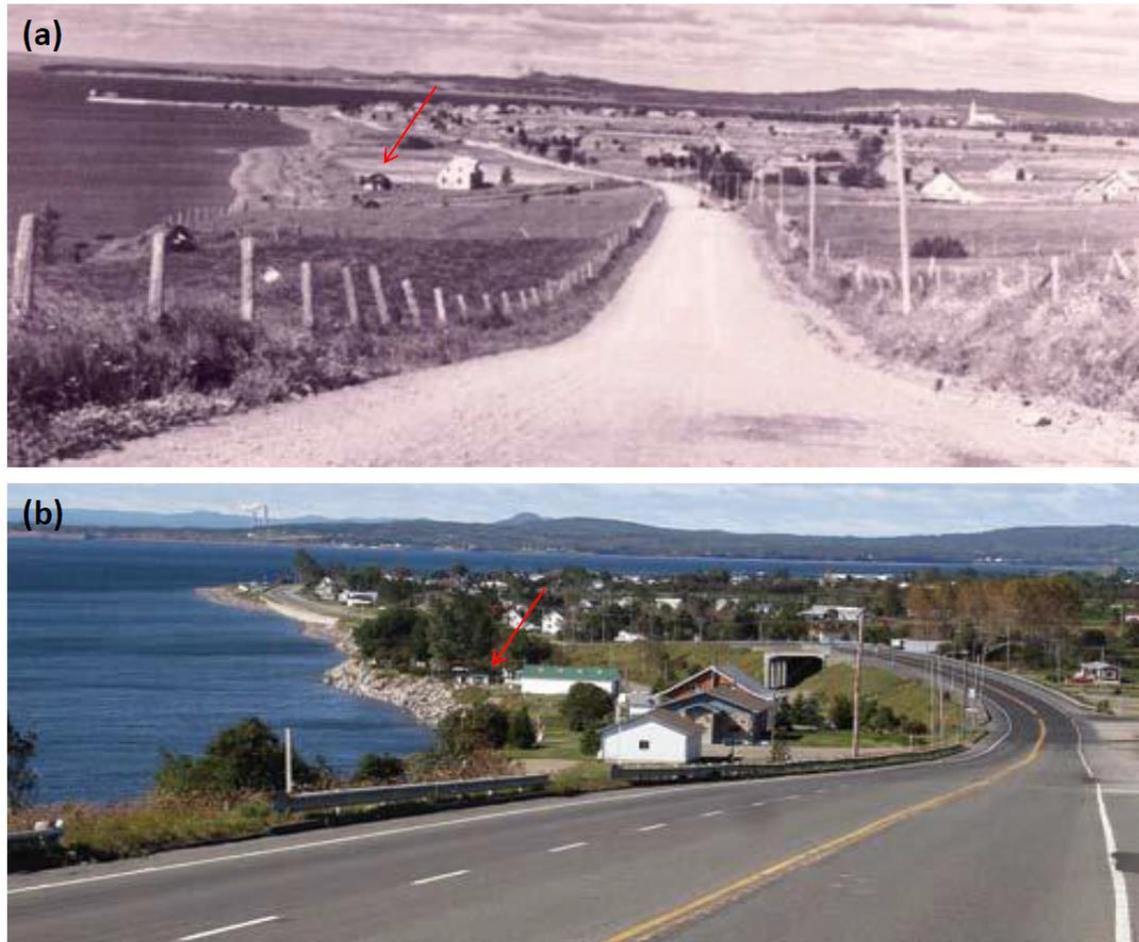
- 1) l'augmentation prévue du niveau marin entre 26 cm et 98 cm d'ici 2100, selon respectivement les scénarios de rehaussement du niveau marin global le plus conservateur (RCP 2.6) et le plus pessimiste (RCP 8.5) (GIEC, 2013);
- 2) l'ajustement isostatique post-glaciaire qui fait que le continent s'enfonce à une vitesse de -1,75 mm/an (Didier et al., 2014).
- 3) la diminution du couvert de glace suite au réchauffement des températures hivernales (Ruest et al., 2015).

Ainsi, il est anticipé que la fréquence à laquelle des tempêtes conduiront à des épisodes de submersion causant des dommages sera en augmentation au courant des décennies à venir. De plus, l'artificialisation de la côte contribuera à accroître les dommages causés par les événements de submersion. La présence de structures rigides entraîne un effet de *jet de rive* accru qui augmente les superficies inondées (Didier et al., 2014).

2.2.2 Érosion

Carleton-sur-Mer est constituée à 98 % de côtes meubles et est donc très sensible à l'érosion (d'après LDGIZC-UQAR, 2015). L'évolution des côtes est très variée. La majorité des côtes connaît de l'érosion de quelques décimètres par année, avec des taux pouvant grimper à -1,9 m/an au banc St-Omer. Quelques zones sont stables ou en accumulation, comme l'extrémité de la flèche du camping de Carleton (+0,47 m/an) et la plage municipale (+0,18 m/an) (LDGIZC-UQAR, 2015). Les reculs événementiels sont maximaux dans les zones de flèches littorales (-17,2 m/événement) et minimaux dans les basses falaises ou zones de remblai.

La figure 2.5 démontre bien le recul de la côte dans le secteur Saint-Omer. La photographie historique permet de constater que la côte avait un profil naturel constitué d'une basse falaise meuble avec une plage au pied de la falaise. Par contre, la photographie récente montre que la plage au pied de la falaise a disparu et que la falaise a été enrochée afin de freiner le recul.



Source : Stratégies Saint-Laurent (2010)

Figure 2.5 – Effets de l'érosion à long terme : les falaises meubles de St-Omer (rue Berthelot) vue des caps de Carleton en 1940 (a) et en 2009 (b)

Pour contrer l'érosion, les structures de protection sont assez répandues à Carleton-sur-Mer, puisque 31 % des côtes sont artificielles. Les structures de protection sont hétérogènes, dominées par des enrochements, murets de bois ou béton, et remblais. Certaines structures sont publiques, comme dans les corridors routiers et ferroviaires, mais la plupart sont privées. Les caps de Maria constituent la zone littorale la plus naturelle (84 %) compte tenu de la hauteur des falaises. Les différents ouvrages permettent de protéger près d'une centaine de bâtiments à risque d'érosion ou de submersion.

La présence de structures de protection rigides constitue un enjeu puisqu'il a été démontré qu'elles diminuent la largeur des plages, comme c'est le cas devant les

enrochements de la rue Berthelot, et contribuent au déficit sédimentaire, en plus d'augmenter la hauteur du jet de rive (Bernatchez et Fraser, 2012).

Pour résumer la problématique, Carleton-sur-Mer est une ville soumise à d'importants risques à la fois d'érosion et de submersion côtières, en particulier lors de tempêtes de vents du sud-ouest. Les hausses prévues du niveau marin relatif de plus de 40 cm augmentent les probabilités d'occurrence de ces aléas naturels. De plus, compte tenu de l'orientation des échanges sédimentaires, une intervention dans un segment peut avoir des conséquences dans d'autres segments. Conséquemment, il est nécessaire d'envisager les options d'adaptation de manière systémique au sein de chaque cellule hydrosédimentaire.

2.3 PROCÉDURE DE SEGMENTATION ET DE SÉLECTION

Le littoral de Carleton-sur-Mer a fait l'objet d'une segmentation de manière à ce que chaque segment du littoral soit suffisamment homogène pour y appliquer une même solution 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. Ce processus de segmentation a permis de scinder la côte de Carleton-sur-Mer en 16 segments à l'intérieur de 3 secteurs distincts de la municipalité.

Dans chaque secteur, une sélection des segments a été faite afin de ne conserver que ceux où des infrastructures sont à risque à l'intérieur de l'horizon temporel retenu (50 ans). De plus, les segments constitués essentiellement d'infrastructures dont la gestion ne relève pas directement de la municipalité ont été exclus, tels que les corridors routiers, le chemin de fer et le quai. Dans le cadre de cette étude, un total de 8 segments a été retenu dans les 3 secteurs de Carleton-sur-Mer (tableau 2.2). Ces segments font face aux problématiques d'érosion, de submersion ou les deux à divers degrés.

Tableau 2.2 – Liste des segments à l'étude par secteur

Secteurs	Segments à l'étude	Longueur (m)	Front de mer (m)
Banc St-Omer	Banc St-Omer Ouest	4 971	1 160
	Banc St-Omer Centre	538	538
	Banc St-Omer Est	990	990
Berthelot-Éperlan	Rue Berthelot	286	286
	Ruisseau de l'Éperlan	1 140	1 140
Carleton Est	Plage municipale	980	980
	Pédoncule	1 031	653
	Caps de Maria	5 038	5 038

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 du segment, 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 MÉTHODOLOGIE

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 recherche 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 la présente 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 selon les besoins et les réalités locales. Dans le cas de Carleton-sur-Mer, le comité local d'orientation était composé essentiellement de fonctionnaires municipaux. 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.

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 retenues	X	X		
6	Évaluation économique des coûts et avantages	X		X	
7	Analyses coûts-avantages à l'horizon 2065				X

Note : CLO : Comité local d'orientation, CR : Comité régional, CT : Comité technique, CA : Comité aviseur.

La première rencontre du CLO 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 retenus et de discuter de façon préliminaire des options d'adaptation envisagées pour chacun des segments.

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 humains 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 solutions d'adaptation potentielles et des impacts que ces solutions pourraient avoir sur la faune, la flore, les infrastructures et les activités économiques de la région. 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, le ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire, le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques de même que le ministère des Transports. Des représentants de 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 de projet lors d'une séance de remue-méninges afin de proposer, pour chacun des segments, des solutions d'adaptation aux problématiques côtières en jeu.

Enfin, le comité aviseur (CA) 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 à deux occasions 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 de Carleton-sur-Mer. 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 de même que celles concernant les structures de protection 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 seront donc 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 (rebond *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 consiste 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. Les hypothèses concernant les niveaux d'eau extrêmes sont majoritairement tirées du rapport de Didier et al. (2014), qui ont bénéficié de certaines données provenant d'analyses effectuées par des chercheurs d'Ouranos.

Ces niveaux d'eau incluent l'impact des changements climatiques. En effet, ils ont été calculés pour la période actuelle, 2030 et 2055, en s'appuyant sur une série d'hypothèses qui concernent:

- les probabilités de surcotes de tempête;
- les probabilités de vagues et le *jet de rive* associé;
- les paramètres qui feront évoluer les périodes de retour 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 et détaillées dans Boyer-Villemare et al. (2016).

Tableau 3.2 – Résumé des hypothèses sous-tendant les probabilités de submersion pour Carleton-sur-Mer

Paramètre	Hypothèse, explication, source de données
Jet de rive	- Équation de Stockdon (2006), utilisant une moyenne de pentes issue de données empiriques de profils de plage obtenues en 2011 aux 50 m à l'aide d'un système mobile lidar terrestre (SMLT) (n = 28). (Didier et al., 2014)
Récurrence des niveaux d'eau extrêmes	- Données : niveaux d'eau modélisés à Carleton-sur-Mer issus du modèle de Z. Xu, Institut Maurice-Lamontagne / Pêches et Océans Canada, corrélations avec le marégraphe de Belledune, NB - Récurrence : analyse probabiliste par la méthode de dépassement de seuils basée sur l'estimation des paramètres et l'ajustement des résidus à une distribution de Pareto généralisée
Récurrence des hauteurs significatives de vagues (Hs)	- Données : modèle de vagues au large d'Environnement Canada - Récurrences : analyse probabiliste par la méthode de dépassement de seuils basée sur l'estimation des paramètres et l'ajustement des résidus à une distribution de Pareto généralisée
Récurrence des périodes des vagues (Ts)	- Données : Issues d'une régression linéaire entre hauteur et période sur les 30 événements de vagues ≥ 1 m pour la série modélisée 2003-2014 (Didier et al., 2014)
Hausse du niveau marin	- 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, appliqué pour les intervalles 2010-2030 et 2010-2055 (Didier et al., 2014) - Hausses utilisées : 2005 : +4 cm; 2030 : +19 cm; 2055 : +40 cm

Paramètre	Hypothèse, explication, source de données
Mouvement isostatique	- Valeur de -1,75 mm/an à partir d'une interpolation au 0,25 mm depuis la carte de Koohzare et al., 2008 (Didier et al., 2014)
Probabilité conjointe des niveaux d'eau extrêmes et des vagues dans le présent	<p>- Hypothèse des paramètres partiellement dépendants : basée sur une analyse statistique exploratoire, où :</p> <ul style="list-style-type: none"> *1/5 des événements présentant des niveaux extrêmes + vagues extrêmes *1/2 des événements en eau libre *probabilité conjointe (niveau extrême + vague extrême) de 5 :1x2 :1 = 10 : 1 en eau libre (seuil niveau extrême = 3m marégraphique) *probabilité conjointe de 3 :1 en eau libre (seuil de niveau extrême = 4m marégraphique) *Facteur de correction des récurrences de niveau linéaire entre ces deux probabilités
Probabilité conjointe dans le futur : Impact de la réduction du couvert de glace sur les niveaux d'eau et de vagues extrêmes et augmentation du niveau marin	<p>- Hypothèse des paramètres partiellement dépendants (voir Didier et al., 2014)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Saison libre de glace allongée : 3/4 des événements en eau libre - Ajustement des probabilités avec ce nouveau paramètre : augmentation des probabilités d'occurrence au cours d'une saison libre de glace allongée : 5:1 x 4:3 = 6,5:1 (seuil d'extrême de 3 m) - Ajout du niveau marin à ces probabilités pour ajuster le facteur de correction des récurrences de niveau d'eau pour 2005 (+4 cm), 2030 (+19 cm) et 2055 (+40 cm)

À la lumière des hypothèses précédentes, les tableaux 3.3 et 3.4 présentent les niveaux de submersion actuels et futurs pour l'ensemble des segments de Carleton-sur-Mer selon qu'il y ait ou non un 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 de St-Omer). À partir de ces niveaux extrêmes, il a été possible de créer des scénarios de probabilité d'occurrence et de les transformer en courbes de dommages à l'environnement bâti (voir annexe B).

Tableau 3.3 – Niveaux de submersion futurs sans jet de rive

Niveau extrême total (m géodésique)			
Période de retour	Actuel	2030	2055
2 ans	1,70	1,92	2,19
5 ans	1,96	2,18	2,45
10 ans	2,17	2,38	2,65
20 ans	2,37	2,58	2,85
30 ans	2,49	2,69	2,97

Tableau 3.4 – Niveaux de submersion futurs avec jet de rive

Niveau extrême total (m géodésique)			
Période de retour	2005	2030	2055
2 ans	2,06	2,28	2,55
5 ans	2,36	2,58	2,85
10 ans	2,59	2,80	3,07
20 ans	2,81	3,02	3,29
30 ans	2,95	3,15	3,43

3.2.2 Hypothèses relatives à l'érosion

Les taux d'érosion utilisés sont 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 segments seront en érosion, partiellement ou totalement, sauf le segment Plage municipale. Ces taux sont cohérents avec les mesures annuelles de bornes de suivi sur le terrain depuis 2004 (LDGIZC, données non publiées).

Tableau 3.5 – Taux d'érosion fournis par l'UQAR pour Carleton-sur-Mer

Segment	Taux probable (m/an)	Recul événementiel (m)
Secteur du Banc St-Omer		
Banc St-Omer Ouest	Ouest du ruisseau Alain : +0,16	-3,3
	Est du ruisseau Alain : 0,00	0,0
	Banc St-Omer : - 1,90	-17,2
Banc St-Omer Centre	+0,07 Partie ouest : -1,90	-12,2
Banc St-Omer Est	- 0,72	-3,3 à -12,2
Secteur Berthelot-Éperlan		
Rue Berthelot	- 0,22	-3,3
Ruisseau de l'Éperlan	Ouest du ruisseau : - 0,35	-8,4
	Est du ruisseau : - 0,24	-8,4
Secteur Carleton Est		
Plage municipale	Secteur plage : + 0,18	-17,2
	Secteur quai : -0,21	-17,2
Pédoncule	- 0,27	-17,2
Caps de Maria	- 0,69 à - 0,28	-3,3 à -8,4

Malgré les mesures de protection, les segments restent exposés à des reculs importants lors d'un seul événement en raison d'événements extrêmes comme la tempête de décembre 2010. 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 sont 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 Carleton-sur-Mer, ni ailleurs dans la baie des Chaleurs. 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 économiques, sociaux 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 les 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 ACA.

La réalisation d'une ACA inclut six étapes principales : 1) identification des options d'adaptation possibles 2) identification des impacts appréhendés de la non-intervention et des options d'adaptation; 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

En fonction du contexte spécifique du secteur à l'étude et des rencontres réalisées avec les comités local, régional et technique, des options d'adaptation de trois catégories ont été sélectionnées pour les différents segments à l'étude : des structures côtières rigides, des structures côtières mobiles et des options sans structure côtière (tableau 3.6). Les structures rigides représentent des structures d'ingénierie côtière classique, telles que des murs et des enrochements, lesquelles modifient en profondeur la dynamique sédimentaire. Les structures mobiles, comme la recharge de plage et les dunes végétalisées, permettent un certain mouvement naturel des sédiments. Les options sans structure 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 secteurs.

Les options d'adaptation qui ont été retenues pour analyse proviennent, entre autres, d'une étude réalisée par la firme W.F. Baird & Associates Coastal Engineers (Baird) pour Ouranos. Compte tenu des différents paramètres biophysiques, géomorphologiques et océanographiques de la côte à Carleton-sur-Mer, Baird a identifié de façon préliminaire des ouvrages qui pourraient protéger le littoral de Carleton-sur-Mer contre des événements de 500 ans de récurrence².

² Compte tenu du mandat confié à Baird par Ouranos, les données concernant les caractéristiques et les coûts des options d'adaptation devront être validées dans le cadre d'une étude d'ingénierie détaillée.

Tableau 3.6 – Options d'adaptation étudiées pour chacun des secteurs et segments – Carleton-sur-Mer

Segments	Structures côtières rigides	Structures côtières mobiles	Option sans structure côtière
Secteur Banc St-Omer (Chapitre 4)			
Banc St-Omer Ouest		Recharge de plage Recharge de plage avec épis Recharge de plage avec bio-ingénierie	Immunisation et relocalisation stratégique
Banc St-Omer Centre	Enrochement		Immunisation et relocalisation stratégique
Banc St-Omer Est	Enrochement	Recharge de plage Recharge de plage avec épis	Relocalisation stratégique
Secteur Berthelot–Ruisseau de l'Éperlan (Chapitre 5)			
Rue Berthelot	Enrochement		Relocalisation stratégique
Ruisseau de l'Éperlan	Enrochement	Recharge de plage Recharge de plage avec épis	Relocalisation stratégique
Secteur Carleton Est (Chapitre 6)			
Plage municipale	Protections multiples (Digues, mur de béton, dunes végétalisées)		Immunisation
Pédoncule-Camping	Rehaussement et mur	Recharge de plage Recharge de plage avec épis	
Caps de Maria			Relocalisation stratégique

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 de Carleton-sur-Mer.

En plus des impacts liés directement à l'érosion et à la submersion, il y a les impacts économiques, environnementaux³ et sociaux. Le tableau 3.7 présente les impacts positifs et négatifs appréhendés à Carleton-sur-Mer.

³ Les impacts environnementaux considérés dans le cadre de cette étude se limitent aux impacts à moyen et long termes des mesures 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.

Tableau 3.7 – Ensemble des impacts appréhendés à Carleton-sur-Mer

Impacts	Impacts négatifs	Impacts positifs
Liés à l'érosion	<ul style="list-style-type: none"> - Perte de terrains - Pertes totales ou partielles de bâtiments résidentiels ou commerciaux - Perte ou dommages aux infrastructures publiques - Évacuation d'urgence 	
Liés à la submersion	<ul style="list-style-type: none"> - Dommages aux terrains - Dommages aux bâtiments résidentiels ou commerciaux - Dommages aux infrastructures publiques - Évacuation d'urgence - Nettoyage de débris 	
Économiques	<ul style="list-style-type: none"> - Diminution de la valeur économique des propriétés - Pertes de marchandises et de revenus commerciaux 	
Environnementaux	<ul style="list-style-type: none"> - Perte d'habitats naturels - Perte de sites pour la fraie des poissons 	Amélioration de sites pour la fraie des poissons
Sociaux	<ul style="list-style-type: none"> - Perte de vue sur la mer - Perte d'accès à la mer - Détérioration de l'usage récréatif du littoral - Diminution de la qualité de vie (anxiété, insécurité, etc.) - Détérioration du paysage - Détérioration du patrimoine historique et culturel 	<ul style="list-style-type: none"> - Amélioration de l'usage récréatif du littoral - Amélioration de la qualité de vie (sécurité) - 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 des 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 secteur 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 causés par submersion

L'estimation des dommages probables causés par les événements de submersion est réalisée par 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 la probabilité que se produise 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 d'un bâtiment pour ensuite calculer le dommage monétaire à l'aide de courbes de dommages-hauteur d'eau. Ces courbes proviennent de Bonnifait (2005) et sont construites de sorte à prendre en compte les principales caractéristiques du bâtiment qui ont 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 B.

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 perdue provient du rôle d'évaluation 2014 qui a été ajusté pour refléter les prix du marché de 2012⁴.

Dans le cas de l'option 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. Une fois le bâtiment 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 totale du terrain est également enregistrée. Dans le cas où le terrain est encore suffisamment grand pour qu'une nouvelle construction soit bâtie sur le terrain, les pertes de terrain annuelles continuent à être comptabilisées.

3.3.6 Estimation du coût 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 sont tout de même approximatifs.

⁴ Étant donné le décalage entre le dépôt du rôle d'évaluation et la valeur au marché, les données du rôle de 2014 représentent les valeurs au marché de 2010 à Carleton-sur-Mer. Afin de les transformer en valeurs de 2012, la valeur inscrite au rôle a été multipliée par le facteur d'ajustement proposé par le ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire, soit 1,19. Le facteur d'ajustement est établi en considérant l'écart médian entre les ventes réalisées à Carleton-sur-Mer et la valeur inscrite au rôle pour ramener les valeurs aux conditions de marché de 2012.

Dans ce cas-ci, les coûts des options d'adaptation qui impliquent des travaux de génie ont été estimés par la firme W.F. Baird & Associates Coastal Engineers Ltd. (Baird, 2015) dans le cadre d'un mandat de conception préliminaire d'ouvrages qui pourraient protéger le littoral de Carleton-sur-Mer. Étant donné la portée du mandat, l'estimation des coûts unitaires des ouvrages s'est faite sur la base des normes de bonne pratique dans le domaine côtier de même qu'en fonction des expériences passées de la firme dans le domaine et dans la région⁵.

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 (au mètre linéaire) en fonction du type de revêtement. Ces coûts unitaires sont conformes aux coûts de mobilisation des équipements dans la région gaspésienne.

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 afin d'estimer les coûts et les avantages est la population gaspésienne. 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 ou qu'ils profitent indirectement de retombées économiques de la zone d'étude. Dans ce cas-ci, la protection du littoral à Carleton-sur-Mer profitera non seulement à la population de Carleton-sur-Mer, mais également aux habitants des villages environnants. Ceux-ci bénéficient des services offerts à Carleton-sur-Mer ainsi que du pôle d'attraction touristique que représente cette ville pour toute la région gaspésienne.

⁵ Compte tenu du mandat confié à Baird par Ouranos, les données concernant les caractéristiques et les coûts des options d'adaptation devront être validées dans le cadre d'une étude d'ingénierie détaillée.

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, de sorte que les options d'adaptation considérées puissent 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 pour 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 monétaire (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 le cas de cette 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 ± 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 au niveau des valeurs foncières.

Quant aux résultats de cette ACA, ils sont présentés à l'aide de la valeur actualisée nette, soit la VAN. La VAN a l'avantage de présenter 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. À la différence de la VAN qui est influencée par l'ampleur du projet tant dans ses coûts que dans ses avantages, le ratio avantages-coûts donne une valeur semblable à celle de la rentabilité de l'investissement.

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 les décideurs à faire des choix mieux informés.

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



4 SECTEUR BANC ST-OMER

4.1 DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SECTEUR

Le secteur Banc St-Omer comprend trois segments distincts soit :

- Banc St-Omer Ouest
- Banc St-Omer Centre
- Banc St-Omer Est

Ce secteur s'étend sur 6,5 km de la route Leblanc jusqu'à la route Beaulieu. À l'ouest, le secteur est dominé par des flèches littorales et de basses falaises meubles, tandis qu'on retrouve principalement des terrasses de plage en se déplaçant vers l'est. Du côté des aléas côtiers, 16 % des côtes sont touchées par l'érosion. Un peu plus de 14 % de la côte est artificialisée surtout par de l'enrochement, mais également par des blocs déversés et des murets. Certaines résidences sont également dotées de remblais pour se protéger de la submersion.

La figure 4.1 présente une image satellite du secteur Banc St-Omer et des trois segments qui le composent.

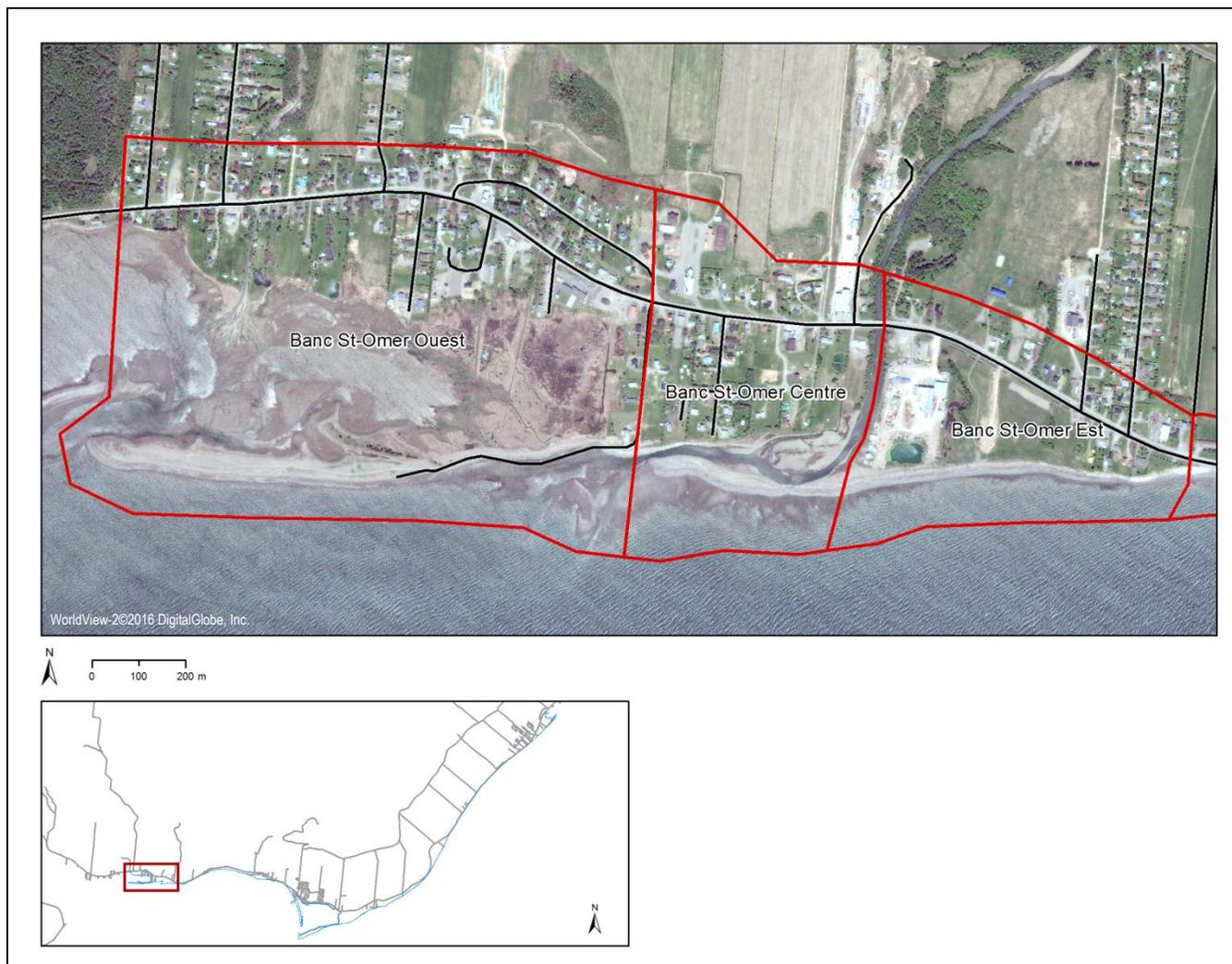


Figure 4.1 – Localisation du secteur Banc St-Omer et des trois segments à l'étude

4.1.1 Segment Banc St-Omer Ouest

Le segment Banc St-Omer Ouest s'étend sur 4,97 km et est confiné entre la route Leblanc et la route Caissy (figure 4.2). Il est dominé par des flèches littorales (2,86 km) et de basses falaises meubles (1 km). Un marais est protégé par le banc et derrière ce marais se trouvent différents types de côtes (1,1 km). Du côté des aléas côtiers, 17 % du littoral est en accumulation alors que 10 % subit de l'érosion. Près de 90 % de la côte est à l'état naturel, mais certaines résidences sont dotées d'ouvrages de protection privés contre l'érosion. En majorité, il s'agit d'enrochements (50 %), de murets de bois (23 %) et de blocs déversés (27 %). Près du tiers de ces ouvrages sont très endommagés. Enfin, certaines résidences sont aussi dotées de remblais les immunisant contre la submersion.

De par la protection qu'elle assure à la lagune, la flèche permet le maintien d'un marais saumâtre qui abrite un écosystème diversifié et de grande valeur écologique. Le barachois de St-Omer est désigné « zone protégée » par Environnement Canada, car il constitue un refuge d'importance pour les oiseaux migrateurs (Environnement Canada, 2015b). La flèche permet également d'atténuer les ondes de tempêtes et réduit l'effet du déferlement des vagues. La flèche se caractérise par sa dynamique de cordon littoral qui évolue au gré des tempêtes et des apports provenant de la rivière Stewart se trouvant à l'est du banc de St-Omer.

Le banc n'est pas bâti, mais accueille des dizaines de visiteurs quotidiennement qui l'utilise principalement pour des activités récréatives telles que la marche, le VTT, le camping, les feux de joie, etc. Le banc de St-Omer est au cœur de la vie sociale des résidents du secteur. Le lieu a également joué un rôle significatif dans le développement économique de la région. Ainsi, de par son importance historique et écologique, le banc est considéré comme l'un des éléments les plus importants du patrimoine naturel de St-Omer (Ville de Carleton-sur-Mer, 2015a).

On retrouve dans la zone arrière de ce segment, au sud de la route 132, plusieurs résidences, quelques commerces ainsi que le CLSC de St-Omer.

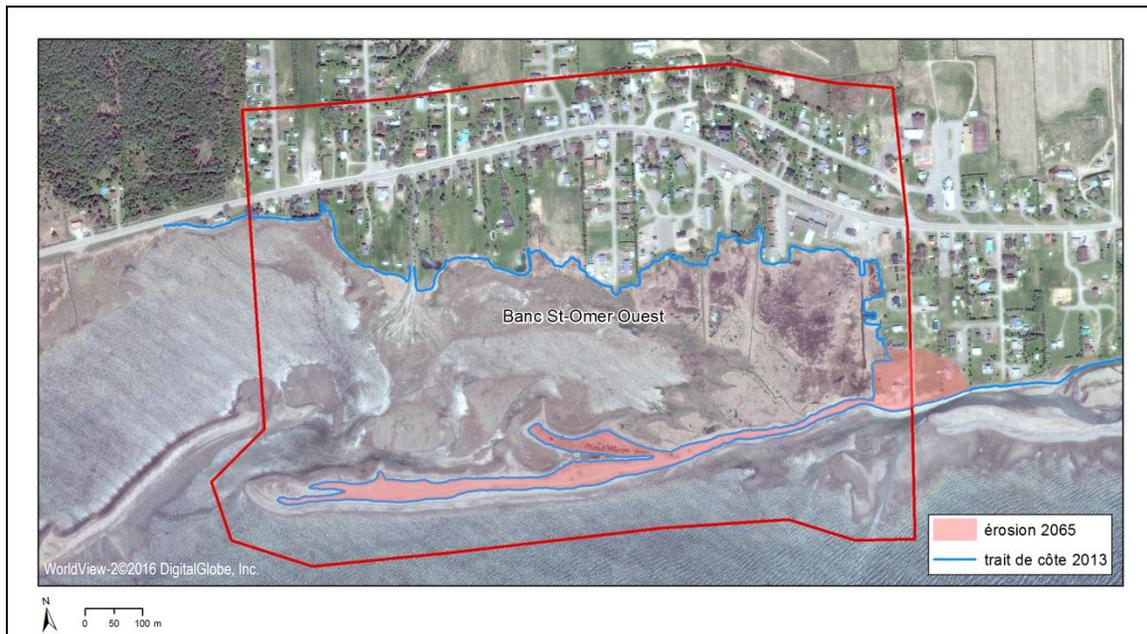


Figure 4.2 – Localisation et zone d'érosion d'ici 2065 – Banc St-Omer Ouest

4.1.2 Segment Banc St-Omer Centre

Le segment Banc St-Omer Centre est compris entre la route Caissy et la rivière Stewart et inclut la flèche littorale de l'embouchure de la rivière Stewart (figure 4.3).

Ce segment s'étend sur environ 0,5 km et est entièrement composé de terrasses de plage. Du côté des aléas côtiers, un peu plus de 70 % de la côte est naturelle et on anticipe une légère accumulation de sédiments (+0,07 m par an) au cours des prochaines années. Seule la partie ouest du segment devrait être soumise à l'érosion au même taux que le segment St-Omer Ouest. La totalité du segment est vulnérable à la submersion. Les ouvrages de protection en place couvrent 160 mètres et sont constitués d'enrochements pour lutter contre l'érosion.

Il est à noter que l'embouchure du ruisseau Stewart a été linéarisé (naturellement ou artificiellement) au cours de la dernière année, transformant la flèche littorale en cordon détaché du continent. Il existe cependant une dynamique cyclique naturelle similaire étalée sur une ou deux décennies où la flèche du ruisseau Stewart migre vers l'ouest et

finit par se séparer à l'est, avant de se coller au pédoncule du banc de St-Omer à l'ouest (C. Fraser, comm. pers.).



Figure 4.3 – Localisation et zone d'érosion d'ici 2065 – Banc St-Omer Centre

4.1.3 Segment Banc St-Omer Est

D'une longueur de 990 m, le segment Banc St-Omer Est s'étend de la rivière Stewart jusqu'à la route Beaulieu (figure 4.4). La côte y est assez basse et naturelle aux trois quarts, avec des terrasses de plage (58 %), de basses falaises meubles (29 %) et une portion de flèche littorale (13 %). Bien que les résidences ne soient pas exposées à court terme, certaines sont dotées de structures de protection, surtout des enrochements, dont les deux tiers (65 %) sont partiellement ou complètement endommagés.

Ce segment présente un taux de recul probable estimé à -0,72 m/an, alors que le taux événementiel est de -3,3 m pour la portion de falaises et de -12,2 m pour les terrasses de plage. La dérive littorale est dirigée vers l'ouest et l'apport sédimentaire principal vient de l'érosion de la terrasse de plage du site du Vieux Quai (immédiatement à l'est, -0,91 m par an).

Finalement, sur ce segment, la route et les réseaux d'infrastructures publiques se rapprochent graduellement du littoral jusqu'à être collés à la ligne de rivage à l'extrémité est.



Figure 4.4 – Localisation et zone d'érosion d'ici 2065 – Banc St-Omer Est

4.1.4 Problématique

Le secteur Banc St-Omer constitue la zone littorale la plus dynamique de la MRC d'Avignon. Le transit sédimentaire est important avec une migration des sédiments de l'est vers l'ouest. La flèche de la rivière Stewart plus à l'est se coupe de façon cyclique (à chaque 25 ans en moyenne) et les sédiments migrent rapidement vers le banc, ce qui permet un engraissement temporaire, telle une recharge naturelle récurrente. Toutefois, cet apport important de sédiments n'assure pas la stabilisation de la flèche à long terme. Cette dernière affiche un taux de recul historique très élevé de -1,9 m/an et les vagues franchissent déjà régulièrement le cordon littoral en formant d'importants lobes dans le marais.

Lors de la tempête de décembre 2010, la flèche et une partie du territoire à l'arrière de la lagune, dont la route Caissy, ont été complètement submergées. Aussi, en 1989, une

brèche s'est produite dans la partie ouest du banc de Saint-Omer, créant l'Île Laviolette. Le fond de la lagune est globalement en accrétion avec un taux historique de 0,16 m/an. L'exposition du fond de lagune est donc fortement dépendante de l'évolution du banc et des processus érosifs qui l'affecteront dans le futur.

En considérant la largeur de la flèche et son taux probable d'érosion, il est supposé qu'une brèche devrait bientôt se produire, soit en 2017. La formation d'une brèche au niveau du pédoncule viendrait diminuer l'efficacité avec laquelle le banc est en mesure d'atténuer le déferlement des vagues lors des épisodes de tempêtes. Par le fait même, les bâtiments situés à l'arrière de la lagune seraient davantage exposés à l'aléa de submersion et l'érosion devrait s'accélérer dans cette zone.

Le banc de St-Omer est utilisé pour des activités de plein-air par de nombreux résidents et le barchois de St-Omer constitue une zone protégée où plusieurs espèces d'oiseaux migrateurs viennent se réfugier. La figure 4.5 indique l'emplacement du refuge d'oiseaux de St-Omer. La perte ou des dommages à ce site en diminueraient l'usage et la valeur.



Source : Environnement Canada (2015a)

Figure 4.5 – Étendue du refuge d'oiseaux migrateurs de St-Omer

Le centre du secteur Banc St-Omer est entièrement composé de terrasses de plage dont presque la moitié est en érosion. Bien que le nombre de bâtiments soit faible à cet endroit, la côte serait sujette à des épisodes de submersion qui pourraient endommager certains bâtiments.

À l'est du ruisseau Stewart, soit dans le segment Banc St-Omer Est, seuls des dommages liés à l'érosion sont à prévoir.

4.1.5 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 que les segments ouest et centre du banc de St-Omer subiront des épisodes de submersion pouvant endommager les bâtiments qui ont une faible élévation ou situés près de la rive. Elle implique également un recul graduel de la côte du banc de St-Omer à un rythme de -1,9 m par année dans sa partie ouest, une relative stabilité pour le segment central (+0,07 m par année) et un recul de -0,72 m par année dans sa partie est.

Concrètement, à mesure que la côte s'érodera, il y aura des pertes de terrain et certains bâtiments se retrouveront exposés. Des bâtiments à risque sont localisés dans tous les segments du secteur, mais la majorité se trouve à l'est. Il est supposé que ces bâtiments seront démolis lorsque la côte les touchera en leur point le plus près du trait de côte, puisqu'il ne sera plus sécuritaire d'y habiter. Pour les bâtiments n'étant pas exposés à l'érosion à l'horizon 2065, 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 jamais la démolition d'un bâtiment, elle causera plutôt des dommages en fonction des hauteurs d'eau atteintes lors des épisodes.

L'option de non-intervention prévoit également que l'érosion engendrera une brèche dans la flèche du banc de St-Omer en 2017. Les milieux humides autour de la lagune seront alors détruits et les services écologiques fournis par le marais définitivement perdus. Cette perte est prise en compte dans l'ACA.

4.1.6 Options d'adaptation

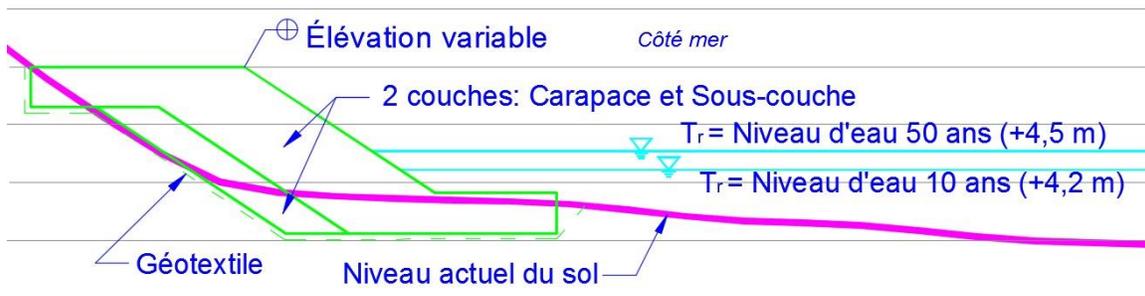
Cette section présente l'ensemble des options d'adaptation ayant été considérées dans une ou plusieurs des zones à risque du secteur Banc St-Omer. Trois grands types d'options ont été proposés soient des structures côtières rigides (enrochement), des structures côtières mobiles (recharge de plage, recharge de plage avec épis, recharge de plage avec bio-ingénierie) et l'immunisation combinée ou non à la relocalisation stratégique. Le tableau 4.1 présente les options proposées pour chacun des segments du secteur Banc St-Omer.

Tableau 4.1 – Options mises de l'avant pour chacun des segments du secteur Banc St-Omer

Segment	Structures côtières rigides	Structures côtières mobiles	Option sans structure côtière
Banc St-Omer Ouest		Recharge de plage Recharge de plage avec épis Recharge de plage avec bio-ingénierie	Immunisation et relocalisation stratégique
Banc St-Omer Centre	Enrochement		Immunisation et relocalisation stratégique
Banc St-Omer Est	Enrochement	Recharge de plage Recharge de plage avec épis	Relocalisation stratégique

a) *Enrochement (EN)*

Cette mesure consiste à protéger la côte par enrochement classique avec une pente d'un mètre de hauteur par 1,5 m de largeur. La figure 4.6 présente une coupe-type d'un enrochement qui s'appliquerait dans ce secteur. Il s'agit d'un enrochement classique 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. Selon Baird (2015), cette solution à l'avantage de moins interférer avec la dynamique sédimentaire. Elle permettrait de freiner l'érosion et serait en mesure d'éviter tous les dommages de submersion sur l'horizon temporel retenu.



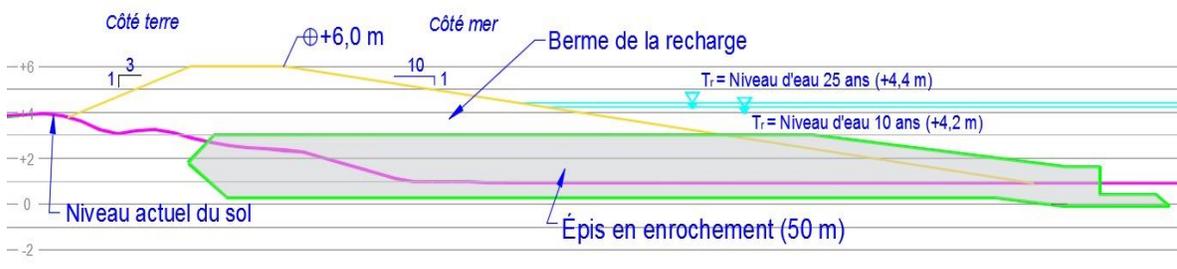
Source : Baird (2015)

Figure 4.6 – Coupe-type de l'enrochement

b) Recharge de plage avec épis (RPE)

La protection par recharge de plage est basée sur le principe de retour vers les conditions morphologiques historiques des plages de Carleton-sur-Mer. La protection de la rive par une recharge de plage avec épis est envisagée à St-Omer Ouest et à St-Omer Est. Les analyses préliminaires suggèrent qu'entre 100 et 150 m³ de sédiments seraient nécessaires par mètre linéaire de côte. Des épis viendraient stabiliser les sédiments et accroître la durée de vie de la recharge sur l'horizon retenu de 50 ans.

La figure 4.7 présente la coupe-type d'une recharge de plage avec épis qui s'appliquerait dans le secteur. Considérant les niveaux d'eau extrêmes prévus pour ce secteur, la conception préliminaire suggère que la recharge devrait atteindre 6 mètres de hauteur.



Source : Baird (2015)

Figure 4.7 – Coupe-type d'une recharge de plage avec épis

c) *Recharge de plage (RP)*

Une recharge de plage sans épis est également envisageable dans le secteur Banc St-Omer. Toutefois, une telle recharge aurait une durée de vie plus courte que la recharge avec épis, puisque le matériel déposé sur la plage pourrait circuler plus facilement et donc s'éroder plus rapidement. Selon la conception préliminaire, l'absence d'épis entraînerait une perte de matériel de l'ordre de $10 \text{ m}^3/\text{m.l./an}$. Ces pertes signifient que le matériel devrait être redistribué ou qu'une nouvelle recharge serait réalisée tous les 10 à 15 ans.

d) *Recharge de plage avec bio-ingénierie (RPB)*

L'option de recharge de plage avec bio-ingénierie proposée pour le segment St-Omer Ouest est considérée plus esthétique que la recharge de plage avec épis, mais elle implique des coûts de construction additionnels. Les critères de conception sont similaires, notamment au niveau de la hauteur de la crête de la recharge et des quantités de matériel requis.

e) *Immunsation et relocalisation stratégique (IRS)*

L'immunsation est une solution envisageable seulement pour les bâtiments qui ne seront pas exposés à l'érosion au cours des 50 prochaines années. L'immunsation 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'hypothèse retenue pour procéder à l'immunsation est qu'un bâtiment doit être immunsé lorsque le niveau d'eau extrême engendré par une tempête de récurrence 20 ans atteint le rez-de-chaussée du bâtiment. Il est à noter que ces niveaux d'eau représentent des projections plutôt que des réalisations. C'est donc en fonction de la vulnérabilité prévue aux tempêtes que les bâtiments sont immunsés.

Pour sa part, 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.

4.1.7 Impacts appréhendés

Le secteur Banc St-Omer est riche tant au niveau de l'environnement bâti que de l'environnement naturel. 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. D'une part, il y a les impacts liés à l'érosion et à la submersion, qui comprennent essentiellement l'ensemble des dommages causés aux infrastructures et aux terrains. D'autre part, il y a les impacts indirects, de nature économique, environnementale ou sociale, qui sont associés à la mise en place des options d'adaptation proposées. Le tableau 4.2 présente les impacts appréhendés des six options étudiées dans le cadre de l'analyse coûts-avantages du secteur Banc St-Omer, soit la non-intervention (NI), l'enrochement (EN), la recharge de plage avec épis (RPE), la recharge de plage avec bio-ingénierie (RPB) la recharge de plage (RP) ainsi que l'immunisation et la relocalisation stratégique (IRS).

Tableau 4.2 – Impacts appréhendés selon les options d'adaptation – secteur Banc St-Omer

Type d'impact	Impact appréhendé	NI	EN	RPE	RP	RPB	RS
Impacts liés à l'érosion/submersion	Pertes de terrain	X					X
	Dommages ou pertes de bâtiments résidentiels et commerciaux	X					X
	Dommages aux infrastructures publiques liés aux tempêtes	X					X
Impacts économiques	Modification de la valeur des terrains	X					X
Impacts environnementaux	Pertes des services écologiques du marais saumâtre	X					X
Impacts sociaux	Qualité de vie (anxiété, insécurité, dérangement)	X					X
	Perte ou gain de la valeur d'usage du littoral	X	X	X	X	X	X
	Perte 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 occasionne des pertes de terrain et des dommages aux bâtiments. L'enrochement, la recharge de plage, la recharge de plage avec épis, la recharge de plage avec bio-ingénierie permettraient de se prémunir contre ces aléas côtiers pour les 50 prochaines années. Quant à l'option de l'immunisation combinée à la relocalisation stratégique, bien qu'elle ne freine pas directement le processus érosif, elle réduit les dommages aux bâtiments liés à l'érosion et à la submersion.

Les impacts économiques concernent la perte de valeur des terrains lorsque ceux-ci sont déclarés non constructibles. Cela se produit lorsque la superficie restante d'un terrain est insuffisante pour reconstruire en respectant les normes de la municipalité, après le déménagement d'un bâtiment à cause de l'érosion. Le terrain perd alors son statut de terrain constructible et par le fait même sa valeur économique.

Les impacts environnementaux potentiels des options de non-intervention et d'immunisation combinée à la relocalisation stratégique sont très importants puisqu'ils supposent l'ouverture de la flèche en 2017, laquelle conduirait à la perte des services écologiques fournis par le marais saumâtre. Par contre, l'empiètement dans la mer des autres options d'adaptation ne devrait pas avoir d'impact environnemental significatif d'après les informations qui ont été recueillies auprès d'experts environnementaux locaux. De même, il n'y a aucune zone de fraie inventoriée dans ce secteur⁶.

Au niveau des enjeux sociaux, la non-intervention et la relocalisation stratégique priveraient certains résidents de la vue et/ou de l'accès qu'ils ont actuellement à la mer. De plus, la brèche anticipée au niveau du pédoncule de la flèche littorale engendrerait une perte d'accès à ce site pour les résidents. La valeur accordée à l'usage du littoral serait donc modifiée. Enfin, pour les résidents vivant à proximité du littoral dans ce secteur, les événements de tempête peuvent être des moments de grande insécurité et de stress affectant leur qualité de vie, comme cela a été documenté sur la Côte-Nord

⁶ Une évaluation approfondie des impacts environnementaux potentiels devra être réalisée avant qu'une option d'adaptation soit mise en place. Cette évaluation permettra de confirmer ou non les impacts appréhendés et les coûts reliés à une telle évaluation sont pris en compte dans l'ACA.

(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

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

4.2.1 Impacts liés à l'érosion et à la submersion

Les coûts directs de l'érosion et de la submersion associés à la non-intervention correspondent généralement aux avantages qu'offrent certaines des options d'adaptation, puisque celles-ci visent souvent à éviter les processus érosifs et de submersion. En monétisant ces impacts, il est possible de mettre en perspective les enjeux relatifs aux actifs à risque si aucune mesure n'est mise en place. À moins d'avis contraire, tous les impacts liés à l'érosion et à la submersion présentés dans les paragraphes qui suivent sont associés à l'option de non-intervention.

a) Pertes physiques de terrain

Les pertes de terrain anticipées dues à l'érosion dans ce secteur varient d'un segment à l'autre selon les scénarios d'érosion fournis par l'UQAR. La superficie perdue est calculée sur la base des taux d'érosion probables, lesquels sont évalués à -1,9 m par année dans la partie ouest et à -0,72 m dans la partie est de ce secteur. C'est ainsi que sur 50 ans, respectivement 95 et 36 mètres de côte seront érodés du côté ouest et du côté est du secteur Banc St-Omer (voir figures 4.2 à 4.4). La valeur économique des terrains a été estimée en se référant au rôle d'évaluation de Carleton-sur-Mer de 2014, lequel a été ajusté pour être 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 ce moment, la valeur résiduelle du terrain est comptabilisée comme perte totale, car le terrain est considéré non constructible. Il est à noter que la valeur résiduelle d'un terrain, lorsque considéré non constructible, est

déterminée en soustrayant de la valeur totale du terrain la valeur des pertes annuelles dues à l'érosion ayant déjà été comptabilisées.

Des pertes de terrain sont comptabilisées pour le scénario de non-intervention de même que pour l'option d'immunisation combinée à la relocalisation stratégique. Des pertes liées à l'érosion sont aussi comptabilisées pour les trois types de recharges de plage ainsi que pour 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 dommages ou pertes de bâtiments découlent des impacts des aléas côtiers de submersion et d'érosion. Les dommages ou pertes de bâtiments causés par l'érosion seront comptabilisés 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. 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 un 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.

Comme mentionné à la section 3.3.4, les dommages ou pertes de bâtiments dus aux épisodes de submersion sont plus difficiles à estimer. Le dommage correspondant est calculé 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 bâtiment résidentiel et commercial localisé dans le segment. Ces dommages permettent ensuite de calculer un dommage annuel moyen (DAM) pour chaque bâtiment. Celui-ci est considéré 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 en tenant compte de la hausse du niveau marin prévue dans la zone d'étude.

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 une perte totale et le bâtiment démoli.

c) Dommages ou pertes d'infrastructures publiques

La tempête de 2010 a engendré un épisode de submersion qui s'est étendue aux petites rues bordant le secteur. Les routes Caissy et Arseneault ont nécessité une opération de nettoyage qui a requis l'effort de quelques travailleurs municipaux et l'utilisation de machinerie. Les coûts encourus pour cette option sont de l'ordre de quelques centaines de dollars. Ces dépenses étant considérées comme négligeables, celles-ci n'ont pas été prises en compte dans la présente analyse.

4.2.2 Impacts économiques

Les impacts économiques dans le secteur Banc St-Omer sont liés à la modification de la valeur des propriétés. Cette perte survient lors du déménagement d'un bâtiment sur un autre terrain. Pour l'option d'immunisation combinée à la relocalisation stratégique, l'ancien terrain est alors déclaré non constructible. 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.

Pour les autres options d'adaptation retenues, un terrain peut être déclaré non constructible lorsque son bâtiment principal est touché par l'érosion. Toutefois, la perte de valeur du terrain est alors considérée comme une perte liée à l'érosion plutôt que comme un impact économique. Ainsi, les impacts économiques décrits dans ce paragraphe ne s'appliquent que pour la solution d'immunisation et relocalisation stratégique.

4.2.3 Impacts environnementaux

Le principal enjeu environnemental du secteur se situe au niveau de la protection du marais saumâtre. Ce marais en milieu marin constitue une zone protégée d'un grand intérêt, car il abrite un refuge d'oiseaux migrateurs. Une brèche du pédoncule de la flèche littorale aurait des répercussions majeures sur l'habitat et la flore de ce milieu. 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 évaluations

économiques de la valeur des marais en milieu marin au New Jersey, afin de déterminer une valeur économique moyenne pour ce type de milieu. Cette valeur a ensuite été segmentée selon les services écologiques rendus par le marais. La valeur économique obtenue pour la destruction d'habitat naturel et de refuge en marais saumâtre a été estimée à 230 \$US par acre en dollars de 2004, ce qui représente 856 \$ canadiens à l'hectare en dollars de 2012. Faute d'études canadiennes sur la valeur économique des marais saumâtres, les résultats obtenus dans l'état du New Jersey ont été jugés comme étant une bonne approximation de la valeur du marais saumâtre au Banc St-Omer.

Aucune modification importante d'habitats naturels n'est anticipée avec la mise en place de structures côtières rigides ou mobiles. Les zones envisagées pour l'implantation d'un enrochement sont pour la plupart déjà enrochées (structures privées), ce qui devrait limiter l'impact écologique de cette option. Dans le cas des recharges de plage, il a été considéré que cette option pourrait entraîner une amélioration du milieu naturel.

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, comme la proximité à des installations telles une école ou un centre-ville. 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 direct à la mer, toutes choses étant égales par ailleurs, coûterait environ 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 près de 9 000 \$ de plus qu'un terrain sans vue sur la mer.

La mise en place de plusieurs des options d'adaptation envisagées affecte ces deux dimensions. L'enrochement dans la partie centrale du secteur Banc St-Omer bloque à la

fois l'accès et la vue sur la mer, puisque le terrain est situé en dessous de six mètres du niveau géodésique (soit la hauteur de crête de l'enrochement). Les options de non-intervention et la relocalisation stratégique, nécessitant respectivement la démolition ou le déplacement des bâtiments, impliquent également une perte de vue et d'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 bien documentée (voir notamment Brisson et Richardson, 2009). Cependant, il demeure extrêmement difficile de chiffrer la valeur de cette perte de bien-être en termes économiques. Ainsi, dans le cadre de cette analyse, cet impact est traité qualitativement en soulignant que toutes les options d'adaptation étudiées devraient améliorer la qualité de vie des résidents en diminuant l'insécurité par rapport à la situation de non-intervention.

c) Modification de la valeur d'usage du littoral

La flèche du banc de St-Omer est très utilisée par les résidents de Carleton-sur-Mer, en particulier par les résidents vivant à proximité du site. On s'y rend principalement pour la détente, la marche, faire des pique-niques et pour observer les oiseaux. Une brèche dans le pédoncule engendrerait une perte d'accès au site, laquelle aurait un impact important sur l'environnement social des résidents de St-Omer.

L'attribution d'une valeur à cette flèche littorale passe inévitablement par l'analyse de l'usage que les gens en font. Leurs comportements sont des indices qui permettent de déduire quelle place prend ce lieu dans la vie des résidents, comment ils le 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 une enquête sur les habitudes de fréquentation du banc de St-Omer, menée par Ouranos en août 2014, il a été possible d'attribuer une valeur d'usage à la flèche littorale. L'étude évaluait principalement le temps de transport pour se rendre au site et le temps passé sur le site. Le salaire horaire moyen net des travailleurs de la Gaspésie a été utilisé pour établir la valeur du temps passé sur le site. Toutefois si, lors de l'enquête, un usager connaissait un site alternatif où il aurait pu pratiquer le même genre

d'activités, la perte enregistrée ne correspondait alors qu'au temps de déplacement supplémentaire nécessaire pour utiliser le site alternatif. Dans le cas contraire, la perte enregistrée correspondait au temps total passé sur le site et le temps de déplacement pour s'y rendre et retourner à son domicile.

Cette enquête a permis d'établir que la valeur marginale de la flèche est de 177 091 \$ par année pour les résidents vivant à proximité, essentiellement les résidents de St-Omer. En extrapolant cette valeur sur l'horizon temporel considéré, la valorisation marginale de la flèche représente 3,6 M\$ à un taux d'actualisation de 4 %. Il est à noter que, compte tenu du nombre restreint de touristes rencontrés sur le site, ceux-ci ont été exclus de la valorisation. Ainsi, la valeur d'usage de la flèche littorale pourrait être légèrement supérieure à cette estimation, laquelle peut être considérée comme une borne minimale.

Le scénario de base prévoit que le pédoncule cèdera dès 2017. Ainsi, pour les options de non-intervention et de l'immunisation combinée à la relocalisation stratégique, il est supposé une perte d'accès complète à la flèche et donc de sa valeur d'usage. Les trois types de recharge de plage ont été conçus par la firme d'ingénierie Baird de manière à préserver l'accès à la flèche. La recharge de plage engendre généralement une amélioration de la valeur d'usage du littoral. Toutefois, comme la recharge de plage dans ce secteur n'est prévue que pour préserver l'entrée du pédoncule, aucune amélioration de la valeur d'usage n'a été comptabilisée.

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

Les différentes options d'adaptation envisagées impliquent des coûts de conception, de construction et d'entretien qui ont été estimés de façon préliminaire par des experts dans le domaine.

Les coûts de déménagement ou d'immunisation des bâtiments ont été estimés par la firme de déménagement Héneault et Gosselin Inc. qui a effectué une visite dans la région. Les prix fournis varient entre 1 300 \$ et 2 100 \$ du mètre linéaire selon le revêtement du bâtiment et selon que ce dernier doit être transporté sur la route, relocalisé sur le même terrain ou encore rehaussé (annexe C). Ces coûts unitaires ont

été appliqués à chacun des bâtiments nécessitant d'être relocalisé ou immunisé 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 ou immunisé, alors qu'il est plus important si le bâtiment est relocalisé sur un autre terrain. Dans le cas d'une relocalisation stratégique un autre terrain, les coûts comprennent également l'aménagement de services dans les quartiers qui accueilleront les bâtiments déménagés. Ces coûts sont estimés à 1 600 \$ du mètre linéaire de route.⁷

Dans le cas de l'enrochement, le coût a été établi par une firme d'ingénierie selon les critères de conception établis pour le site à l'étude (Baird, 2015). Le coût de l'enrochement se situe entre 3 300 \$ et 4 100 \$ du mètre linéaire. Ce montant inclut 20 % pour les études d'ingénierie, environnementale ou autres durant les deux années précédant la construction. Ce montant comprend également les frais de surveillance de chantier, des frais d'entretien de 2-3 % par année sur l'horizon de 50 ans et 30 % en frais de contingence. Finalement dans la région centrale du banc de Saint-Omer, il est nécessaire d'aménager le terrain pour la mise en place de l'enrochement ce qui occasionne des frais additionnels évalués à 400 \$ du mètre linéaire.

En ce qui concerne la recharge de plage, trois options sont considérées, soit une recharge de plage simple, une recharge de plage avec bio-ingénierie et une recharge de plage avec épis. La durée de vie moyenne d'une recharge de plage avec et sans bio-ingénierie est estimée à 12,5 ans, ce qui implique que sur l'horizon de 50 ans, trois recharges supplémentaires devront avoir lieu. L'option de recharge avec bio-ingénierie est plus esthétique que la simple recharge de plage, mais engendre des coûts de construction additionnels. Les critères de conception sont similaires, notamment au niveau de la hauteur de crête de la recharge et des quantités de matériel requis.

⁷ Les coûts d'aménagement ont été obtenus de la Ville de Carleton-sur-Mer pour des services équivalents à ceux offerts dans les zones à risque.

Les critères de conception sont similaires pour la recharge avec épis, mais sa durée de vie, avec un entretien approprié, est beaucoup plus importante. En effet, la stabilité des sédiments qui sont maintenus en place dans les cellules de plage porte la durée de vie de cette mesure à 50 ans, soit quatre fois plus longue que la recharge sans épis, mais nécessite un entretien annuel minimal.

Il est important de mentionner que l'option de 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 carré⁸ en plus de coûts fixes de 3 240 \$ et de 1 080 \$ respectivement pour l'enlèvement des fondations et un surcoût lié à la distance au site d'enfouissement le plus près.

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 dans le cadre du calcul de la VAN afin de comparer leur rentabilité économique.

Une analyse coûts-avantages a été effectuée pour chacun des trois segments du secteur Banc St-Omer, soit Banc St-Omer Ouest, Banc St-Omer Centre et Banc St-Omer Est, qui ont déjà présentés aux sections 4.1.1 à 4.1.3 inclusivement.

⁸ 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*. Ce coût a été actualisé à l'aide de l'Indice des prix à la consommation canadien (IPC).

4.3.1 Banc St-Omer Ouest

a) Calcul des coûts sur 50 ans

Cette section se concentre sur les coûts totaux de non-intervention et de la mise en œuvre de chacune des options d'adaptation. Tous les coûts sont actualisés à un taux de 4 % pour la période de 2015 à 2064⁹.

Dans le cas du segment Banc St-Omer Ouest, les options d'adaptation proposées sont la recharge de plage (RP), la recharge de plage avec épis (RPE), la recharge de plage avec bio-ingénierie (RPB) ainsi que l'immunisation et la relocalisation stratégique (IRS). La flèche littorale n'est pas un milieu où il est possible de mettre en place des structures rigides. La solution de l'enrochement n'a donc pas été retenue pour ce segment.

COÛTS LIÉS À LA NON-INTERVENTION

Les coûts liés à la non-intervention concernent essentiellement les dommages encourus par la submersion de même que l'érosion qui vient gruger le terrain et exposer les bâtiments localisés sur ce segment. 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 l'augmentation prévue du niveau marin. Plus précisément, le dommage annuel moyen (DAM) associé à la submersion varie entre 20 710 \$ et 143 335 \$ sur l'horizon d'étude. Ces dommages représentent une somme actualisée d'environ 1,62 M\$ sur l'horizon 2015-2064. Sur cette période, un total de 82 bâtiments serait touché par la submersion.

Les dommages d'érosion s'appliquent, quant à eux, de manière ponctuelle à mesure que les bâtiments sont exposés à l'érosion. Dans ce cas-ci, seul un bâtiment serait perdu en 2031 pour un coût total actualisé de 189 356 \$. La démolition de ce bâtiment coûterait 7 124 \$. Finalement, les pertes de terrains sont calculées annuellement et se chiffrent à 32 963 \$ sur l'ensemble de la période.

⁹ Le détail des coûts par année pour le secteur Banc St-Omer est présenté à l'annexe E.

Ce scénario implique également que la brèche du pédoncule prévue en 2017 engendrera une destruction du marais saumâtre. La perte annuelle de services écologiques qui y est associée est évaluée à 19 908 \$ par année à partir de 2017 ce qui représente une perte de 405 716 \$ sur l'horizon temporel retenu.

Au niveau social, la non-intervention entraîne une perte de vue et d'accès à la mer pour le bâtiment exposé à l'érosion et qui est démolie en situation de non-intervention. Cette perte monétaire actualisée se chiffre à 14 911 \$. De plus, ce scénario prévoit une perte d'accès au pédoncule qui engendre une perte de valeur d'usage de 177 091 \$ par année pour une valeur actualisée de 3,61 M\$.

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 5,88 M\$.

COÛTS LIÉS À LA RECHARGE DE PLAGE

Le coût actualisé de mise en place de la recharge de plage implique à la fois des coûts d'ingénierie, des coûts d'étude d'impact environnemental et des coûts d'entretien qui totalisent un peu plus de 2,5 M\$.

La mesure de protection par recharge de plage permet d'éviter tous les coûts liés à l'érosion une fois sa construction en 2018. Cependant, cette mesure ne fait que réduire les dommages de submersion, car les bâtiments continueraient d'être affectés par les niveaux d'eau extrêmes lors de tempêtes. En effet, malgré que la recharge de plage permette d'empêcher qu'une brèche se crée au niveau de la flèche littorale et donc d'éviter la submersion causée par le jet de rive lors de tempêtes, elle ne permet pas d'éviter que la surcote atteigne les bâtiments à l'arrière de la flèche. Ainsi, des dommages associés à l'aléa de submersion sans jet de rive sont anticipés et le coût total de ces dommages s'élève à 706 899 \$ sur l'horizon temporel.

Enfin, les travaux de mise en place de la recharge de plage n'étant exécutés qu'à la fin de 2017, il est requis de comptabiliser les dommages dus à l'érosion pour la période 2015-2017 qui s'élèvent à 12 072 \$.

Ainsi, les coûts totaux pour la recharge de plage s'élèvent à environ 3,22 M\$.

COÛTS LIÉS À LA RECHARGE DE PLAGE AVEC BIO-INGÉNIERIE

Le coût actualisé de mise en place de la recharge de plage avec bio-ingénierie qui inclut les coûts d'ingénierie, les coûts d'étude d'impact environnemental et les coûts d'entretien totalisent environ de 3,25 M\$.

Cette solution permet d'éviter tous les coûts liés à l'érosion une fois mise en place. Cependant, tout comme la recharge de plage simple, des bâtiments continueraient d'être affectés par la surcote lors de tempêtes. En fait, les coûts additionnels de construction n'accroissent pas pour autant la protection offerte par la recharge de plage.

Les coûts totaux associés à cette option sont donc de 3,97 M\$ sur l'horizon temporel retenu.

COÛTS LIÉS À LA RECHARGE DE PLAGE AVEC ÉPIS

Les coûts liés à la recharge de plage avec épis sont très similaires à ceux sans épis. La différence provient de la réduction de la fréquence des entretiens et de l'augmentation des coûts de construction. Le coût de cette option sur l'horizon temporel considéré s'élève à 2,57 M\$.

Les coûts associés à la submersion et à l'érosion sont, quant à eux, les mêmes que pour les autres types de recharge de plage, soit respectivement de 706 899 \$ et 12 072 \$.

Les coûts totaux pour la recharge de plage avec épis s'élèvent ainsi à 3,29 M\$.

COÛTS LIÉS À L'IMMUNISATION ET RELOCALISATION STRATÉGIQUE

Les coûts de l'immunisation et de la relocalisation stratégique sont essentiellement liés à l'ampleur de la mesure elle-même qui nécessite le déménagement d'un bâtiment et l'immunisation de deux autres à des horizons différents. Le coût actualisé de mise en œuvre de cette option est de 121 000 \$.

Les dommages associés aux épisodes de submersion qui se poursuivront avec cette option représentent une somme actualisée de 1,59 M\$ sur l'horizon 2015-2064. Par

ailleurs, les coûts reliés à la perte de terrain à cause de l'érosion doivent également être comptabilisés et ils sont de l'ordre de 32 381 \$.

Tout comme dans la situation de non-intervention, cette option prévoit l'ouverture du pédoncule de la flèche littorale en 2017. Ceci implique une perte d'accès à la flèche qui engendra une perte de valeur d'usage de 177 091 \$ par année pour une valeur actualisée de 3,61 M\$. Il y aura également destruction du marais saumâtre ce qui représente une perte de 405 716 \$ sur l'ensemble de la période

À ces coûts s'ajoutent les coûts associés à la perte de vue et d'accès à la mer, de même que la perte de valeur économique des terrains qui sont respectivement de 16 128 \$ et de 24 324 \$. Au total, la VAN de ce scénario s'élève à un peu moins de -5,8 M\$.

b) Calcul des avantages sur 50 ans

Les options d'adaptation étudiées pour le segment Banc St-Omer Ouest ne génèrent pas d'avantages particuliers en termes environnementaux, touristiques, récréatifs ou sociaux. Les avantages des options sont essentiellement les coûts évités en matière d'érosion et de submersion par rapport à l'option de non-intervention. Seules les valeurs résiduelles des ouvrages de protection peuvent être considérées comme des avantages des options. Toutefois, celles-ci sont ici traitées directement dans le coût des options en raison de leur lien direct avec celles-ci et de leur faible ampleur.

c) Valeur actualisée nette et comparaison des options

La valeur actualisée nette des options d'adaptation retenues a été calculée sur la base des coûts quantifiés et monétisés précédemment. La VAN permet, entre autres, de discriminer les options en fonction de la performance économique. La VAN de même que les principales catégories de coûts et d'avantages de chaque option d'adaptation sont présentées à la figure 4.8 et au tableau 4.3. La figure permet de comparer l'importance des différents coûts et avantages de chacune des options d'adaptation.

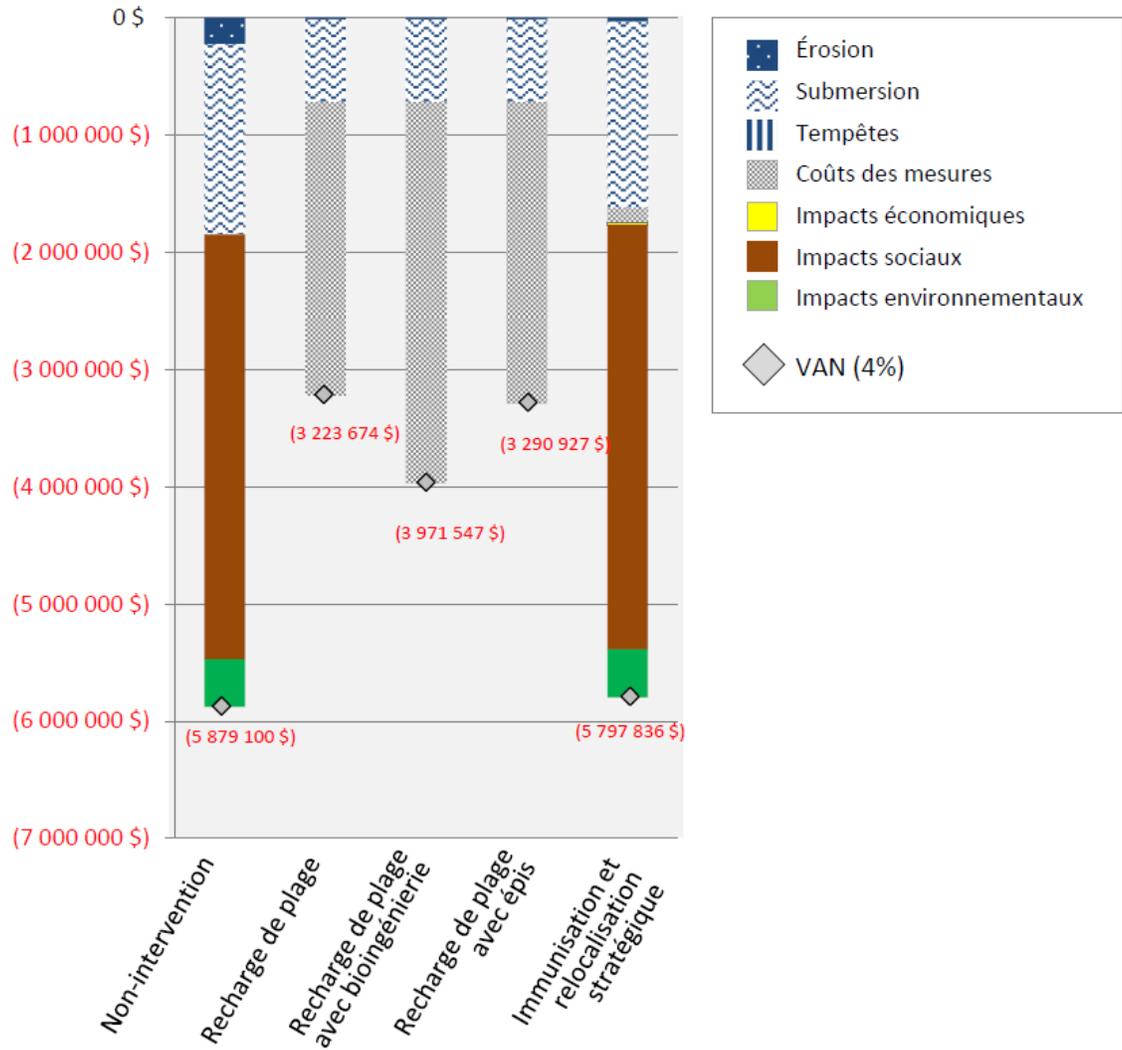


Figure 4.8 – Ventilation des coûts et avantages par option – Banc St-Omer Ouest

Tableau 4.3 – Coûts et avantages actualisés des options d'adaptation – Banc St-Omer Ouest

Impacts actualisés nets	Non-intervention	Recharge de plage	Recharge de plage avec bio-ingénierie	Recharge de plage avec épis	Immunisation combinée à la relocalisation stratégique
Érosion*	(222 320 \$)	(12 072 \$)	(12 072 \$)	(12 072 \$)	(32 381 \$)
Submersion*	(1 619 922 \$)	(706 899 \$)	(706 899 \$)	(706 899 \$)	(1 589 179 \$)
Coûts des options	(7 124 \$)	(2 504 703 \$)	(3 252 576 \$)	(2 571 956 \$)	(121 002 \$)
Impacts économiques	- \$	- \$	- \$	- \$	(24 324 \$)
Impacts environnementaux	(405 716 \$)	- \$	- \$	- \$	(405 716 \$)
Impacts sociaux	(3 624 018 \$)	- \$	- \$	- \$	(3 625 235 \$)
VAN	(5 879 100 \$)	(3 223 674 \$)	(3 971 547 \$)	(3 290 927 \$)	(5 797 836 \$)
Avantages p/r non-intervention		2 655 426 \$	1 907 553 \$	2 588 173 \$	81 264 \$
Ratios avantages-coûts		2,06	1,59	2,01	1,55

*« Érosion » et « Submersion » incluent les dommages aux bâtiments, infrastructures et terrains.

Aucun des scénarios envisagés ne génère une VAN positive. Toutefois, toutes les options ont une VAN inférieure à la VAN de la non-intervention, ce qui démontre qu'il est préférable d'intervenir. La recharge de plage est l'option la plus rentable pour le segment alors que les coûts actualisés de cette mesure sont inférieurs d'environ 2,66 M\$ à l'option de non-intervention. Les deux autres types de recharge de plage s'en tirent également très bien avec respectivement des coûts actualisés inférieurs de 1,91 M\$ et de 2,59 M\$ pour la recharge avec bio-ingénierie et la recharge avec épis. Les ratios avantages-coûts démontrent également que la recharge de plage est l'option la plus avantageuse selon cet indicateur. Le ratio de cette option atteint 2,06 \$ d'avantages pour chaque dollar investi. Le ratio de la recharge de plage avec épis, deuxième option la plus rentable, est quelque peu inférieur, mais atteint tout de même 2,01 \$ d'avantages par dollar de coûts.

Dans l'ensemble, les recharges de plage sont plus rentables que la non-intervention parce qu'elles permettent de conserver la valeur d'usage de la flèche littorale (impacts sociaux) et d'empêcher la destruction du marais (impacts environnementaux). La différence de VAN entre ces trois options se situe simplement au niveau du coût de mise en place de la mesure d'adaptation. Finalement, l'option d'immunisation et de relocalisation stratégique offre aussi un avantage net par rapport à la non-intervention, mais il est uniquement de 81 264 \$. Elle est un peu plus avantageuse que la non-intervention notamment parce qu'elle permet de sauver un bâtiment de l'érosion.

En résumé, les résultats de l'analyse économique indiquent que la recharge de plage constitue la solution la plus rentable pour ce segment et que toutes les options d'adaptation seraient plus efficaces que la non-intervention.

La figure 4.9 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 solution devient plus avantageuse que la non-intervention. Il est possible de constater que la recharge de plage devient plus avantageuse dès 2022. La recharge de plage avec bio-ingénierie et avec épis deviennent, quant à elles, plus avantageuses un peu plus tard soit en 2024 et 2028 respectivement.



Figure 4.9 – Somme actualisée des avantages nets par rapport à la non-intervention entre 2015 et 2064 – Banc St-Omer Ouest

d) *Analyse de sensibilité*

La présente 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 ici apportées aux hypothèses concernant le taux d'actualisation, les niveaux d'eau extrêmes et l'année d'ouverture de la flèche du banc de St-Omer. Le tableau 4.4 précise les analyses de sensibilité ayant été effectuées.

Tableau 4.4 – Paramètres de l'analyse de sensibilité – Banc St-Omer Ouest

Paramètre	Variation
Taux d'actualisation	± 2 %
Niveaux d'eau extrêmes	+ 50 cm
Ouverture de la flèche retardée à 2030	+ 13 ans

Les sections suivantes présentent les variations de coûts et d'avantages de chacune des options considérées suite à la modification des hypothèses indiquées au tableau 4.4.

TAUX D'ACTUALISATION

Comme l'illustre le tableau 4.5, une variation du taux d'actualisation entraîne un changement des coûts liés à la non-intervention et à chacune des options d'adaptation, L'utilisation d'un taux d'actualisation plus faible (2 %) a pour effet d'augmenter l'importance relative des impacts ayant lieu à des moments plus tardifs sur l'horizon temporel considéré. Au contraire, un taux d'actualisation plus élevé (6 %) donne plus l'importance aux coûts et avantages enregistrés au début de l'horizon temporel.

Tableau 4.5 – Analyse de sensibilité – Taux d'actualisation de 2 et 6 %

Options d'adaptation	Taux d'actualisation		
	2 %	4 % (base)	6 %
VAN Non-intervention	(8 798 129 \$)	(5 879 100 \$)	(4 208 772 \$)
VAN Recharge de plage	(4 545 778 \$)	(3 223 674 \$)	(2 464 911 \$)
VAN Recharge de plage avec bio-ingénierie	(5 571 060 \$)	(3 971 547 \$)	(3 049 294 \$)
VAN Recharge de plage avec épis	(4 127 893 \$)	(3 290 927 \$)	(2 785 675 \$)
VAN Immunisation et relocalisation stratégique	(8 679 344 \$)	(5 797 836 \$)	(4 153 147 \$)
Recharge de plage - Avantage net par rapport à la non-intervention	4 252 351 \$	2 655 426 \$	1 743 861 \$
Recharge de plage avec bio-ingénierie - Avantage net par rapport à la non-intervention	3 227 069 \$	1 907 553 \$	1 159 478 \$
Recharge de plage avec épis - Avantage net par rapport à la non-intervention	4 670 236 \$	2 588 173 \$	1 423 097 \$
Immunisation et relocalisation stratégique - Avantage net par rapport à la non-intervention	118 785 \$	81 264 \$	55 625 \$

Pour le segment Banc St-Omer Ouest, on constate que le taux d'actualisation a le même effet sur la rentabilité de toutes les options d'adaptation. En effet, tel qu'indiqué

au tableau 4.5, 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 mesures de protection des côtes. Toutefois, la diminution du taux d'actualisation a pour effet de rendre plus avantageuse la recharge de plage avec épis puisque le coût de réalisation de cette option se retrouve surtout en début de période d'analyse. Soulignons cependant que l'écart entre les valeurs des VAN des options de recharge de plage sans épis et avec épis est assez faible dans tous les cas.

NIVEAUX D'EAU EXTRÊMES

Comme il a déjà été mentionné au chapitre 3, la projection des niveaux d'eau extrêmes et des périodes de retour est un exercice complexe qui dépend à la fois de la disponibilité et de la qualité des données requises dans les secteurs à l'étude. Cette projection implique de combiner de nombreux facteurs ayant des niveaux d'incertitude à différents degrés. Le rehaussement marin, les valeurs extrêmes de vague et de niveau 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 aux fins de l'analyse de sensibilité ont été augmentés de 50 cm par rapport aux valeurs retenues dans l'ACA. Cette analyse de sensibilité a une limite importante, car il est possible que les mesures 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. En effet, les dommages anticipés dus à la submersion augmenteraient d'environ 2,8 M\$ sur la période d'étude.

Les résultats de cette analyse de sensibilité sont présentés au tableau 4.6. Si les niveaux d'eau extrêmes augmentaient de 50 cm, les coûts des dommages liés à la submersion pour les différentes options seraient de 135 à 200 % supérieurs par rapport aux coûts estimés dans l'ACA de base. Pour sa part, la VAN comparée à la non-intervention de toutes les options d'adaptation augmenterait, car l'application des mesures de protection permet de protéger les bâtiments de dommages beaucoup plus

importants. Le scénario de la recharge de plage demeure l'option à privilégier avec une VAN comparée passant de 2,66 M\$ à 3,63 M\$. Cette option est suivie de très près par l'option de recharge de plage avec épis

Tableau 4.6 – Analyse de sensibilité – Augmentation des niveaux d'eau extrêmes de 50 cm

Options d'adaptation	Niveaux d'eau extrêmes	
	Hypothèses de base	+ 50 cm
VAN Non-intervention	(5 879 100 \$)	(8 267 495 \$)
VAN Recharge de plage	(3 223 674 \$)	(4 641 728 \$)
VAN Recharge de plage avec bio-ingénierie	(3 971 547 \$)	(5 389 601 \$)
VAN Recharge de plage avec épis	(3 290 927 \$)	(4 708 981 \$)
VAN Immunisation et relocalisation stratégique	(5 797 836 \$)	(8 039 994 \$)
Recharge de plage - Avantage net par rapport à la non-intervention	2 655 426 \$	3 625 767 \$
Recharge de plage avec bio-ingénierie - Avantage net par rapport à la non-intervention	1 907 553 \$	2 877 894 \$
Recharge de plage avec épis - Avantage net par rapport à la non-intervention	2 588 173 \$	3 558 514 \$
Immunisation et relocalisation stratégique - Avantage net par rapport à la non-intervention	81 264 \$	227 502 \$

OUVERTURE DE LA FLÈCHE DU BANC DE ST-OMER EN 2030

L'hypothèse de l'ouverture de la flèche du banc de St-Omer a un impact important sur les résultats de l'ACA. Étant donné que la flèche a tendance à « rouler » sur elle-même plutôt qu'à se briser, son ouverture en 2017 peut être considérée comme pessimiste. Par contre, compte tenu du rehaussement marin prévu l'ouverture de la flèche en 2030 est un scénario plutôt optimiste.

Ce dernier scénario entrainerait des coûts sociaux de 1,92 M\$ et des coûts environnementaux de 214 571 \$ ce qui représente une baisse d'environ 40 % des coûts totaux de l'option de non-intervention sur un horizon de 50 ans. Ainsi, les mesures

d'ingénierie deviennent moins avantageuses, car les coûts qu'elles permettent d'éviter diminuent avec cette nouvelle hypothèse.

Les résultats présentés au tableau 4.7 permettent d'affirmer que le retard de l'ouverture du pédoncule a une influence importante sur la valeur de la VAN des options d'adaptation par rapport à la non-intervention. Cependant, la recharge de plage demeure la solution la plus avantageuse suivie de près de la recharge de plage avec épis. La recharge de plage avec bio-ingénierie devient une option moins avantageuse que l'immunisation combinée à la relocalisation stratégique. En somme, la recharge de plage est l'option la plus efficiente et s'impose même lorsque l'ouverture du pédoncule survient plus tardivement.

Tableau 4.7 – Analyse de sensibilité – Ouverture de la flèche retardée à 2030

Options d'adaptation	Année de la brèche	
	2017	2030
VAN Non-intervention	(5 879 100 \$)	(3 638 244 \$)
VAN Recharge de plage	(3 223 674 \$)	(3 190 034 \$)
VAN Recharge de plage avec bio-ingénierie	(3 971 547 \$)	(3 937 907 \$)
VAN Recharge de plage avec épis	(3 290 927 \$)	(3 257 287 \$)
VAN Immunisation et relocalisation stratégique	(5 797 836 \$)	(3 557 592 \$)
Recharge de plage - Avantage net par rapport à la non-intervention	2 655 426 \$	448 210 \$
Recharge de plage avec bio-ingénierie - Avantage net par rapport à la non-intervention	1 907 553 \$	(299 663 \$)
Recharge de plage avec épis - Avantage net par rapport à la non-intervention	2 588 173 \$	380 957 \$
Immunisation et relocalisation stratégique - Avantage net par rapport à la non-intervention	81 264 \$	80 653 \$

SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DE SENSIBILITÉ

Le tableau 4.8 présente un sommaire des résultats des analyses de sensibilité ayant été réalisées. Ceux-ci indiquent que la solution de la recharge de plage demeure dans tous les cas sauf un, la plus avantageuse par rapport à l'option de non-intervention dans le

segment Banc St-Omer Ouest. La recharge de plage avec épis devient l'option à privilégier dans le cas d'une actualisation à 2 %.

Tableau 4.8 – Option d'adaptation la plus avantageuse selon l'analyse de sensibilité – Banc St-Omer Ouest

Hypothèses	Option plus avantageuse
Hypothèses de base	Recharge de plage
Taux d'actualisation de 2 %	Recharge de plage avec épis
Taux d'actualisation de 6 %	Recharge de plage
Niveaux d'eau extrêmes +50 cm	Recharge de plage
Brèche du pédoncule en 2030	Recharge de plage

4.3.2 Banc St-Omer Centre

a) Calcul des coûts sur 50 ans

Dans le cas du segment Banc St-Omer Centre, les options d'adaptation proposées sont l'enrochement (EN) ainsi que l'immunisation et la relocalisation stratégique (IRS). L'enrochement est la seule structure rigide retenue, car elle interfère moins au niveau de la dynamique sédimentaire du segment (Baird, 2015). De plus, la présence d'enrochements privés déjà installés à cet endroit minimise l'impact de la mise en place de cette structure sur la côte.

COÛTS LIÉS À LA NON-INTERVENTION

Les coûts liés à la non-intervention concernent essentiellement les dommages causés par la submersion et l'érosion. Le dommage annuel moyen associé à la submersion dans ce segment varie entre 19 906 \$ et 57 012 \$ au cours de l'horizon temporel considéré. Ces dommages représentent une somme actualisée de 634 747 \$.

Les dommages aux bâtiments dus à l'érosion s'appliquent, quant à eux, de manière ponctuelle à mesure que ceux-ci sont exposés à l'érosion. Dans le segment Banc St-Omer Centre, la perte d'un bâtiment d'une valeur estimée à 52 449 \$ est prévue en 2055. La démolition de ce bâtiment engendrera des coûts estimés à 3 398 \$. De plus,

les pertes de terrains se chiffrent à 27 483 \$ au cours de l'horizon temporel 2015-2064. Finalement, la perte de vue et d'accès à la mer pour ce bâtiment est estimée à 5 817 \$.

Les coûts totaux actualisés associés à l'option de non-intervention sont de l'ordre de 724 000 \$ sur une période de 50 ans.

COÛTS LIÉS À L'ENROCHEMENT

La mise en œuvre de l'option d'enrochement comprend des coûts d'ingénierie, d'études environnementales et de construction représentant une somme actualisée de 1,91 M\$. Cette option permet d'éviter tous les coûts liés à l'érosion et à la submersion dès sa construction. Toutefois, il faut tenir compte des dommages qui auront lieu avant la construction de l'ouvrage prévue en 2018. Ceux-ci représentent des sommes actualisées de 704 \$ et 57 451 \$ respectivement pour l'érosion et la submersion.

De plus, la solution de l'enrochement entraîne des impacts sociaux associés à la perte de vue et d'accès à la mer pour les résidents dont les bâtiments sont localisés à proximité de la côte. Ces pertes sont comptabilisées dès la mise en place de l'ouvrage et s'élèvent à 74 486 \$.

Ainsi, les coûts totaux actualisés liés à la mise en place de l'enrochement sont d'environ 2,05 M\$ sur l'horizon temporel 2015-2064.

COÛTS LIÉS À L'IMMUNISATION ET À LA RELOCALISATION STRATÉGIQUE

Dans ce segment, l'immunisation et la relocalisation stratégique impliquent le déplacement d'un bâtiment et l'immunisation de deux bâtiments à des horizons différents. Le coût total de l'immunisation et de la relocalisation stratégique s'élève ainsi à 28 609 \$. Ces coûts n'incluent pas ceux associés à la perte de vue et d'accès à la mer, de même que la perte de valeur économique des terrains qui sont respectivement de 6 544 \$ et de 6 707 \$. Les coûts reliés à la perte de terrain via l'érosion doivent également être comptabilisés et s'élèvent à 26 803 \$.

Quant aux dommages liés à la submersion, ils représentent des sommes actualisées de 634 631 \$ sur l'horizon temporel retenu. Ainsi, les coûts totaux actualisés de l'option d'immunisation et de relocalisation stratégique sont de l'ordre de 703 000 \$.

b) *Calcul des avantages sur 50 ans*

Les options d'adaptation étudiées dans le segment Banc St-Omer Centre 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 et de submersion par rapport à l'option de non-intervention.

c) *Valeur actualisée nette et comparaison des options*

La valeur actualisée nette (VAN) des options d'adaptation retenues a été calculée sur la base des coûts quantifiés et monétisés précédemment. La VAN de même que les principales catégories de coûts et d'avantages de chaque option d'adaptation sont présentées au tableau 4.9 et à la figure 4.10. Cette dernière permet de comparer l'importance relative des différents coûts et avantages de chaque option.

Tableau 4.9 – Coûts et avantages actualisés des options d'adaptation – Banc St-Omer Centre

Impacts actualisés nets	Non-intervention	Enrochement	Immunisation combinée à la relocalisation stratégique
Érosion*	(79 932 \$)	(704 \$)	(26 803 \$)
Submersion*	(634 747 \$)	(57 451 \$)	(634 631 \$)
Coûts des options	(3 398 \$)	(1 913 360 \$)	(28 609 \$)
Impacts économiques	- \$	- \$	(6 707 \$)
Impacts environnementaux	- \$	- \$	- \$
Impacts sociaux	(5 817 \$)	(74 486 \$)	(6 544 \$)
VAN	(723 894 \$)	(2 046 000 \$)	(703 294 \$)
Avantages p/r non-intervention		(1 322 107 \$)	20 600 \$
Ratios avantages-coûts		0,33	1,78

*« Érosion » et « Submersion » incluent les dommages aux bâtiments, infrastructures et terrains.

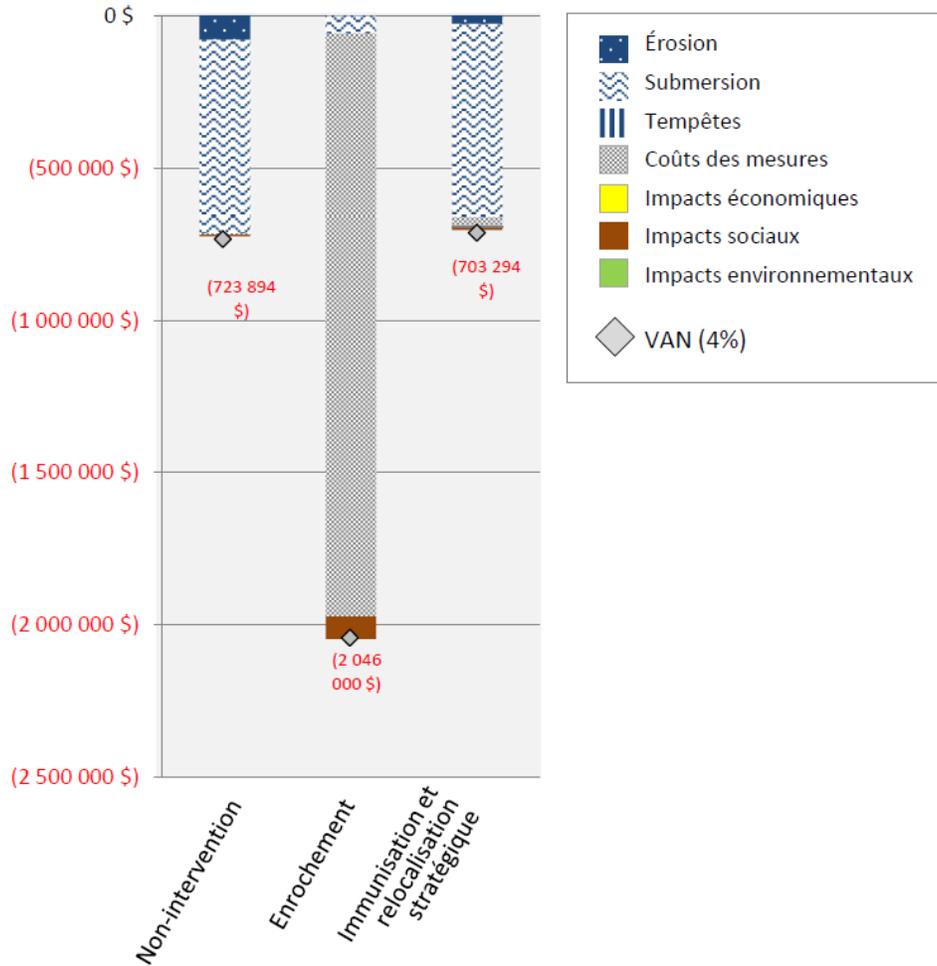


Figure 4.10 – Ventilation des coûts et avantages par option – Banc St-Omer Centre

Les résultats montrent qu'aucune des options envisagées ne génère une VAN positive. Dans le cas présent, la meilleure solution est celle qui minimise les coûts pour la société i.e. celle dont la VAN par rapport à la non-intervention est la plus élevée. L'absence d'intervention coûterait 723 894 \$ à la société sur 50 ans. Ce montant s'explique principalement par les dommages qu'entraînerait la submersion. L'enrochement constitue l'option la moins avantageuse pour la population gaspésienne puisque ses coûts actualisés sont supérieurs de 1,32 M\$ à ceux de la non-intervention. Par contre, la solution de l'immunisation et de la relocalisation stratégique présente un faible avantage de 20 600 \$ sur 50 ans comparé à la non-intervention. Les ratios avantages-coûts démontrent que l'immunisation et la relocalisation stratégique est également l'option la

plus avantageuse selon cet indicateur. Le ratio de cette option atteint 1,78 \$ d'avantages pour chaque dollar de coûts.

Ainsi, l'immunisation et la relocalisation stratégique constitue la solution la plus avantageuse pour le segment Banc St-Omer Centre. Cependant, il est important de noter que le faible écart entre la VAN de cette solution et la non-intervention ne permet pas de confirmer hors de tout doute que cette option est meilleure que la non-intervention. Les analyses de sensibilité permettront de mieux évaluer la performance économique de cette option.

La figure 4.11 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 solution devient plus avantageuse que la non-intervention. Il est ainsi possible de constater que l'immunisation et relocalisation stratégique devient une option plus avantageuse à la toute fin de l'horizon temporel considéré soit en 2054.

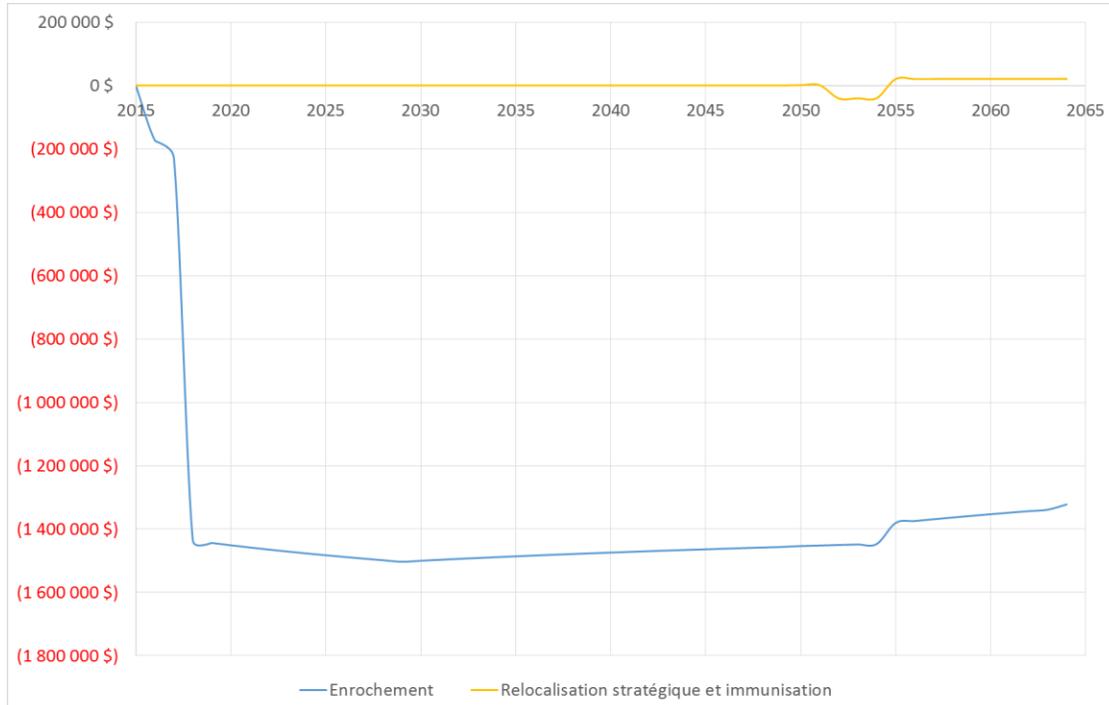


Figure 4.11 – Somme actualisée des avantages nets par rapport à la non-intervention entre 2015 et 2064 – Banc St-Omer Centre

d) *Analyse de sensibilité*

Cette section présente les VAN obtenues lorsque des hypothèses importantes de l'analyse sont modifiées. L'objectif est d'examiner la robustesse de la VAN suite à de telles modifications. Les hypothèses modifiées dans ce cas-ci sont le taux d'actualisation et les dommages liés à la submersion comme l'indique le tableau 4.10.

Tableau 4.10 – Paramètres de l'analyse de sensibilité – Banc St-Omer Centre

Paramètre	Variation
Taux d'actualisation	± 2 %
Niveaux d'eau extrêmes	+ 50 cm

TAUX D'ACTUALISATION

Dans l'option de non-intervention, une baisse du taux d'actualisation à 2 % diminue la VAN à -1,18 M\$ tandis qu'une augmentation du taux à 6 % augmente la VAN à -0,49. Le changement du taux d'actualisation a le même effet sur la rentabilité de toutes les options. En effet, tel qu'indiqué au tableau 4.11, 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 l'immunisation et de la relocalisation stratégique demeure dans tous les cas, une option légèrement plus avantageuse que la non-intervention pour le segment Banc St-Omer Centre.

Tableau 4.11 – Analyse de sensibilité – Taux d'actualisation de 2 et 6 %

Options d'adaptation	Taux d'actualisation		
	2 %	4 % (base)	6 %
VAN Non-intervention	(1 175 607 \$)	(723 894 \$)	(485 806 \$)
VAN Enrochement	(2 388 991 \$)	(2 046 000 \$)	(1 816 338 \$)
VAN Immunisation et relocalisation stratégique	(1 125 952 \$)	(703 294 \$)	(477 274 \$)
Enrochement - Avantage net par rapport à la non-intervention	(1 213 384 \$)	(1 322 107 \$)	(1 330 532 \$)
Immunisation et relocalisation stratégique - Avantage net par rapport à la non-intervention	49 655 \$	20 600 \$	8 532 \$

NIVEAUX D'EAU EXTRÊMES

Afin de mettre en perspective les incertitudes relatives aux niveaux d'eau extrêmes, une analyse de sensibilité a été réalisée en augmentant de 50 cm les niveaux d'eau extrêmes par rapport aux valeurs de référence de l'ACA. Les résultats de cette analyse de sensibilité sont présentés au tableau 4.12. Sous cette nouvelle hypothèse, les coûts des dommages liés à la submersion seraient supérieurs de 251 % à 297 % à ceux observés dans l'ACA de base.

Tableau 4.12 – Analyse de sensibilité – Augmentation de 50 cm des niveaux d'eau extrêmes

Options d'adaptation	Niveaux d'eau extrêmes	
	prévu	+ 50 cm
VAN Non-intervention	(723 894 \$)	(1 715 949 \$)
VAN Enrochement	(2 046 000 \$)	(2 159 352 \$)
VAN Immunisation et relocalisation stratégique	(703 294 \$)	(1 728 580 \$)
Enrochement - Avantage net par rapport à la non-intervention	(1 322 107 \$)	(443 403 \$)
Immunisation et relocalisation stratégique - Avantage net par rapport à la non-intervention	20 600 \$	(12 631 \$)

La hausse des niveaux d'eau extrêmes de 50 cm augmente fortement la VAN comparée de l'option d'enrochement puisqu'une fois l'ouvrage en place, cette option permet d'éviter les dégâts engendrés par la submersion et l'érosion. Ainsi, l'enrochement permet de protéger les bâtiments de dégâts beaucoup plus importants, mais les coûts évités ne sont pas suffisamment importants pour assurer la rentabilité économique de cette option. Quant à l'immunisation et à la relocalisation stratégique, elle est moins avantageuse dans cette nouvelle situation. Les coûts liés à la mise en œuvre de cette option sont supérieurs aux coûts évités sur l'horizon temporel considéré.

SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DE SENSIBILITÉ

Le tableau 4.13 suivant présente un sommaire des résultats des analyses de sensibilité ayant été réalisées. Ces résultats indiquent que l'immunisation et la relocalisation stratégique demeure la solution la plus avantageuse suite à une variation de ± 2 % du taux d'actualisation dans le segment Banc St-Omer Centre. Cependant, l'écart entre les VAN de l'immunisation et la relocalisation stratégique et celle de la non-intervention n'est jamais de plus de 50 000 \$. Il en est de même suite à une augmentation des niveaux d'eau extrêmes. Il est donc difficile de statuer sur l'option à privilégier entre ces deux options.

Tableau 4.13 – Option d'adaptation la plus avantageuse selon l'analyse de sensibilité – Banc St-Omer Centre

Hypothèses	Option plus avantageuse
Hypothèses de base	Immunisation et relocalisation stratégique
Taux d'actualisation de 2 %	Immunisation et relocalisation stratégique
Taux d'actualisation de 6 %	Immunisation et relocalisation stratégique
Niveaux d'eau extrêmes +50 cm	Non-intervention

4.3.3 Banc St-Omer Est

a) Calcul des coûts sur 50 ans

Cette section se concentre sur les coûts totaux de l'option de non-intervention et de la mise en œuvre de chacune des options d'adaptation. Dans le cas du segment Banc St-

Omer Est, les options proposées sont la recharge de plage (RP), la recharge de plage avec épis (RPE), l'enrochement (EN) ainsi que la relocalisation stratégique (RS). L'immunisation n'est pas une option considérée, car aucun actif n'est affecté par la submersion au cours de la période d'étude. Tous les coûts sont en dollars de 2012 actualisés à un taux de 4 %.

COÛTS LIÉS À LA NON-INTERVENTION

Les coûts liés à la non-intervention concernent essentiellement les dommages encourus par l'érosion qui vient gruger le terrain et exposer les bâtiments dans ce segment. Ces dommages s'appliquent de manière ponctuelle à mesure que les bâtiments sont exposés à l'érosion. Dans ce cas-ci, la perte de trois bâtiments est prévue pour un coût de 107 308 \$. À ces pertes est lié un coût de démolition actualisé de 11 106 \$ et des pertes de vue sur la mer de 3 924 \$. Finalement, les pertes physiques de terrain sont calculées annuellement et représentent un coût actualisé de 36 444 \$.

Ainsi, les coûts totaux actualisés de l'option de non-intervention sont de 158 781 \$ sur l'horizon d'étude.

COÛTS LIÉS À LA RECHARGE DE PLAGE

Les coûts actualisés de la mise en place de la recharge de plage comprennent à la fois les coûts d'ingénierie, d'études environnementales et d'entretien qui totalisent 2,27 M\$. La mesure de protection par recharge de plage permet d'éviter tous les coûts liés à l'érosion. Toutefois, étant donné les délais d'implantation d'une telle option, des dommages de 3 916 \$ avant 2018 ont été considérés. Aucune perte de vue sur la mer n'est anticipée, car les bâtiments sont plus élevés que la hauteur de crête de la recharge de plage.

Ainsi, les coûts totaux pour la recharge de plage s'élèvent à 2,28 M\$.

COÛTS LIÉS À LA RECHARGE DE PLAGE AVEC ÉPIS

Les coûts liés à la recharge de plage avec épis sont très similaires à ceux de la recharge sans épis. La différence provient d'une réduction de la fréquence des entretiens et de coûts de construction initiaux supérieurs. Sur l'horizon temporel, le coût de la mise en place et de l'entretien de la recharge avec épis s'élève à 1,6 M\$ et est inférieur à celui

de la recharge de plage sans épis de 0,67 M\$. Les coûts associés à l'érosion sont les mêmes que ceux associés à la recharge de plage sans épis, soit 3 916 \$.

Les coûts totaux pour la recharge de plage avec épis s'élèvent ainsi à 1,61 M\$.

COÛTS LIÉS À L'ENROCHEMENT

La mise en œuvre de l'option d'enrochement inclut des coûts d'ingénierie, d'études environnementales et de construction représentant une somme actualisée de 1,9 M\$. Cette option permet d'éviter tous les coûts liés à l'érosion. Toutefois, n'étant effective qu'à partir de 2018, des dommages dus à l'érosion totalisant 3 916 \$ ont été comptabilisés de 2015 à 2017.

Les coûts totaux de l'enrochement s'élèvent ainsi à 1,91 M\$.

COÛTS LIÉS À LA RELOCALISATION STRATÉGIQUE

Des coûts de relocalisation doivent être considérés lorsque des bâtiments se retrouvent à moins de 5 mètres du trait de côte. Sur l'horizon temporel retenu, trois bâtiments devront être relocalisés pour un coût total de 94 602 \$. Les coûts reliés à la perte de valeur des terrains déclarés non constructibles après la relocalisation des bâtiments s'élèvent à 6 100 \$ sur l'horizon temporel considéré. Les dommages liés à l'érosion des terrains totalisent 35 270 \$ sur l'ensemble de la période tandis que la perte de vue sur la mer résultant de la relocalisation est évaluée à 5 163 \$.

Au total, les coûts totaux actualisés liés à la relocalisation stratégique sont de 141 135 \$ sur l'horizon temporel 2015-2064.

b) Calcul des avantages sur 50 ans

Les options d'adaptation étudiées dans le segment Banc St-Omer Est ne génèrent pas d'avantages particuliers en termes environnementaux, touristiques, récréatifs ou sociaux. Les avantages des options sont essentiellement les coûts évités en matière d'érosion par rapport à la non-intervention.

c) Valeur actualisée nette et comparaison des options

La valeur actualisée nette (VAN) des options d'adaptation retenues a été calculée sur la base des coûts quantifiés et monétisés dans les sections précédentes. La VAN de même que les principales catégories de coûts et d'avantages de chaque option d'adaptation sont présentées au tableau 4.14 et à la figure 4.12. Cette dernière permet de comparer l'importance des différents coûts et avantages de chacune des options.

Aucune option d'adaptation ne génère une VAN positive. De plus, selon les résultats de l'analyse, les structures côtières rigides ou mobiles génèreraient peu d'avantages en comparaison aux investissements à consentir. La relocalisation stratégique est la seule option dont la VAN est positive par rapport à la non-intervention. Cet avantage comparatif est toutefois faible puisqu'il est de moins de 20 000 \$.

Tableau 4.14 – Coûts et avantages actualisés des options d'adaptation – Banc St-Omer Est

Impacts annualisés nets	Non-intervention	Recharge de plage	Recharge de plage avec épis	Enrochement	Relocalisation stratégique
Érosion*	(143 752 \$)	(3 916 \$)	(3 916 \$)	(3 916 \$)	(35 270 \$)
Coûts des options	(11 106 \$)	(2 273 482 \$)	(1603 149 \$)	(1 902 596 \$)	(94 602 \$)
Impacts économiques	- \$	- \$	- \$	- \$	(6 100 \$)
Impacts sociaux	(3 924 \$)	- \$	- \$	- \$	(5 163 \$)
VAN	(158 781 \$)	(2 277 398 \$)	(1 607 065 \$)	(1 906 512 \$)	(141 135 \$)
Avantages p/r non-intervention		(2 118 617 \$)	(1 448 284 \$)	(1 747 731 \$)	17 646 \$
Ratios avantages-coûts		0,07	0,10	0,08	1,17

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

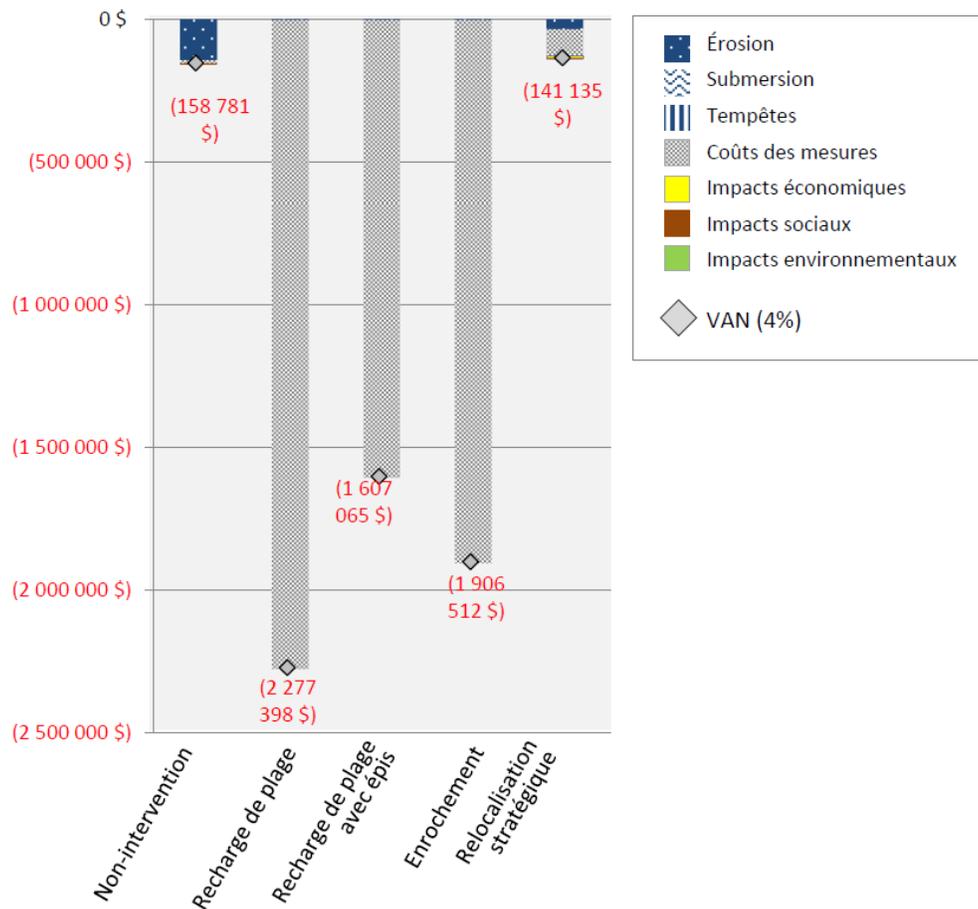


Figure 4.12 – Ventilation des coûts et avantages par option – Banc St-Omer Est

Les ratios avantages-coûts penchent également en faveur de la relocalisation stratégique puisque son ratio atteint 1,17 \$ d'avantages pour chaque dollar de coûts. Cette option offre donc des avantages légèrement positifs, mais il est difficile de conclure qu'une intervention est justifiée uniquement sur une base strictement économique.

La figure 4.13 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 solution devient plus avantageuse que la non-intervention. Il est ainsi possible de constater que la relocalisation stratégique devient légèrement plus avantageuse à partir de 2057. Le coût économique de la mise en place

des options d'ingénierie est plus élevé que celui de l'option de non-intervention, et ce, sur toute la période d'analyse.

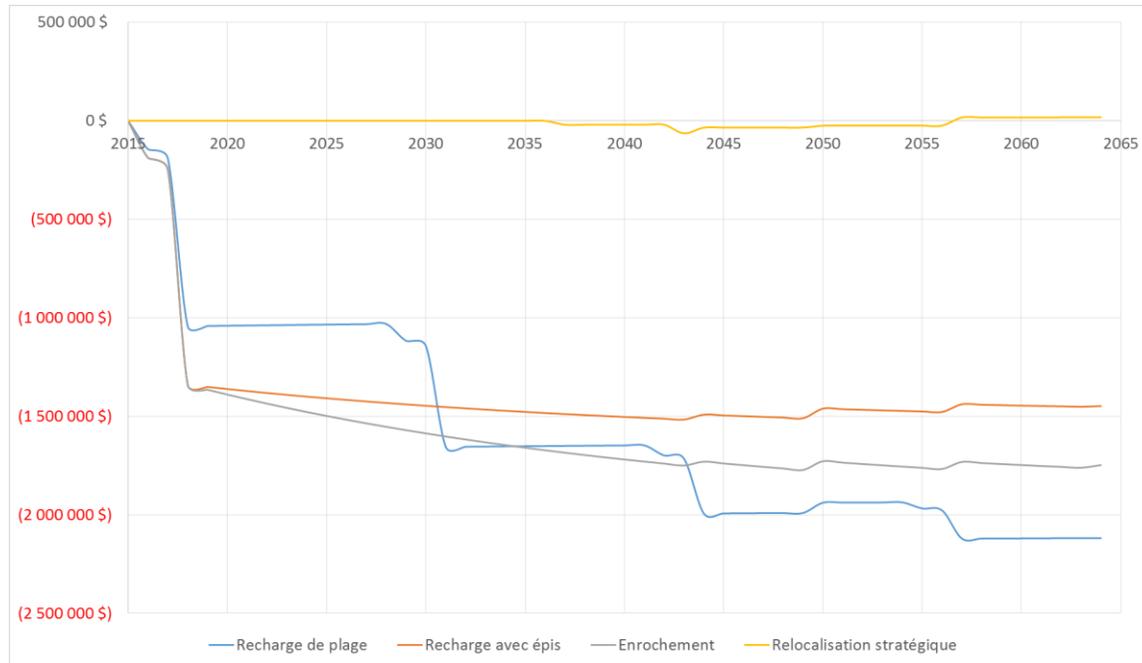


Figure 4.13 – Somme actualisée des avantages nets par rapport à la non-intervention entre 2015 et 2064 – Banc St-Omer Est

d) Analyse de sensibilité

La présente section présente les VAN obtenues lorsque des hypothèses importantes de l'analyse sont modifiées. Dans ce segment, seul l'effet d'une variation du taux d'actualisation sur les résultats de l'ACA a été considéré.

TAUX D'ACTUALISATION

Le tableau 4.15 présente les VAN résultantes des analyses de sensibilité effectuées sur le taux d'actualisation. Il est possible de constater que la relocalisation stratégique constitue la meilleure option, peu importe le taux d'actualisation. Toutefois, compte tenu du faible écart entre la VAN de cette solution et celle de la non-intervention, il est impossible de confirmer que la relocalisation stratégique soit sans contredit préférable. Si le sentiment d'insécurité avait pu être pris en compte quantitativement dans le cadre

de cette ACA, il est cependant probable que la relocalisation stratégique aurait été privilégiée plus clairement.

Tableau 4.15 – Analyse de sensibilité – Taux d'actualisation de 2 et 6 %

Options d'adaptation	Taux d'actualisation		
	2 %	4 % (base)	6 %
VAN Non-intervention	(300 385 \$)	(158 781 \$)	(88 670 \$)
VAN Recharge de plage	(3 119 090 \$)	(2 277 398 \$)	(1 781 294 \$)
VAN Recharge de plage avec épis	(1 808 680 \$)	(1 607 065 \$)	(1 464 014 \$)
VAN Enrochement	(2 249 619 \$)	(1 906 512 \$)	(1 678 092 \$)
VAN Relocalisation stratégique	(239 933 \$)	(141 135 \$)	(86 593 \$)
Recharge de plage - Avantage net par rapport à la non-intervention	(2 818 705 \$)	(2 118 617 \$)	(1 692 624 \$)
Recharge de plage avec épis - Avantage net par rapport à la non-intervention	(1 508 295 \$)	(1 448 284 \$)	(1 375 344 \$)
Enrochement - Avantage net par rapport à la non-intervention	(1 949 233 \$)	(1 747 731 \$)	(1 589 422 \$)
Relocalisation stratégique - Avantage net par rapport à la non-intervention	60 452 \$	17 646 \$	2 077 \$

4.4 CONCLUSION

Le secteur Banc St-Omer, d'une longueur de 6,5 km, est constitué de trois segments reliés entre eux au niveau hydrosédimentaire, mais dont les caractéristiques côtières diffèrent grandement. Chaque segment est confronté différemment aux aléas côtiers et les options d'adaptation pour s'en protéger doivent être adaptées aux particularités de chacun. La figure 4.14 présente les avantages sur la non-intervention et les ratios avantages-coûts des options d'adaptation étudiées pour les trois segments du secteur Banc St-Omer.

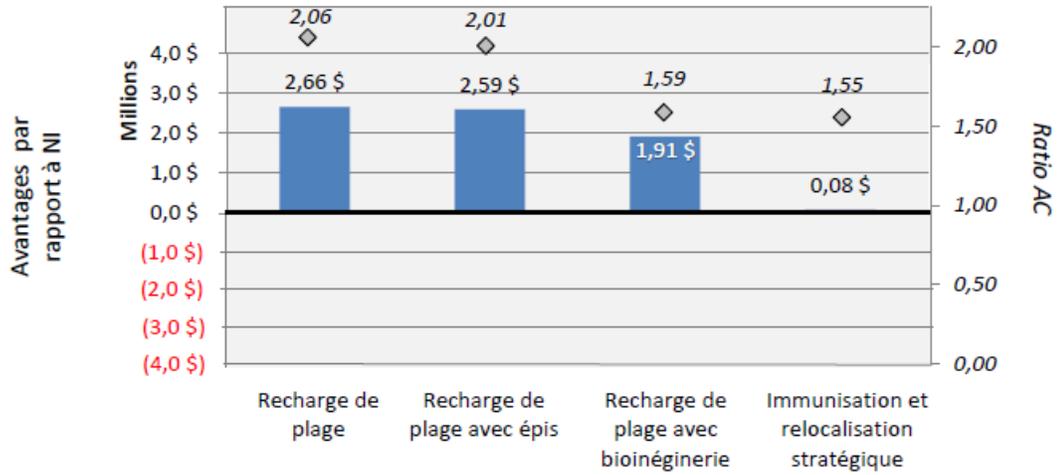
Le segment Banc St-Omer Ouest est dominé par des flèches littorales abritant un écosystème diversifié et de grande valeur écologique. Le banc accueille à cet endroit de nombreux visiteurs qui viennent y exercer diverses activités. Ce segment est aux prises avec des problèmes d'érosion et de submersion, lesquels s'accroîtront lors de l'ouverture de pédoncule de la flèche prévue en 2017. Les résultats de l'ACA et des analyses de sensibilité indiquent que l'option de la recharge de plage constitue la solution la plus rentable du point de vue économique. Elle assure le maintien de la flèche et donc permet d'éviter la perte du marais saumâtre et de la valeur d'usage de la flèche. Cependant, lorsque le taux d'actualisation est fixé à 2 %, la recharge de plage avec épis devient plus avantageuse.

Le deuxième segment, le segment Banc St-Omer Centre, est formé presque entièrement de terrasses de plage dont près de la moitié sont érodées. On y retrouve d'ailleurs plusieurs ouvrages d'enrochement mis en place par les résidents. Des épisodes de submersion pourraient endommager les bâtiments se trouvant dans ce segment.

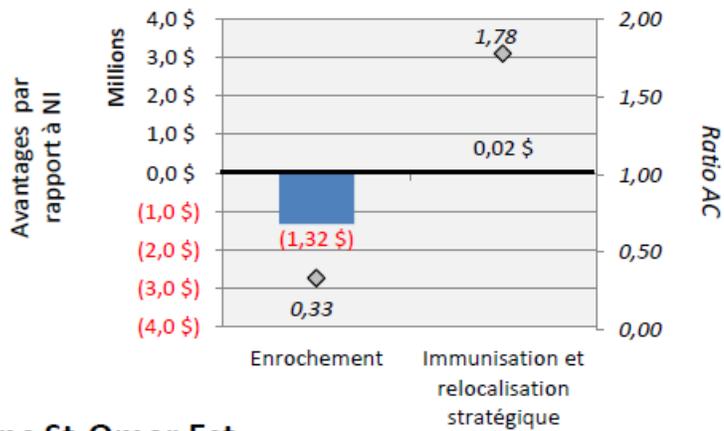
Dans ce segment, les résultats de l'ACA et des analyses de sensibilité montrent que l'immunisation et la relocalisation stratégique est l'option la plus avantageuse (figure 4.14). Cependant, l'écart entre la VAN de cette option et celle de la non-intervention est très faible, la mesure ne devenant plus avantageuse qu'en 2054 par rapport à la non-intervention. De plus, la non-intervention devient plus intéressante économiquement quand les niveaux d'eau extrêmes sont rehaussés.

Enfin, le segment Banc St-Omer Est présente une côte assez basse et aux trois quarts naturelle, formée principalement de terrasses de plage et de basses falaises meubles. Ce segment subit les effets de l'érosion, mais les actifs du segment ne sont pas affectés par la submersion dans l'horizon d'étude. Dans ce segment, l'option la plus avantageuse est la relocalisation stratégique quoique son avantage par rapport à la non-intervention soit très faible.

Banc St-Omer Ouest



Banc St-Omer Centre



Banc St-Omer Est

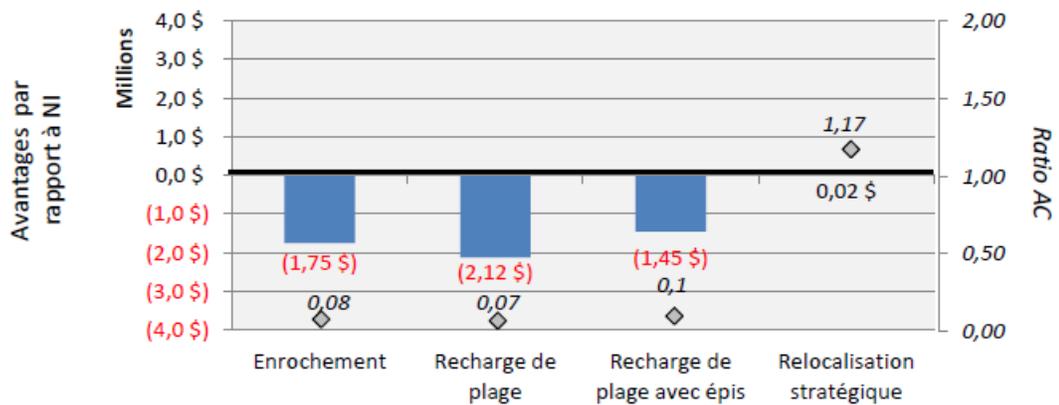


Figure 4.14 – Synthèse des avantages sur la non-intervention et des ratios avantages-coûts des options d'adaptation étudiées – Secteur Banc St-Omer

Le tableau 4.16 présente les options d'adaptation les plus avantageuses pour chacun des segments du secteur Banc St-Omer.

Tableau 4.16 – Options d'adaptation les plus avantageuses dans les segments du secteur Banc St-Omer

Segment	Option la plus avantageuse du point de vue économique
Banc St-Omer Ouest	Recharge de plage
Banc St-Omer Centre	Immunisation et relocalisation stratégique
Banc St-Omer Est	Relocalisation stratégique



5 SECTEUR BERTHELOT-ÉPERLAN

5.1 DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SECTEUR

Le secteur Berthelot-Éperlan comprend deux segments distincts : Rue Berthelot et Ruisseau de l'Éperlan.

Ce secteur s'étend sur 1,4 km entre la rue Berthelot et la rue Landry (jusqu'au point où celle-ci longe la côte). Il est séparé par un corridor ferroviaire qui est exclu de la présente étude. À l'ouest, le segment Rue Berthelot est dominé par de basses falaises meubles presque entièrement artificialisées par enrochement. À l'est, on retrouve le delta du ruisseau de l'Éperlan, bordé de falaises meubles et à base rocheuse, ainsi que d'une terrasse de plage. Compte tenu de l'érosion qui sévit dans le secteur, la côte à cet endroit est déjà en grande partie protégée par des structures rigides.

La figure 5.1 présente une image satellite du secteur Berthelot-Éperlan.



Figure 5.1 – Localisation du secteur Berthelot-Éperlan et des segments à l'étude

5.1.1 Segment Rue Berthelot

Confiné entre la route 132 et le chemin de fer, le segment Rue Berthelot est un segment de résidences permanentes constitué de basses falaises meubles sur 286 m (figure 5.2). La côte est artificialisée à 100 % par un enrochement de plusieurs mètres de haut en bon état. Ce segment est actuellement stable et n'est pas soumis à une érosion graduelle, mais le taux probable d'érosion si l'enrochement n'est pas maintenu en état est de -0,22 m/an. Des photographies anciennes montrent qu'une large plage existait avant la mise en place des protections. De plus, une érosion événementielle de -3,3 m pourrait également survenir dans les basses falaises meubles lors d'événements extrêmes. Les falaises à l'est (corridor ferroviaire) sont pour la plupart enrochées afin de protéger le chemin de fer, réduisant ainsi l'apport sédimentaire.



Figure 5.2 – Localisation et zone d'érosion d'ici 2065 – Rue Berthelot

5.1.2 Segment Ruisseau de l'Éperlan

Long de 1,14 km, le segment côtier Ruisseau de l'Éperlan s'étend entre le chemin de la Mer et la rue Landry (jusqu'au point où celle-ci longe la côte) (figure 5.3). Au centre, se trouve le delta du ruisseau, bordé d'une terrasse de plage longue de 170 m, encadré de

part et d'autre d'environ 450 m de falaises meubles, dont une courte portion a une base rocheuse (8 m). Ce segment est à risque d'érosion et les deux tiers du segment sont protégés par des structures contre cette dernière : 50 % d'enrochements, 43 % d'ouvrages mixtes (murets de bois, de béton) et 7 % de blocs déversés. L'analyse des impacts de la tempête de décembre 2010 indique qu'un fort pourcentage des ouvrages privés a été endommagé et que des reculs importants, jusqu'à -1,53 cm, sont survenus à l'arrière de ceux-ci. D'ailleurs, les taux de recul événementiels peuvent atteindre 12,2 m pour les terrasses de plage et 8,4 m pour les falaises meubles dans ce segment. Plusieurs structures de protection ont été refaites après la tempête de 2010 et leur état est généralement assez bon.

Dans l'ensemble, la vulnérabilité du segment à l'érosion est davantage marquée du côté ouest du ruisseau de l'Éperlan.



Figure 5.3 – Localisation et zone d'érosion d'ici 2065 – Ruisseau de l'Éperlan

5.1.3 Problématique

Dans le segment Rue Berthelot, les enrochements ont permis de ralentir le recul de la côte, mais ont entraîné la perte de la plage (figure 5.2 plus haut). Les vagues de

tempête frappent avec force et les ouvrages de protection mis en place par les propriétaires de la rue Berthelot pourraient éventuellement céder. Au cours des 50 prochaines années, l'érosion menace 7 des 11 habitations de ce segment.

L'accès aux résidences est également un enjeu important dans ce segment. Lors de la tempête de décembre 2010, la Ville de Carleton-sur-Mer a dû procéder à un enrochement d'urgence de la côte pour protéger l'accès à la rue Berthelot et aux résidences qui s'y trouvent. La Ville a alors déboursé près de 54 000 \$ pour la mise en place de cet ouvrage sur une portion de côte de moins de 50 mètres. Soulignons que la réglementation municipale oblige la Ville à maintenir et protéger l'accès aux résidences en tout temps sur son territoire.

Du côté du segment Ruisseau de l'Éperlan, à l'ouest du ruisseau, plusieurs chalets et roulottes sont installés sur le haut de la basse falaise meuble (figure 5.3 ci-haut). Les propriétés privées sont pour la plupart protégées par un muret ou un enrochement en bon état ou partiellement endommagé. Bien que protégé des vagues de tempêtes provenant du sud-est, le taux de recul probable est estimé à $-0,35$ m/an, ce qui indique que les processus d'érosion sont actifs. La dérive littorale principale est vers l'est, mais une dérive secondaire permet de maintenir des sédiments à l'embouchure du ruisseau de l'Éperlan, ce qui contribue à la stabilité de la côte sur environ 200 m à l'ouest de l'embouchure. Les bâtiments exposés sont pour la plupart petits et ainsi faciles à déplacer si l'érosion devenait trop sévère.

À l'est du ruisseau de l'Éperlan, on retrouve des résidences principales exposées à l'érosion. Elles sont implantées sur une falaise meuble qui présente un taux probable d'érosion de $-0,24$ m/an. Les enrochements et les murs de béton sont en bon état. Plus on se déplace vers l'est, plus les protections sont imposantes et la plage étroite. La dérive littorale est orientée vers l'est et les sédiments en provenance du ruisseau de l'Éperlan ne sont pas retenus sur la plage à proximité, mais s'accumulent plus en aval sur la plage municipale. Les flèches littorales du barchois de Carleton offrent une protection à ce secteur contre les vagues de tempête du sud-est. Cependant, le *fetch* est important au sud et les vents dominants de l'ouest ont un impact non négligeable sur ce segment.

5.1.4 Option de non-intervention

L'option de non-intervention est le scénario de référence de cette analyse et suppose que la situation actuelle se perpétuera pour les 50 prochaines années. Elle implique le laisser-aller des structures de protection en place dans ce secteur. Il s'agit d'une approche non interventionniste qui favoriserait à la fois un retour vers une côte naturelle à moyen terme et une reprise du rythme naturel de recul des segments vers la recherche d'un nouvel équilibre de la plage. Il est donc supposé ici que les structures de protection en place ne permettront pas de freiner le recul de la côte et que certains bâtiments seront à démolir à mesure que la côte s'érodera. Toutefois, cette option tient compte de l'obligation de la Ville de maintenir un accès aux résidences sur son territoire. C'est ainsi qu'il est prévu dans la situation de non-intervention, le maintien en état de l'enrochement à l'ouest de l'entrée de la rue Berthelot mis en place par la Ville après la tempête de décembre 2010, lequel devra permettre l'accès en tout temps à la rue Berthelot.

5.1.5 Options d'adaptation

Les options d'adaptation étudiées pour ce secteur visent à réduire les impacts de l'érosion sur l'environnement bâti, puisque la submersion n'est pas un enjeu sur l'horizon de la période d'étude. Considérant le type de côte de ce secteur, les options d'adaptation envisagées sont l'enrochement (EN), la recharge de plage (RP), la recharge de plage avec épis (RPE) et la relocalisation stratégique (RS). Le tableau 5.1 présente les options d'adaptation retenues pour chacun des segments du secteur Berthelot-Éperlan.

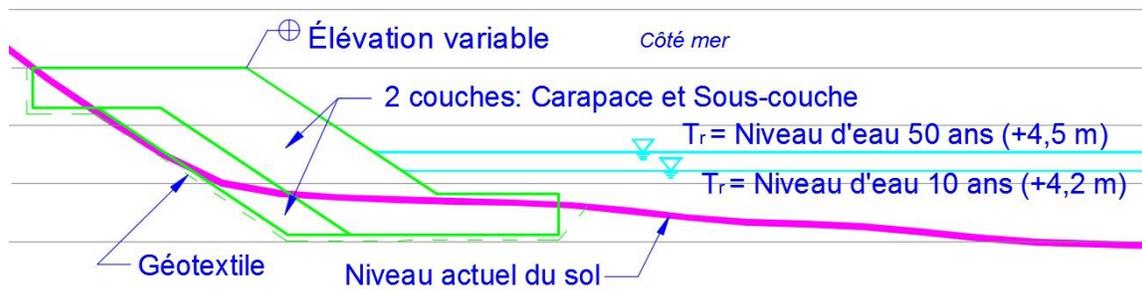
Tableau 5.1 – Options considérées pour chacun des segments du secteur Berthelot-Éperlan

Segment	Structure côtière rigide	Intervention côtière mobile	Option sans structure
Rue Berthelot	Enrochement		Relocalisation stratégique
Ruisseau de l'Éperlan	Enrochement	Recharge de plage Recharge de plage avec épis	Relocalisation stratégique

a) Enrochement (EN)

Étant donné la proximité des bâtiments de la rive et la forte dynamique côtière dans le secteur, l'enrochement est la solution rigide privilégiée en matière de protection contre l'érosion. Les propriétaires des terrains de la rue Berthelot ont déjà artificialisé la côte par enrochement, mais ces ouvrages ne sont pas calibrés pour être efficaces sur un horizon de 50 ans.

La solution proposée ici consiste à protéger la côte par un enrochement classique avec une pente de 1,5/1 (66 %) (figure 5.4). Selon la conception utilisée, l'élévation de la crête de l'enrochement se situe à 6 m au-dessus du NMM sur l'ensemble du segment. Il s'agit d'un enrochement de type carapace 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. Selon Baird (2015), cette solution a l'avantage de moins interférer avec la dynamique sédimentaire. Elle permettrait de freiner l'érosion et d'en éviter tous les dommages sur un horizon de 50 ans.



Source : Baird (2015)

Figure 5.4 – Coupe-type d'un enrochement

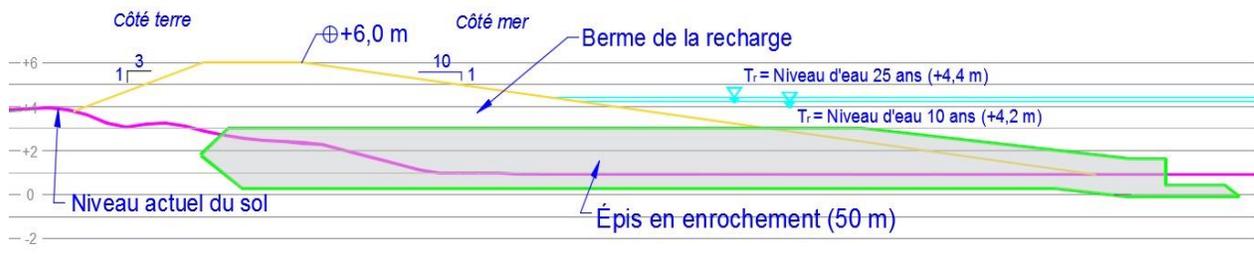
b) Recharge de plage avec ou sans épis

La protection par recharge de plage est considérée dans le segment Ruisseau de l'Éperlan. Cette solution est basée sur le principe du retour aux conditions morphologiques historiques des plages. Compte tenu de l'intensité des vagues qui frappent les rives de Carleton-sur-Mer, la recharge doit être réalisée avec des matériaux ayant une granulométrie cohérente avec le milieu.

Cependant, une recharge de plage sans épis a une courte durée de vie, puisque le matériel qui est déposé sur la plage peut circuler plus facilement et donc s'éroder plus rapidement. Selon la conception préliminaire, l'absence d'épis entraînerait une perte de matériel de l'ordre de $10 \text{ m}^3/\text{m.l./année}$. Ces pertes signifient que le matériel devra être redistribué ou qu'une nouvelle recharge devra avoir lieu tous les 10 à 15 ans, faisant grimper les coûts d'entretien d'une telle option.

C'est pourquoi une recharge avec épis est également envisagée. Les épis sont des structures faites de pierres, disposées perpendiculairement à la plage et qui s'avancent dans l'eau sur une vingtaine de mètres. Ces épis créent des cellules de plage qui aident à retenir les sédiments sur la plage lors d'événements de tempête. Cette option n'exige aucune recharge sur l'horizon temporel considéré.

La figure 5.5 présente la coupe-type d'une recharge avec épis qui s'appliquerait sur le littoral du segment Ruisseau de l'Éperlan. Considérant les niveaux d'eau extrêmes prévus, la conception préliminaire suggère que la recharge devrait atteindre 6 mètres dans ce segment.



Source : Baird (2015)

Figure 5.5 – Coupe-type d'une recharge de plage avec épis

c) Relocalisation stratégique

La relocalisation stratégique est définie comme étant le déménagement des bâtiments à risque dès qu'ils sont à moins de 5 m du trait de côte. Le déménagement peut se faire sur le même terrain, s'il est suffisamment grand, ou le cas échéant 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 relocalisés sont hors de

danger jusqu'à la fin de la période d'étude. Tout comme en situation de non-intervention, l'entretien de l'enrochement d'une portion de la côte (50 m) assurant le maintien de l'accès à la rue Berthelot fait partie de cette solution.

5.1.6 Impacts appréhendés

Les impacts appréhendés sont de deux types. D'une part, il y a les impacts liés à l'érosion, lesquels comprennent essentiellement l'ensemble des dommages causés aux bâtiments, infrastructures et terrains. D'autre part, il y a les impacts indirects de nature économique, environnementale ou sociale découlant principalement des options d'adaptation proposées, ou des effets collatéraux des impacts liés à l'érosion. Le tableau 5.2 indique les types d'impacts appréhendés selon les 5 scénarios étudiés dans le cadre de l'analyse coûts-avantages du secteur Berthelot-Éperlan soit la non-intervention (NI), l'enrochement (EN), la recharge de plage (RP), la recharge de plage avec épis (RPE) ainsi que la relocalisation stratégique (RS).

Tableau 5.2 – Impacts appréhendés selon les options d'adaptation – Secteur Berthelot – Éperlan

Catégorie	Type d'impacts	NI	EN	RPE	RP	RS
Impacts liés à l'érosion	Pertes physiques de terrain	X				X
	Dommages aux bâtiments résidentiels ou commerciaux	X				X
Impacts économiques	Modification de la valeur économique des terrains					X
Impacts sociaux	Perte de vue sur la mer	X				X
	Qualité de vie (anxiété, insécurité, dérangement)	X				X

NI : Non-intervention; EN : Enrochement ; RPE : Recharge de plage avec épis; RP : Recharge de plage; RS : Relocalisation stratégique

En matière d'impacts liés à l'érosion, la non-intervention implique des pertes de terrain et la démolition de bâtiments. Les deux types de recharge de plage et l'enrochement permettent de prévenir l'érosion une fois mis en place. Il n'y a donc peu d'impact direct

découlant de l'érosion, soit seulement durant les trois premières années de l'horizon temporel. Pour sa part, l'option de la relocalisation stratégique ne freine pas le processus érosif, mais en réduit les dommages

Au niveau des enjeux sociaux, la non-intervention et la relocalisation stratégique conduisent à une perte de vue sur la mer pour les propriétés démolies ou déménagées. De plus, la qualité de vie des résidents est affectée à la fois par les risques liés à l'érosion de même que par les effets potentiels d'un déménagement sur le milieu de vie.

5.2 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.

5.2.1 Impacts liés à l'érosion

L'estimation monétaire des impacts liés à l'érosion fait partie de l'évaluation globale des coûts et des avantages. En fait, les coûts directs de l'érosion associés à la non-intervention correspondent aux avantages qu'offrent les options d'adaptation, puisque celles-ci visent à éviter les dommages liés à l'érosion et leurs coûts. La monétisation de ces impacts permet de mettre en perspective les enjeux relatifs aux infrastructures à risque si aucune mesure n'est mise en place. À moins d'avis contraire, tous les impacts liés à l'érosion présentés dans les paragraphes qui suivent sont associés à l'option de non-intervention.

a) Pertes physiques de terrain

Des pertes de terrain sont prévues annuellement en raison de l'érosion dans ce secteur. La superficie perdue est calculée en se basant sur le taux d'érosion probable fourni par l'UQAR, lequel a été évalué à -22 cm par année dans le segment Rue Berthelot et à -35 cm et -24 cm respectivement à l'ouest et à l'est du segment Ruisseau de l'Éperlan. La valeur économique des terrains a été estimée en se référant au rôle d'évaluation de Carleton-sur-Mer de 2014, lequel a été ajusté pour être 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 ce moment, les pertes de terrain ne sont plus comptabilisées et la valeur résiduelle du terrain est fixée à zéro, car il est alors considéré comme non constructible. Il est à noter que la valeur résiduelle d'un terrain non constructible est déterminée en soustrayant de la valeur totale du terrain la valeur des pertes annuelles déjà estimées à cause de l'érosion.

Des pertes de terrain sont comptabilisées pour l'option de non-intervention de même que pour la relocalisation stratégique. Des pertes liées à l'érosion sont aussi comptabilisées pour les trois types de recharges de plage ainsi que pour l'enrochement, mais seulement pour la période précédant la réalisation de ces structures côtières, c'est-à-dire avant 2018.

b) Dommages ou pertes de bâtiments résidentiels et commerciaux

Les dommages ou pertes de bâtiments causés par l'érosion seront comptabilisés 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. Une fois le bâtiment 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 n'est présent sur le lot et que le lot est petit, le terrain est considéré comme non constructible et perd sa valeur résiduelle. Les pertes de bâtiments reliées à l'érosion ne sont constatées que pour l'option de non-intervention. Il est estimé que 9 bâtiments pourraient être touchés par l'érosion dans le secteur à l'étude sur un horizon de 50 ans.

5.2.2 Impacts économiques

Les impacts économiques dans le secteur Berthelot - Éperlan sont liés à la modification de la valeur des propriétés. Cette perte survient lors du déménagement d'un bâtiment sur un autre terrain et n'est donc enregistrée que pour l'option de la relocalisation stratégique. L'ancien terrain est alors déclaré non constructible. Cette perte de valeur des terrains ne s'applique que lorsque le terrain actuel est trop petit pour qu'y soit déménagé le bâtiment.

5.2.3 Impacts sociaux

a) *Perte de vue sur la mer*

La perte de vue sur la mer est un impact potentiel de la non-intervention, de la relocalisation stratégique ainsi que de la réalisation d'une structure côtière obstruant la vue à cause de sa hauteur. Afin d'estimer la valeur de cette perte, les données obtenues d'une firme d'évaluateurs agréés gaspésienne concernant plusieurs bâtiments et terrains résidentiels 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 sur le prix des terrains en contrôlant l'ensemble des autres facteurs pouvant affecter le prix des terrains comme la proximité à des installations tels un cégep ou un centre-ville. En utilisant cette méthode, la prime moyenne de vue sur la mer pour Carleton-sur-Mer est estimée à près de 9 000 \$. Dans ce secteur, seules les options de non-intervention et de relocalisation stratégique accusent une telle perte.

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 bien-être en termes économiques. Ainsi, dans le cadre de cette analyse, cet impact est traité qualitativement en soulignant que toutes les options d'adaptation étudiées devraient améliorer la qualité de vie des résidents en diminuant l'insécurité par rapport à la situation de non-intervention.

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. Les coûts de déménagement des bâtiments ont été estimés par la firme de

déménagement Héneault et Gosselin Inc. qui a effectué une visite dans la région. Les prix fournis varient entre 1 300 \$ et 2 100 \$ du mètre linéaire selon les différents revêtements de bâtiments et trois différentes possibilités : transport sur route et fondations, relocalisation sur le même terrain et fondations ou encore rehaussement des fondations (annexe C). Ces coûts unitaires ont été appliqués à chacun des bâtiments. S'ajoute à ces coûts, le coût de gestion des fils tout le long du déplacement d'un bâtiment. De plus, une fois sur place, les coûts associés à l'aménagement de services (ex : aqueduc, route, etc.) dans le quartier accueillant le bâtiment déménagé ont été considérés. Ces coûts sont estimés à 1 600 \$ du mètre linéaire de route avec services pour la municipalité de Carleton-sur-Mer.¹⁰

Dans le cas de l'enrochement, le coût a été établi par une firme d'ingénierie selon les critères de conception établis pour le site à l'étude (Baird, 2015). Le coût de l'enrochement se situe entre 2 000 \$ et 4 100 \$ du mètre linéaire. Ce montant inclut 20 % pour les études d'ingénierie, environnementale ou autres durant les deux années précédant la construction. Ce montant comprend également les frais de surveillance de chantier, des frais d'entretien de à 2-3 % par année sur l'horizon de 50 ans et 30 % de frais de contingence.

En ce qui concerne la recharge de plage, deux options sont possibles : une recharge de plage sans épis ou une recharge de plage avec épis. La durée de vie moyenne d'une recharge de plage sans épis est estimée à 12,5 ans, ce qui implique que trois recharges supplémentaires sont requises sur l'horizon de 50 ans. Les critères de conception sont similaires pour la recharge avec épis, mais sa durée de vie, avec un entretien approprié, est beaucoup plus longue. En effet, la stabilité des sédiments est assurée par les cellules de plage formées par les épis, ce qui porte la durée de vie de cette option à 50 ans.

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

¹⁰ Les coûts d'aménagement ont été obtenus de la Ville de Carleton-sur-Mer pour des services équivalents à ceux offerts dans les zones à risque.

de démolition des bâtiments a été estimé à 54 \$ le mètre carré¹¹ en plus de coûts fixes de 3 240 \$ et de 1 080 \$ respectivement pour l'enlèvement des fondations et le transport au site d'enfouissement le plus près.

De plus, dans le segment de la rue Berthelot, des coûts annuels de 2 400 \$ sont associés à l'entretien de l'enrochement mis en place par la Ville afin de protéger l'accès des résidents à la rue Berthelot et ce, pour l'option de non-intervention et toutes les options d'adaptation retenues.

5.3 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 secteur Berthelot-Éperlan. Une comparaison de ces coûts et avantages est par la suite effectuée dans le cadre du calcul de la valeur actualisée nette. Une dernière section fait la synthèse des résultats obtenus, de manière à comparer la rentabilité économique de chaque option. Les résultats de l'analyse coûts-avantages sont présentés par segment.

5.3.1 Rue Berthelot

a) *Calcul des coûts sur 50 ans*

Cette section présente les coûts totaux de la non-intervention et de la mise en œuvre de chacune des options d'adaptation envisagées dans le segment Rue Berthelot. Les options d'adaptation proposées sont l'enrochement (EN) et la relocalisation stratégique (RS). À moins d'avis contraire, tous les coûts sont actualisés à un taux de 4 %¹².

¹¹ 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*. Ce coût a été actualisé à l'aide de l'Indice des prix à la consommation canadien (IPC) et ajusté aux conditions du marché à Carleton-sur-Mer.

¹² Le détail des coûts par année pour le secteur Berthelot-Éperlan est présenté à l'annexe F.

COÛTS LIÉS À LA NON-INTERVENTION

Les principaux coûts liés à la non-intervention sont les pertes et frais liés à l'érosion. Les dommages liés à cet aléa s'appliquent de manière ponctuelle à mesure que des bâtiments sont exposés à l'érosion. Dans ce segment, trois bâtiments seront touchés sur l'horizon temporel considéré soit en 2028, 2040 et 2050 pour un montant actualisé de 88 731 \$. Pour sa part, la démolition de ces bâtiments coûte 17 520 \$. Les pertes actualisées dues à l'érosion des terrains débutent en 2015 et s'élèvent à 25 305 \$ pour l'horizon 2015-2064. Enfin, le coût d'entretien de l'enrochement requis pour protéger l'accès à la rue Berthelot sur l'horizon temporel considéré s'élève à 53 620 \$.

Le scénario de non-intervention implique également une perte de vue sur la mer pour les bâtiments exposés qui seraient démolis. La perte monétaire associée à cet élément se chiffre à 10 813 \$.

Ainsi, en tenant compte de tous ces éléments, l'ensemble des coûts liés à la non-intervention représente une somme actualisée de 195 990 \$.

COÛTS LIÉS À L'ENROCHEMENT

Le coût actualisé de mise en place de l'enrochement implique à la fois des coûts d'ingénierie, des coûts d'étude environnementale et des coûts d'entretien. Ces coûts s'élèvent à 2,24 M\$.

La mise en place de l'ouvrage permet d'éviter tous les coûts liés à l'érosion à partir de 2018 lorsque l'ouvrage sera complété. D'ici là, des dommages dus à l'érosion sont à prévoir pour un montant de 3 806 \$.

Les coûts totaux associés à l'enrochement dans ce segment totalisent donc 2,24 M\$ sur l'horizon temporel retenu.

COÛTS LIÉS À LA RELOCALISATION STRATÉGIQUE

Les coûts de la relocalisation stratégique comprennent principalement le coût de déménagement des bâtiments. En tout 7 bâtiments se retrouveraient à 5 m du trait de côte et devraient donc être déplacés sur l'horizon temporel considéré. Le coût de déplacement de ces bâtiments s'élève à 411 189 \$. Tout comme le scénario de non-

intervention, le coût d'entretien de l'enrochement protégeant l'accès à la rue Berthelot doit être ajouté et ce dernier est de 53 620 \$ sur l'horizon temporel considéré. Au total, le coût de la mesure s'élève à 464 809 \$.

La relocalisation stratégique n'empêche pas l'érosion des terrains et les coûts associés à cette perte sont évalués à 25 305 \$ sur l'horizon temporel retenu.

La modification de la valeur économique des terrains entraînera des coûts de 89 771 \$ sur la période, tandis que la perte de vue sur la mer pour les résidents dont les bâtiments seraient déplacés est estimée à 31 525 \$.

Au total, les coûts associés à la relocalisation stratégique sont de 611 410 \$ sur l'horizon temporel retenu.

b) Calcul des avantages sur 50 ans

Les options d'adaptation étudiées dans le segment Rue Berthelot ne génèrent pas d'avantages économiques particuliers au plan environnemental, touristique, récréatif ou social. Les avantages des options sont essentiellement les coûts évités en matière d'érosion en comparaison à la non-intervention.

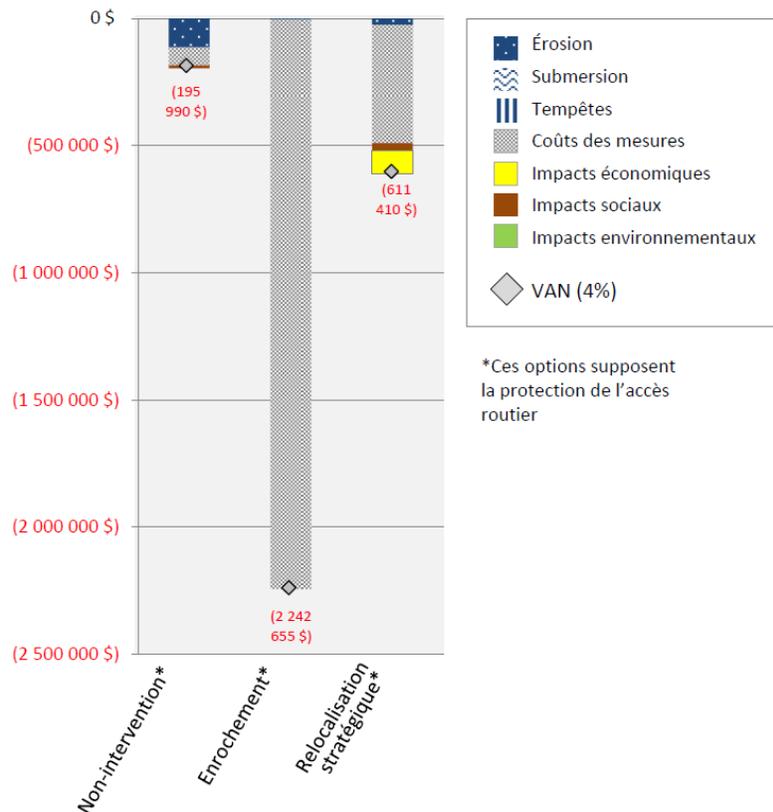
c) Valeur actualisée nette et comparaison des options

La valeur actualisée nette des options d'adaptation retenues a été calculée sur la base des coûts quantifiés et monétisés précédemment. La VAN de même que les principales catégories de coûts et d'avantages de chaque option d'adaptation sont présentées au tableau 5.3 et à la figure 5.6. Cette dernière permet de comparer l'importance des différents coûts et avantages de chacune des options d'adaptation.

Tableau 5.3 – Coûts et avantages actualisés des options d'adaptation – Rue Berthelot

Impacts annualisés nets	Non-intervention	Enrochement	Relocalisation stratégique
Érosion*	(114 037 \$)	(3 806 \$)	(25 305 \$)
Coûts des options	(71 140 \$)	(2 238 849 \$)	(464 809 \$)
Impacts économiques	- \$	- \$	(89 771 \$)
Impacts sociaux	(10 813 \$)	- \$	(31 525 \$)
VAN	(195 990 \$)	(2 242 655 \$)	(611 410 \$)
Avantages p/r non-intervention		(2 046 665 \$)	(415 420 \$)
Ratios avantages-coûts		0,08	0,29

*« Érosion » inclut les dommages aux bâtiments, infrastructures et terrains.

**Figure 5.6 – Ventilation des coûts et avantages par option – Rue Berthelot**

Les résultats montrent que ni l'option de non-intervention, ni les options d'adaptation ne génèrent une VAN positive. L'objectif de la présente analyse économique consiste donc à minimiser les coûts ou à maximiser les gains potentiels par rapport à l'option de non-intervention.

Dans ce segment, la valeur actualisée nette de la relocalisation stratégique et de l'enrochement est moindre que celle de la non-intervention. Ainsi, il serait préférable ici de laisser aller les structures de protection en place, sauf l'enrochement des 50 m requis pour protéger l'accès à la rue Berthelot, afin de retourner vers une côte naturelle. Dans le même sens, les options d'adaptation présentent toutes des ratios avantages-coûts sous le seuil de 1,0, ce qui signifie que chaque dollar investi rapporterait moins d'un dollar en avantages. En somme, la viabilité à long terme de ce segment résidentiel est remise en question par la présente analyse.

La figure 5.7 illustre la somme cumulée des avantages nets par rapport à la non-intervention actualisée à un taux de 4 % sur la période 2015-2064.

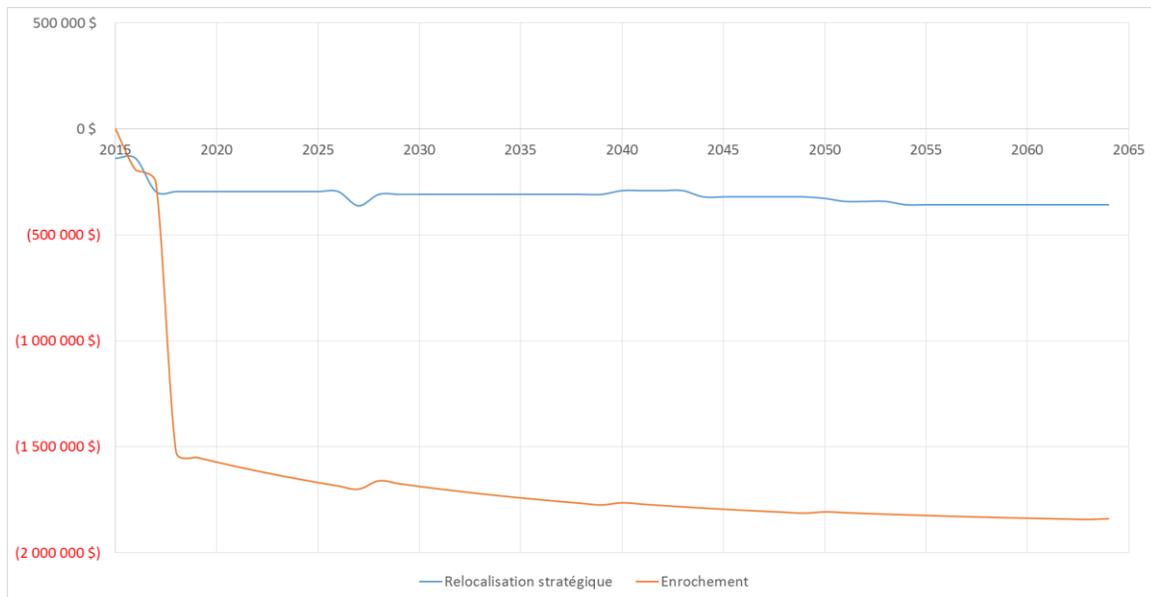


Figure 5.7 – Somme actualisée des avantages nets par rapport à la non-intervention entre 2015 et 2064 – Rue Berthelot

La figure 5.7 permet de voir que la non-intervention est, sur l'horizon temporel retenu, l'option la moins coûteuse d'un point de vue économique. Toutefois, il est important de rappeler que l'insécurité créée par la non-intervention n'a pas été prise en compte quantitativement dans cette analyse, faute de données relatives à sa valeur.

d) Analyse de sensibilité

Cette section présente les valeurs de VAN obtenues lorsque des hypothèses importantes sont modifiées. L'objectif de ces analyses est d'examiner la robustesse des résultats à de telles modifications. Dans ce segment, l'analyse de sensibilité ne porte que sur le taux d'actualisation lequel a été augmenté et réduit de 2 %.

TAUX D'ACTUALISATION

Une variation du taux d'actualisation entraîne un changement des coûts liés à la non-intervention et à chacune des options d'adaptation envisagées. L'utilisation d'un taux d'actualisation plus faible (2 %) a pour effet d'augmenter l'importance relative des impacts (et donc des coûts et avantages) ayant lieu à des moments plus avancés sur l'horizon temporel retenu. Au contraire, un taux d'actualisation plus élevé (6 %) donne de l'importance aux coûts et avantages enregistrés en début de période. Le tableau 5.4 illustre l'impact du changement de taux d'actualisation sur les résultats de l'ACA pour le segment Rue Berthelot.

Tableau 5.4 – Analyse de sensibilité - Taux d'actualisation de 2 % et 6 % – Rue Berthelot

Options d'adaptation	Taux d'actualisation		
	2 %	4 % (base)	6 %
VAN Non-intervention	(285 170 \$)	(195 990 \$)	(141 406 \$)
VAN Enrochement	(2 636 704 \$)	(2 242 655 \$)	(1 980 340 \$)
VAN Relocalisation stratégique	(810 308 \$)	(611 410 \$)	(499 361 \$)
Enrochement - Avantage net par rapport à la non-intervention	(2 351 533 \$)	(2 046 665 \$)	(1 838 934 \$)
Relocalisation stratégique - Avantage net par rapport à la non-intervention	(525 137 \$)	(415 420 \$)	(357 955 \$)

Les résultats montrent que la variation du taux d'actualisation a le même effet sur les différentes options. La VAN par rapport à la non-intervention diminue avec un taux d'actualisation de 2 %, alors qu'elle augmente avec un taux de 6 %. La non-intervention demeure l'option à privilégier.

5.3.2 Ruisseau de l'Éperlan

a) *Calcul des coûts sur 50 ans*

Cette section se concentre sur les coûts de la non-intervention et de la mise en œuvre de chacune des options d'adaptation envisagées dans le segment Ruisseau de l'Éperlan. Les options d'adaptation proposées dans ce segment sont l'enrochement (EN), la recharge de plage (RP), la recharge de plage avec épis (RPE) et la relocalisation stratégique (RS). À moins de mention contraire, tous les coûts sont actualisés à un taux de 4 % et en dollars de 2012.

COÛTS LIÉS À LA NON-INTERVENTION

Les coûts principaux liés à la non-intervention sont les pertes et dommages liés à l'érosion qui sont encourus de manière ponctuelle dans le cas des bâtiments et sur une base annuelle dans le cas des terrains. Dans ce segment, six bâtiments seraient touchés sur l'horizon temporel considéré soit en 2034, 2038, 2045, 2051, 2054 et 2062 pour un montant total actualisé de 212 004 \$. Le coût de démolition de ces bâtiments est estimé à 22 965 \$. Les pertes actualisées dues à l'érosion des terrains débutent en 2015 et s'élèvent à 53 139 \$ pour l'horizon 2015-2064.

L'option de non-intervention implique également une perte de vue sur la mer pour les bâtiments exposés qui seraient démolis. La perte monétaire associée à cet élément se chiffre à 10 186 \$.

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 de 298 294 \$.

COÛTS LIÉS À L'ENROCHEMENT

Le coût actualisé de mise en place de l'enrochement implique à la fois des coûts d'ingénierie, des coûts d'étude environnementale et des coûts d'entretien. Ces coûts s'élèvent à 2,96 M\$.

La mise en place de l'ouvrage permet d'éviter tous les coûts liés à l'érosion à partir de 2018 lorsque l'ouvrage sera complété. D'ici là, des dommages dus à l'érosion sont prévus pour un montant de 6 926 \$.

Au total, les coûts associés à l'enrochement dans ce segment sont de 2,96 M\$ sur une période de 50 ans.

COÛTS LIÉS À LA RECHARGE DE PLAGE

Le coût actualisé de la mise en place de la recharge de plage sans épis comprend à la fois des coûts d'ingénierie, des coûts d'étude environnementale et des coûts d'entretien, lesquels totalisent 2,96 M\$. La recharge de plage permet d'éviter tous les coûts liés à l'érosion à partir de 2018, mais ces coûts sont estimés à 6 926 \$ pendant la période d'implantation. Aucune perte de vue sur la mer n'est comptabilisée, car les bâtiments sont plus élevés que la hauteur de crête de la recharge.

Ainsi, les coûts totaux de la recharge de plage s'élèvent à environ 2,96 M\$ pour la période 2015-2064.

COÛTS LIÉS À LA RECHARGE DE PLAGE AVEC ÉPIS

Sur l'horizon temporel considéré, les coûts liés à la recharge de plage avec épis sont très similaires à ceux de la recharge sans épis. La différence provient de la réduction dans la fréquence des entretiens de même que de coûts de construction initiaux supérieurs. En fait, la mise en place et l'entretien de la recharge de plage avec épis coûteraient environ 2,89 M\$. Les coûts associés à l'érosion sont les mêmes que ceux pour l'enrochement et la recharge de plage sans épis, soit 6 926 \$.

Au total, les coûts de la recharge de plage avec épis s'élèvent à près de 2,90 M\$ sur un horizon de 50 ans.

COÛTS LIÉS À LA RELOCALISATION STRATÉGIQUE

Les coûts de la relocalisation stratégique comprennent principalement le coût de déménagement des bâtiments. En tout, 9 bâtiments se retrouveraient à 5 m du trait de côte et devraient donc être déplacés sur l'horizon temporel considéré. Le coût de déplacement de ces bâtiments s'élève à 424 706 \$.

Tout comme l'option de non-intervention, la relocalisation stratégique ne freine pas les processus d'érosion et la perte de terrain. Les coûts associés à cette perte sont évalués à 46 904 \$ sur l'horizon temporel retenu. La modification de la valeur économique des terrains entraînera des coûts de 57 768 \$ sur la période, tandis que la perte de vue sur la mer pour les résidents dont les bâtiments seraient déplacés est estimée à 25 588 \$ pour la période 2015-2064.

Ainsi, les coûts totaux associés à la relocalisation stratégique sont de 554 966 \$.

CALCUL DES AVANTAGES SUR 50 ANS

Les options d'adaptation étudiées dans le segment Ruisseau de l'Éperlan ne génèrent pas d'avantages économiques particuliers au plan environnemental, touristique, récréatif ou social. Les avantages des options sont essentiellement les coûts évités en matière d'érosion en comparaison à la non-intervention.

b) Valeur actualisée nette et comparaison des options

La valeur actualisée nette des options d'adaptation retenues a été calculée sur la base des coûts quantifiés et monétisés précédemment. La VAN de même que les principales catégories de coûts et d'avantages de chaque option d'adaptation sont présentées au tableau 5.5 et la figure 5.8. Cette dernière permet de comparer l'importance des différents coûts et avantages de chacune des options d'adaptation.

Tableau 5.5 – Coûts et avantages actualisés des options d'adaptation – Ruisseau de l'Éperlan

Impacts actualisés nets	Non-intervention	Enrochement	Recharge de plage	Recharge de plage avec épis	Relocalisation stratégique
Érosion*	(265 144 \$)	(6 926 \$)	(6 926 \$)	(6 926 \$)	(46 904 \$)
Coûts des options	(22 965 \$)	(2 957 903 \$)	(2 955 527 \$)	(2 889 675 \$)	(424 706 \$)
Impacts économiques	- \$	- \$	- \$	- \$	(57 768 \$)
Impacts sociaux	(10 186 \$)	- \$	- \$	- \$	(25 588 \$)
VAN	(298 294 \$)	(2 964 830 \$)	(2 962 453 \$)	(2 896 601 \$)	(554 966 \$)
Avantages p/r non-intervention		(2 666 535 \$)	(2 664 159 \$)	(2 598 307 \$)	(256 671 \$)
Ratios avantages-coûts		0,10	0,10	0,10	0,49

*« Érosion » inclut les dommages aux bâtiments, infrastructures et terrains.

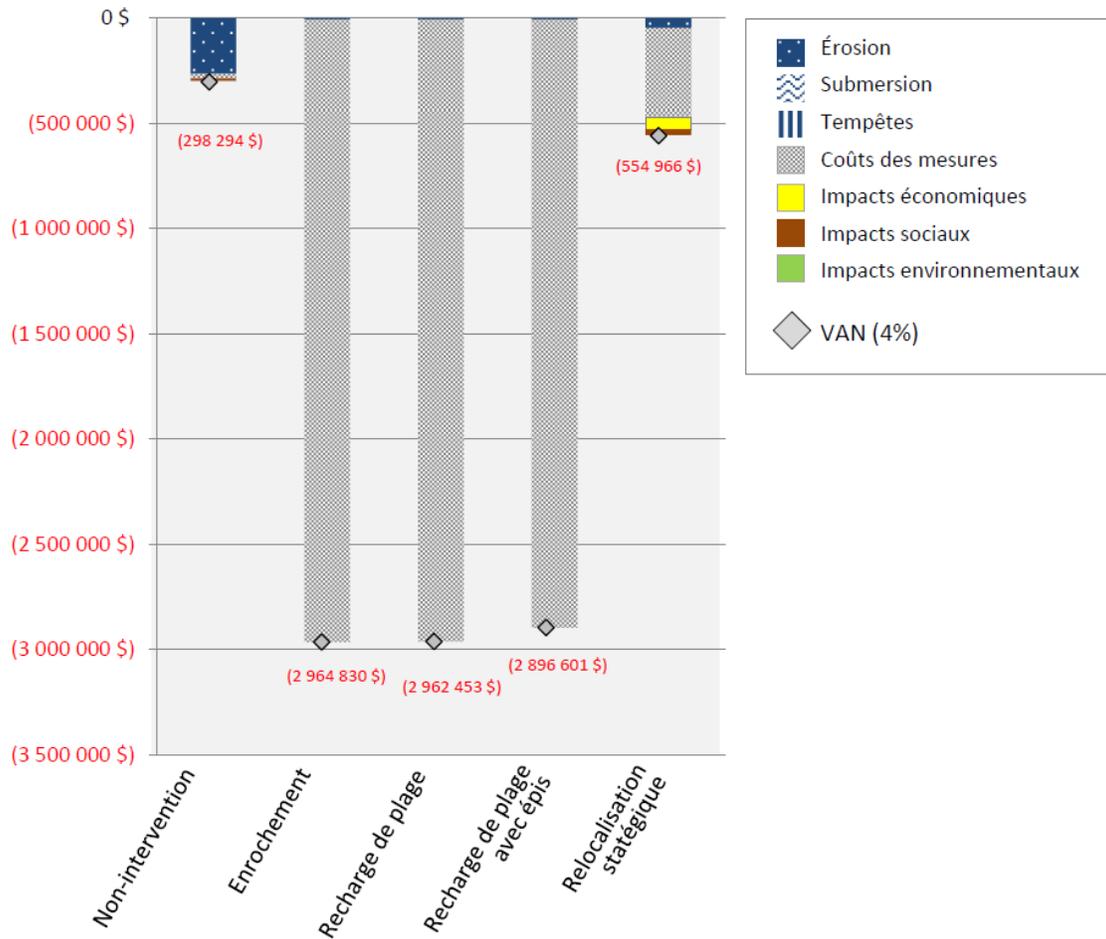


Figure 5.8 – Ventilation des coûts et avantages par option – Ruisseau de l'Éperlan

Les résultats de l'ACA montrent que ni l'option de non-intervention, ni les options d'adaptation ne génèrent une VAN positive. L'objectif de la présente analyse économique consiste donc à minimiser les coûts ou à maximiser les gains potentiels par rapport à l'option de non-intervention.

Dans ce segment, la valeur actualisée nette des options de protection côtière et de la relocalisation stratégique est moindre que celle de la non-intervention. Ainsi, il serait préférable ici de laisser aller les structures de protection en place afin de retourner vers une côte naturelle. Dans le même sens, les options d'adaptation présentent toutes des ratios avantages-coûts sous le seuil de 1,0, ce qui signifie que chaque dollar investi rapporte moins d'un dollar en avantages.

La figure 5.9 illustre la somme cumulée des avantages nets par rapport à la non-intervention actualisée à un taux de 4 % sur la période 2015-2064. Cette figure permet de constater que la non-intervention est la solution la moins coûteuse tout au long de l'horizon temporel retenu. La mise en place des options d'ingénierie demeure largement plus coûteuse que la non-intervention, et ce, sur toute la période d'analyse.

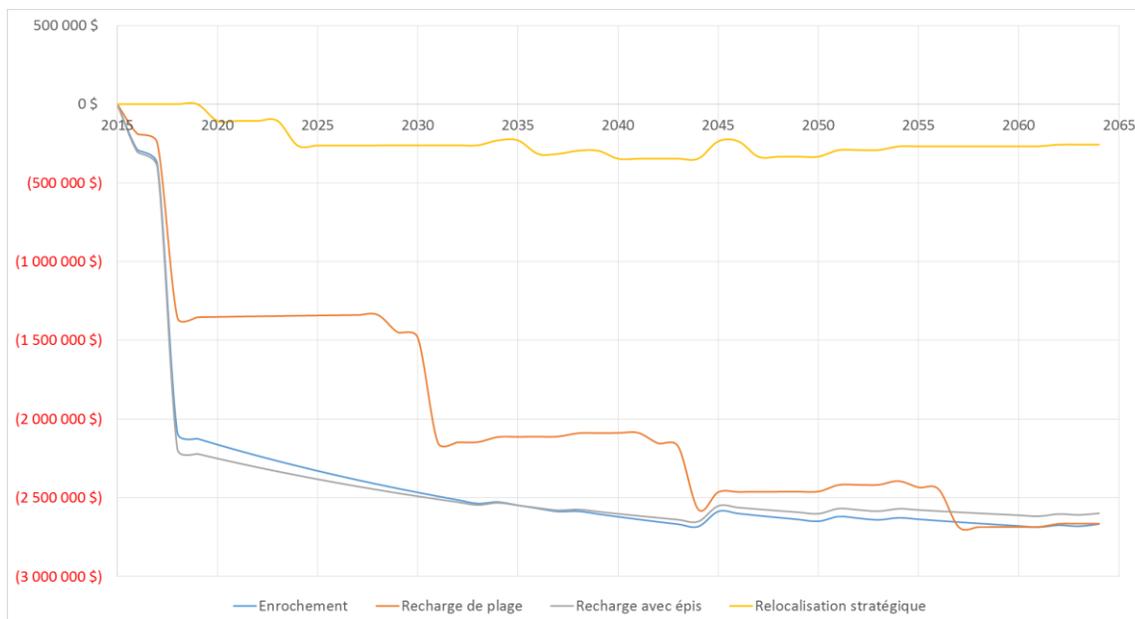


Figure 5.9 – Somme actualisée des avantages nets par rapport à la non-intervention entre 2015 et 2064 – Segment Ruisseau de l'Éperlan.

c) Analyse de sensibilité

Cette section présente les valeurs de VAN obtenues lorsque des hypothèses importantes sont modifiées. L'objectif de ces analyses est d'examiner la robustesse des résultats des différentes options suite à de telles modifications. Dans ce segment, l'analyse de sensibilité ne porte que sur le taux d'actualisation lequel a été augmenté et réduit de 2 %.

TAUX D'ACTUALISATION

Dans ce segment, une variation du taux d'actualisation a le même effet sur toutes les options étudiées, comme indiqué au tableau 5.6. La VAN calculée avec un taux d'actualisation de 6 % diminue par rapport à la VAN obtenue avec les hypothèses de

base. Par contre, elle augmente avec un taux de 2 %. Dans les deux cas, l'option de non-intervention est l'option la moins coûteuse du point de vue économique. Toutefois, il est important de rappeler que l'insécurité créée par la non-intervention n'a pas été prise en compte quantitativement dans cette analyse, faute de données relatives à sa valeur.

Tableau 5.6 – Analyse de sensibilité - Taux d'actualisation de 2 % et 6 % – Ruisseau de l'Éperlan

Options d'adaptation	Taux d'actualisation		
	2 %	4 % (base)	6 %
VAN Non-intervention	(530 187 \$)	(298 294 \$)	(176 443 \$)
VAN Enrochement	(3 504 056 \$)	(2 964 830 \$)	(2 608 260 \$)
VAN Recharge de plage	(4 056 687 \$)	(2 962 453 \$)	(2 317 484 \$)
VAN Recharge de plage avec épis	(3 358 168 \$)	(2 896 601 \$)	(2 584 542 \$)
VAN Relocalisation stratégique	(785 656 \$)	(554 966 \$)	(412 096 \$)
Enrochement - Avantage net par rapport à la non-intervention	(2 973 869 \$)	(2 666 535 \$)	(2 431 817 \$)
Recharge de plage - Avantage net par rapport à la non-intervention	(3 526 501 \$)	(2 664 159 \$)	(2 141 041 \$)
Recharge de plage avec épis - Avantage net par rapport à la non-intervention	(2 827 981 \$)	(2 598 307 \$)	(2 408 099 \$)
Relocalisation stratégique - Avantage net par rapport à la non-intervention	(255 469 \$)	(256 671 \$)	(235 653 \$)

5.4 CONCLUSION

Le secteur Berthelot-Éperlan d'une longueur totale de 1,4 km est constitué de deux segments, séparés par un tronçon du corridor ferroviaire, dont les caractéristiques côtières sont similaires.

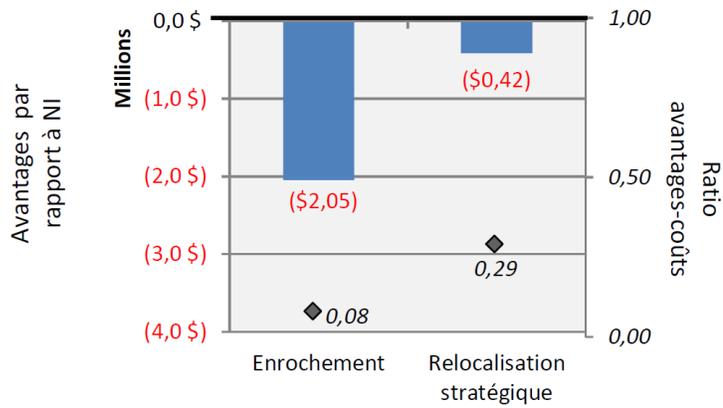
Le segment Rue Berthelot, formé de basses falaises meubles, est confiné entre la route 132 et le chemin de fer. Il accueille quelques résidences permanentes toutes protégées de l'érosion par des enrochements privés en assez bon état. Cependant, ces ouvrages devraient éventuellement céder et le recul probable de la côte menace 7 des 11 habitations sises dans ce segment.

Le segment Ruisseau de l'Éperlan est occupé par des chalets et des roulottes dans sa portion ouest qui est artificialisée aux deux tiers du fait de l'érosion. À l'est, plusieurs résidences principales localisés sur une falaise meuble sont exposées à l'érosion et sont protégés par des enrochements et murs de béton. Quant à la portion centrale, elle est occupé par le ruisseau de l'Éperlan qui est bordé de terrasses de plage et encadré de falaises meubles.

La figure 5.10 résume les avantages nets de chacune des options étudiées par rapport à la non-intervention ainsi que les ratios avantages-coûts des options d'adaptation étudiées pour les deux segments du secteur Berthelot-Éperlan.

Les résultats de l'ACA et les analyses de sensibilité indiquent que la non-intervention est l'option qui minimise les coûts autant dans le segment Rue Berthelot qu'au segment Ruisseau de l'Éperlan. Toutes les structures côtières considérées, rigides ou mobiles, ont des coûts de mise en œuvre qui dépassent largement les coûts qu'elles permettraient d'éviter en situation de non-intervention. Quant à la relocalisation stratégique, elle est toujours plus coûteuse que la non-intervention sur l'horizon d'étude et les analyses de sensibilité ont confirmé ce résultat. L'option de la non-intervention est donc la solution à privilégier économiquement pour l'ensemble du secteur Berthelot-Ruisseau de l'Éperlan.

Rue Berthelot



Ruisseau de l'Éperlan

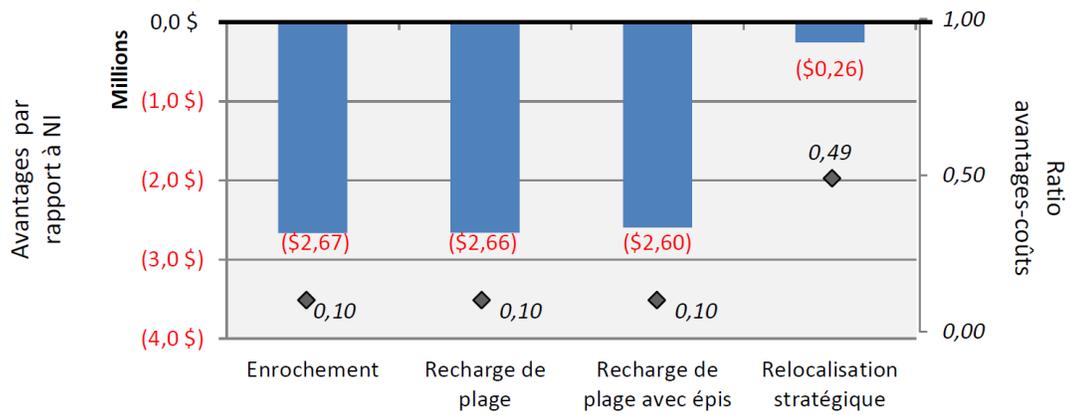


Figure 5.10 – Synthèse des avantages sur la non-intervention et des ratios avantages-coûts des options d'adaptation étudiées – Secteur Berthelot-Éperlan



6 SECTEUR CARLETON EST

6.1 DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SECTEUR

Le secteur de Carleton Est comprend trois segments distincts, soit Plage municipale, Pédoncule et Caps de Maria.

Ce secteur s'étend sur plus de 10,6 km et constitue le cœur de la municipalité de Carleton-sur-Mer, alors que l'on y retrouve plusieurs infrastructures et services collectifs.

Le segment le plus à l'est, soit celui des Caps de Maria est composé de falaises meubles pouvant atteindre jusqu'à 30 mètres de haut. L'érosion de ces falaises libère des sédiments qui viennent alimenter les flèches du barachois de Carleton, dont le segment Pédoncule où se trouve le camping de Carleton-sur-Mer. Malgré cet apport constant de sédiments, l'accès au camping est menacé par l'érosion qui vient amincir le pédoncule de la flèche. Différentes interventions ont tenté de stabiliser le pédoncule dont un enrochement et une recharge de plage. Plus à l'ouest, on retrouve la plage municipale (segment Plage municipale) en accrétion compte tenu d'un apport sédimentaire continue en provenance du ruisseau de l'Éperlan. La zone est cependant très basse et donc vulnérable à la submersion.

La figure 6.1 présente une image satellite du secteur Carleton Est.



Figure 6.1 – Localisation du secteur Carleton Est et des trois segments à l'étude

6.1.1 Plage municipale

Ce segment s'étend sur une longueur de 980 mètres de la rue de la Gare jusqu'au quai de Carleton sur une flèche littorale (figure 6.2). La plage municipale est historiquement en accrétion. En effet, la dérive littorale étant orientée, à cet endroit, vers l'est, elle bénéficie des sédiments en provenance du ruisseau de l'Éperlan qui, bien qu'en faible quantité, se stabilisent du fait de la présence du quai en aval. L'accrétion devrait se poursuivre dans le futur à un taux de +18 cm par an. Ce taux d'accumulation n'est cependant pas assez important pour permettre un élargissement significatif de la plage.

Le segment Plage municipale inclut également 200 m de rive en érosion juste à l'ouest du quai où passe la route menant au quai. Cette section présente un taux d'érosion historique qui se situe à -21 cm par an. La côte peut également enregistrer des reculs ponctuels lors d'événements majeurs qui peuvent atteindre -17,2 m. Situé à un bas niveau altitudinal, le segment Plage municipale est particulièrement vulnérable à la submersion et à l'érosion événementielle. D'un point de vue hydro-sédimentaire, il n'est pas relié aux segments plus à l'est du secteur Carleton Est, soit les segments Pédoncule et Caps de Maria.



Figure 6.2 – Localisation et zone d'érosion d'ici 2065 – Plage municipale

Le segment Plage municipale abrite des bâtiments hôteliers, des commerces, des restaurants, l'école de voile et des bâtiments locatifs. Il s'agit également d'un lieu récréotouristique d'importance pour la municipalité. La plage municipale est fréquentée par de nombreux usagers, principalement des touristes.

6.1.2 Pédoncule

Le segment Pédoncule s'étend sur 1 km le long de la flèche littorale est du barchois de Carleton, soit du début du pédoncule (zone plus mince de la flèche littorale) jusqu'à la courbe de la route du camping (figure 6.3). Soumis aux aléas d'érosion et de submersion lors de tempêtes, les deux tiers du segment sont artificialisés principalement par de l'enrochement et des murets de bois. On note également la présence de recharges en sable à l'endroit du pédoncule.



Figure 6.3 – Localisation et zone d'érosion d'ici 2065 – Pédoncule

Ce segment est dépendant des apports importants de sédiments en provenance des caps de Maria. Malgré l'abondance des sédiments, la dynamique côtière ne permet pas leur accumulation dans ce segment. D'ailleurs, la mise en place de structures de protection rigides dans le segment Caps de Maria viendrait sans aucun doute accentuer le problème et pourrait entraîner une diminution des taux d'accumulation dans la zone littoral du camping.

Au niveau du pédoncule, la route a été endommagée 4 fois entre 2003 et 2010. Des murets, de l'enrochement et plus récemment une recharge de plage ont été mis en place afin de stabiliser la ligne de rivage. Ce segment est d'autant plus critique qu'il demeure le seul accès au camping municipal. Le taux d'érosion probable est de -27 cm par année, avec le recul événementiel de -17,2 m. Toutes les infrastructures sur place et surtout l'accès sont donc exposés à court terme.

6.1.3 Caps de Maria

Le segment Caps de Maria, d'une longueur de 5,4 km, s'étend de l'avenue du Phare jusqu'à l'Auberge des Caps. Il est composé essentiellement de falaises meubles de 20 à 30 mètres de hauteur (figure 6.4). Un peu plus de 16 % des côtes de ce segment sont artificialisées, surtout par des murets de bois, mais également par de l'enrochement et des blocs déversés. Le taux de recul probable au cours des 50 prochaines années varie de -0,28 m à -0,69 m/an, alors que le recul événementiel peut atteindre jusqu'à -9,4 m dans les falaises meubles. L'érosion devrait affecter les résidences sises en haut des falaises et le terrain de golf localisé à la limite ouest du segment. L'érosion des falaises meubles dans ce segment permet d'améliorer le bilan sédimentaire du segment précédent où se situe le pédoncule de la flèche du camping.

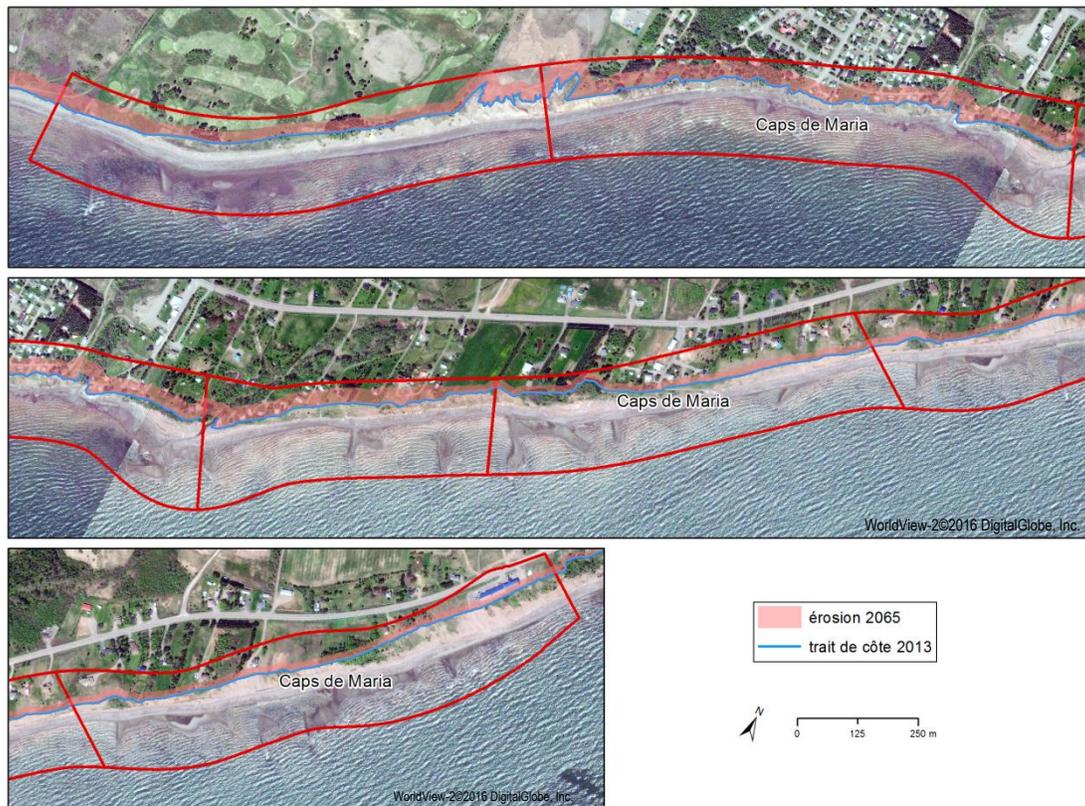


Figure 6.4 – Localisation et zone d'érosion d'ici 2065 – Caps de Maria

6.1.4 Problématique

Les problématiques des trois segments du secteur Carleton Est diffèrent fortement. D'un point de vue hydro-sédimentaire, le segment Plage municipale n'est pas relié aux autres segments de ce secteur. Sa problématique est donc analysée indépendamment des segments Caps de Maria et Pédoncule.

Le segment Plage municipale connaît des problèmes de submersion. Le segment accueille, à l'ouest, une trentaine de bâtiments et infrastructures qui sont susceptibles de subir des dommages lors des épisodes de submersion au cours des 50 prochaines années. Parmi ces structures, on compte des résidences, des chalets, des commerces (dont la pharmacie Jean Coutu), des hôtels et hôtels-motels, un stationnement municipal, des bâtiments secondaires et certaines infrastructures (piscines, rampes d'accès, etc.).

À partir de la 132, la route menant au quai serait également sujette à des épisodes de submersion qui pourraient empêcher l'accès à ce dernier. Elle est aussi menacée par l'érosion à proximité du quai où la côte est artificialisée. Le long de la route menant au quai sont installées les infrastructures publiques qui approvisionnent le camping en eau potable et assure l'assainissement.

Quant aux deux autres segments, ils sont liés par leur dynamique hydrosédimentaire : le pédoncule est récepteur des sédiments érodés au niveau des caps de Maria. Dans le segment Pédoncule, si rien n'est fait, l'érosion aura grugé la majeure partie du pédoncule de la flèche d'ici 2040 ce qui empêcherait d'accéder au terrain de camping par la route. Le maintien de la route d'accès au camping et au banc Larocque constitue un enjeu important pour la collectivité. Les quelques bâtiments localisés à l'endroit du pédoncule sont des abris ou des structures temporaires dont la valeur est jugée négligeable. Cependant, la perte d'accès au terrain de camping pourrait entraîner des pertes de revenus commerciaux importantes pour la région et en particulier pour la municipalité. Le pédoncule est également submergé lors de tempêtes coupant ainsi la route et la piste cyclable menant tout au bout de la flèche littorale.

Les falaises du segment Caps de Maria sont, quant à elles, fortement sujettes à l'érosion et la bande de terrain qui pourrait être perdue à l'horizon 2064 sans intervention, se situerait entre 14 et 35 mètres dans ce segment. Plusieurs résidences seraient ainsi affectées, principalement des résidences permanentes, maisons de villégiature et chalets sis au haut des falaises. Le terrain de golf à l'ouest serait également touché par l'érosion. Puisque la stabilité du banc Larocque (flèche littorale) dépend grandement de l'apport sédimentaire provenant des caps de Maria, aucune mesure de protection des rives n'est prévue sur ce segment. D'ailleurs, il serait important de maintenir sur ce dernier des zones naturelles où les structures de protection seraient interdites afin d'atténuer l'érosion du Pédoncule.

6.1.5 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.

Dans le segment Plage municipale, étant donné la présence de la route menant au quai et des infrastructures desservant la camping, un enrochement est prévu à l'ouest du quai dans la zone en érosion. Il n'apparaît pas réaliste de laisser aller l'accès au quai et les infrastructures publiques même dans l'option de non-intervention. Pour cela, l'option de non-intervention et les options d'adaptation tiennent toutes compte des coûts de conception, de construction et d'entretien d'un ouvrage d'enrochement à l'ouest du quai sur l'horizon temporel retenu.

Pour le reste du segment, soit la zone de la plage municipale, la non-intervention implique que la côte de ce segment sera sujette à des épisodes de submersion pouvant endommager les bâtiments qui ont une faible élévation ou situés très près de la rive. 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 jamais l'immunisation d'un bâtiment. Elle cause plutôt des dommages en fonction des hauteurs d'eau atteintes lors des épisodes.

Le segment Caps de Maria est fortement affecté par l'érosion. À mesure que la côte s'érodera, il y aura des pertes de terrain et certains bâtiments se retrouveront exposés. 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.

L'option de non-intervention anticipe également que l'érosion grugera le pédoncule de la flèche littorale où sont situées la route et la piste cyclable menant au camping. Des pertes de revenus commerciaux sont donc à prévoir pour l'option de non-intervention dès que l'accès sera coupé. De plus, ce segment connaît des épisodes de submersion lors de tempêtes auxquelles sont associés des coûts d'enlèvement de débris, de réhabilitation de la route, etc.

6.1.6 Options d'adaptation

Cette section présente l'ensemble des options d'adaptation ayant été considérées dans une ou plusieurs des zones à risque du secteur Carleton Est, soit la recharge de plage (RP), la recharge de plage avec épis (RPE), les mesures de protection multiples (PM), le rehaussement de la route et la mise en place d'un mur de béton (RMB), l'immunisation

ainsi que la relocalisation stratégique (IRS). Le tableau 6.1 présente les solutions mises de l'avant dans chacun des segments du secteur Carleton Est.

Tableau 6.1 – Options d'adaptation proposées dans les segments du secteur Carleton Est

Segment	Structures côtières rigides	Structures côtières mobiles	Option sans structure côtière
Plage municipale	Protections multiples : digue, mur de béton, dunes végétalisées		Immunisation
Pédoncule	Rehaussement et mur de béton	Recharge de plage Recharge de plage avec épis	
Caps de Maria			Relocalisation stratégique

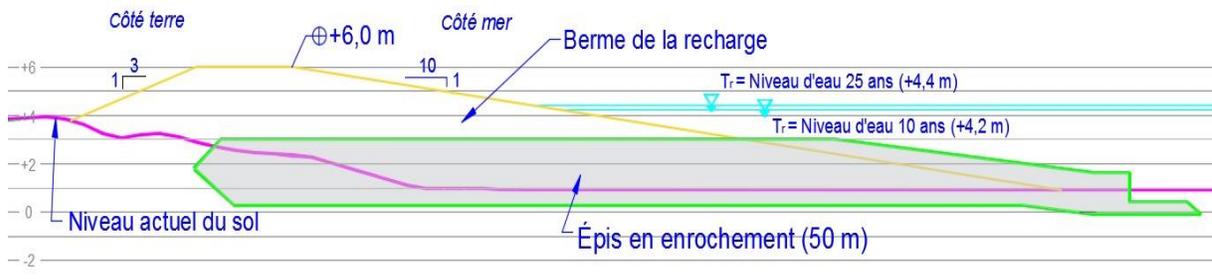
a) Recharge de plage avec ou sans épis

La protection par recharge de plage est considérée dans le segment Pédoncule. Cette option est basée sur le principe d'un retour aux conditions morphologiques historiques des plages.

Cependant, une recharge de plage sans épis a une courte durée de vie puisque le matériel qui est déposé sur la plage peut circuler facilement et donc s'éroder rapidement. Selon la conception préliminaire, l'absence d'épis entraînerait une perte de matériel de l'ordre de 10 m³/m.l./année. Ces pertes signifient que le matériel devrait être redistribué ou qu'une nouvelle recharge devrait avoir lieu tous les 10 à 15 ans, faisant grimper les coûts d'entretien d'une telle option.

C'est pourquoi une recharge avec épis est également envisagée. Les épis sont des structures faites de pierres, disposées perpendiculairement à la plage et qui s'avancent dans l'eau sur une vingtaine de mètres. Ces épis créent des cellules de plage qui aident à retenir les sédiments sur la plage lors d'événements de tempête. Cette option n'exigerait aucune recharge pour entretenir la recharge initiale sur l'horizon temporel considéré.

La figure 6.5 présente la coupe-type d'une recharge avec épis qui s'appliquerait sur le littoral du segment Ruisseau de l'Éperlan. Considérant les niveaux d'eau extrêmes prévus, la conception préliminaire suggère que la recharge devrait atteindre 6 mètres dans ce secteur (Baird 2015).



Source : Baird (2015)

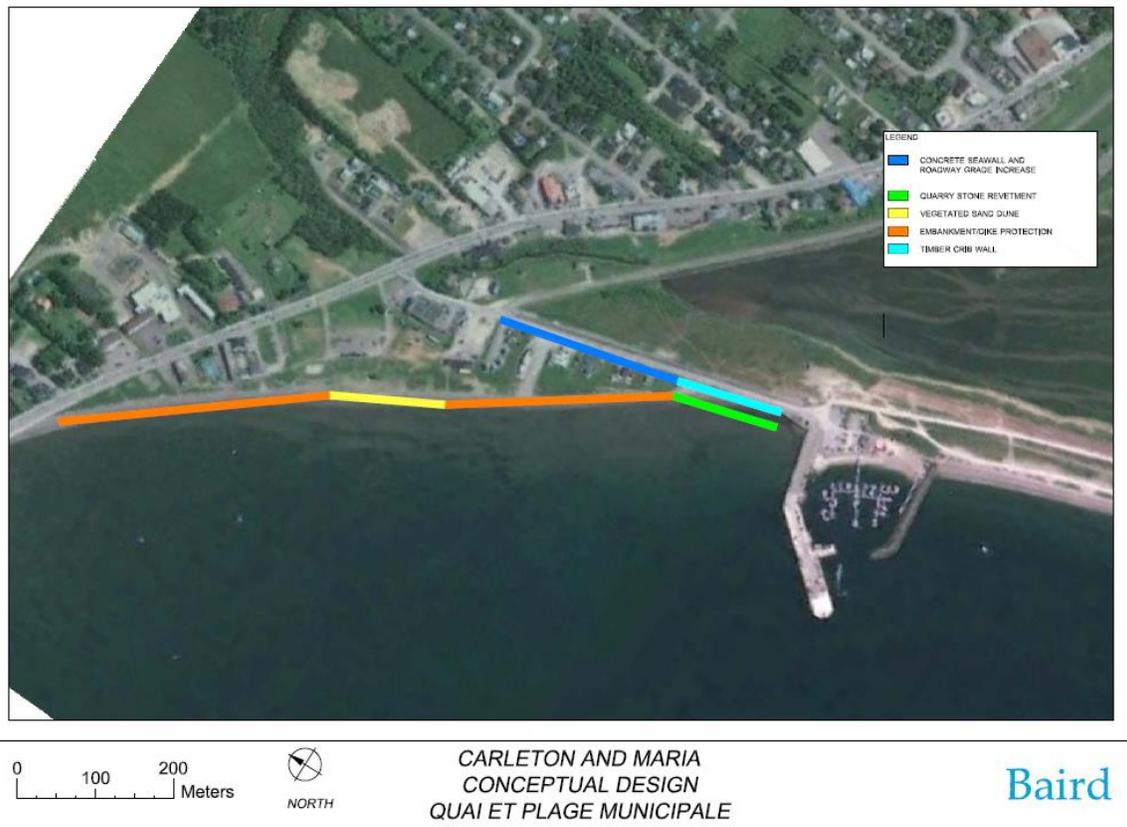
Figure 6.5 – Coupe-type d'une recharge de plage avec épis

b) Rehaussement du niveau de la route et mur de béton

Toujours dans le segment Pédoncule, une autre option considérée est de procéder à un rehaussement du niveau de la route et à la mise en place d'un mur de béton de 6 mètres de hauteur sur une distance de 400 mètres afin de protéger l'accès au camping en tout temps.

c) Protections multiples (PM)

Dans le segment Plage municipale, la diminution de la vulnérabilité à la submersion passe par l'étanchéisation de la zone à l'aide de plusieurs mesures de protection. La figure 6.6 présente les zones où il est anticipé de mettre ne place des ouvrages de protection. D'abord, il y aurait une digue à la limite ouest du segment et une autre à l'est pour une longueur totale de 500 m (orange). Au milieu de ces digues, soit à l'endroit le plus fréquenté de la plage, la mise en place de dunes végétalisées (jaune) sur une distance de 230 mètres est proposée afin de maintenir l'usage récréatif de la côte. Enfin, pour empêcher la submersion par le barchois, la construction d'un mur de béton est envisagée sur une distance totale de 210 mètres (bleu). La mise en place d'un mur dans ce secteur s'explique par le manque d'espace pour construire un ouvrage plus mobile qui pourrait offrir une protection contre la submersion.



Source : Baird (2015)

Figure 6.6 – Protections multiples dans le segment Plage municipale

d) Relocalisation stratégique (RS)

Cette solution, prévue dans le segment Caps de Maria, suppose qu'un bâtiment est déménagé dès qu'il est à moins de 5 m du trait de côte. Le déménagement peut se faire sur le même terrain, s'il est suffisamment grand, ou le cas échéant, 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.

e) Immunisation

Cette solution est proposée pour le segment Plage municipale. Il suppose que les bâtiments affectés par la submersion seront rehaussés afin d'éviter les dommages dus à la submersion.

6.1.7 Impacts appréhendés

Le secteur Carleton Est constitue un milieu d'intérêt au niveau environnemental et humain. 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. D'une part, il y a les impacts liés à l'érosion et à la submersion lors de tempêtes. Ils comprennent essentiellement l'ensemble des dommages causés aux bâtiments, infrastructures et terrains et les coûts associés aux mesures d'urgence lors de tempêtes. D'autre part, il y a les impacts économiques, environnementaux ou sociaux découlant de la mise en place des options d'adaptation proposées ou des effets indirects de l'érosion et de la submersion. Le tableau 6.2 présente les impacts appréhendés des différentes solutions proposées dans le cadre de l'analyse coûts-avantages du secteur Carleton Est, soit la non-intervention (NI), la recharge de plage (RP), la recharge de plage avec épis (RPE), le rehaussement de la route et le mur de béton (RMB), les mesures de protections multiples (PM) : digues, dunes végétalisées et mur de béton, l'immunisation (IM) ainsi que la relocalisation stratégique (RS).

Tableau 6.2 – Impacts appréhendés selon les options d'adaptation – Secteur Carleton Est

Type d'impacts	Impacts appréhendés	NI	RPE	RP	PM	RMB	IRS
Impacts liés à l'érosion et à la submersion	Pertes physiques de terrain	X					X
	Dommages ou pertes de bâtiments résidentiels et commerciaux	X					X
	Dommages ou pertes d'infrastructures publiques	X					X
Impacts économiques	Modification de la valeur des propriétés	X					X
	Pertes de revenus commerciaux	X					X
Impacts sociaux	Détérioration de la qualité de vie (anxiété, insécurité, dérangement)	X					X
	Modification de la vue sur la mer	X			X		X

En matière d'impacts liés à l'érosion et à la submersion, la non-intervention occasionne des pertes de terrain et des dommages aux bâtiments et aux infrastructures. La recharge de plage, la recharge de plage avec épis, le mur de béton et les mesures de protection multiples permettraient de se prémunir contre ces aléas côtiers pour les prochaines 50 années. Une fois que ces options sont mises en place, il n'y a donc pas d'impact direct découlant de ces phénomènes. Quant aux options d'immunisation et de relocalisation stratégique, bien qu'elles ne freinent pas directement les aléas côtiers, elles réduisent fortement les dommages causés par ces aléas.

Dans ce secteur, les impacts économiques concernent principalement la perte potentielle de revenus commerciaux due à la perte de l'accès routier menant au camping dans le segment Pédoncule. De plus, les impacts économiques incluent la perte de valeur des terrains lorsque ceux-ci sont déclarés non constructibles. Cela se produit lorsque la superficie restante d'un terrain est insuffisante pour reconstruire en respectant les normes de la municipalité, après le déménagement d'un bâtiment à cause de l'érosion. Le terrain perd alors son statut de terrain constructible et par le fait même sa valeur économique.

Aucun impact environnemental n'est prévu dans ce secteur sur l'horizon temporel considéré. En effet, l'empiètement dans la mer des différentes options d'adaptation ne devrait pas avoir d'impact environnemental significatif d'après les informations qui ont été recueillies auprès d'experts environnementaux locaux et régionaux.¹³ Même l'option qui aurait pu avoir un impact direct sur le barachois de Carleton, soit le mur de béton prévu pour protéger le segment Plage municipale de la submersion, n'empiète pas sur le marais puisque la construction du mur est prévue près de la route du Quai.

Des impacts sociaux sont cependant à prévoir. En effet, la non-intervention et la relocalisation stratégique priveraient les résidents dont les bâtiments seraient démolis (segment Plage municipale) ou relocalisés (segment Caps de Maria) de la vue sur la

¹³ Une évaluation approfondie des impacts environnementaux potentiels devra être réalisée avant qu'une option d'adaptation soit mise en place. Cette évaluation permettra de confirmer ou non les impacts appréhendés et les coûts reliés à une telle évaluation sont pris en compte dans l'ACA.

mer qu'ils ont présentement. De plus, la mise en place d'une digue dans le secteur Plage municipale priverait les résidents de ce segment de la vue sur la mer, mais sans que l'accès à cette dernière ne soit affecté.

Comme mentionné précédemment, le segment Plage municipale est utilisé par de nombreux visiteurs et la valeur d'usage du littoral de ce segment est importante. Cependant, toutes les options d'adaptation envisagées dans le segment Plage municipale ont été conçues afin de garantir l'accès au littoral et de permettre aux visiteurs de continuer à pratiquer leurs activités préférées sur la plage. Aucune perte de valeur d'usage n'est donc anticipée pour ce segment.

Enfin, pour les résidents vivant à proximité du littoral, les événements de tempête 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.

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 y sont également énoncées.

6.2.1 Impacts liés à l'érosion et à la submersion

Les coûts directs de l'érosion et de la submersion associés à la non-intervention correspondent généralement aux avantages qu'offrent certaines des options d'adaptation, puisque celles-ci visent généralement à éviter les processus érosifs et de submersion. En monétisant ces impacts, 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 liés à l'érosion et à la submersion présentés dans les paragraphes qui suivent sont associés à l'option de non-intervention.

a) *Pertes physiques de terrain*

Les pertes de terrain anticipées dues à l'érosion dans les segments Caps de Maria et Pédoncule varient selon les scénarios d'érosion probables fournis par l'UQAR. Selon ces scénarios, le taux d'érosion probable se situerait à -27 cm/an dans le segment Pédoncule et entre -28 et -69 cm au niveau des falaises meubles du segment Caps de Maria. La valeur économique des superficies de terrains perdus est estimée en se référant au rôle d'évaluation de Carleton-sur-Mer de 2014, lequel a été ajusté pour être 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 ce moment, la valeur résiduelle du terrain est comptabilisée comme perte totale, car le terrain est considéré non constructible. Il est à noter que la valeur résiduelle d'un terrain, lorsque considéré non constructible, est déterminée en soustrayant de la valeur totale du terrain la valeur des pertes annuelles dues à l'érosion ayant déjà été comptabilisées.

Des pertes de terrain sont comptabilisées pour l'option de non-intervention de même que pour la relocalisation stratégique et l'immunisation (si applicable). Des pertes liées à l'érosion et/ou la submersion sont également enregistrées pour les options d'adaptation d'ingénierie envisagées, mais seulement pour la période précédant leur réalisation, c'est-à-dire avant 2018.

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

Les dommages ou pertes de bâtiments résidentiels et commerciaux découlent des impacts des aléas côtiers de submersion et d'érosion. Les dommages ou pertes de bâtiments causés par l'érosion seront comptabilisés 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. 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 pour l'option de non-intervention.

Comme mentionné à la section 3.3.4, les dommages ou pertes de bâtiments dus aux épisodes de submersion sont plus difficiles à estimer. Le dommage correspondant est calculé grâce aux courbes de hauteurs d'eau/dommages développées par Bonnifait (2005) et ce, pour chaque classe d'événement retenue (2, 5, 10, 20, 25 et 30 ans) et pour chaque bâtiment résidentiel et commercial localisé dans le segment. Ces dommages permettent ensuite par l'approximation de Riemann de calculer un dommage annuel moyen (DAM) pour chaque bâtiment. Celui-ci est considéré constant à travers le temps à l'intérieur des trois horizons de projection des niveaux marins (2015-2029, 2030-2054, 2055-2064). Pour chacun de ces horizons, le DAM est calculé en tenant compte de la hausse du niveau marin prévue dans la zone donnée.

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 et le bâtiment démoli.

c) Dommages ou pertes d'infrastructures publiques

Dans le segment Pédoncule, la route a été endommagée à plus de 4 reprises entre 2003 et 2010. Des murets, des enrochements et plus récemment une recharge de plage ont été mis en place afin de stabiliser la ligne de rivage. Il a été possible d'obtenir les coûts encourus par la municipalité pour réparer et nettoyer les dommages subis lors de la tempête de décembre 2010. Ces coûts incluent le ramassage des débris de bois, d'asphalte et de sable sur la rue du Phare ainsi que l'embauche d'un entrepreneur pour procéder à la réhabilitation et au pavage de la route, pour un coût total de près de 90 000 \$. Considérant la période de retour de l'évènement de 2010, cette somme correspond à un coût annuel estimé moyen de 6 696 \$. Ce montant a été comptabilisé pour l'option de non-intervention du segment Pédoncule. Il a également été pris en compte les 3 années précédant la mise en place des différentes options d'adaptation retenue (2015 à 2017).

6.2.2 Impacts économiques

Les impacts économiques dans le secteur Carleton Est sont liés à la modification de la valeur des propriétés déménagées et à la perte de revenus commerciaux.

Des pertes économiques sont à prévoir dans le segment Caps de Maria où, dans le cas du scénario de relocalisation stratégique, plusieurs bâtiments seront déplacés sur un autre site. 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.

La non-intervention dans le segment Pédoncule entraîne, sur un horizon temporel de 50 ans, l'érosion du pédoncule conduisant à la perte de l'accès au camping et donc des revenus afférents. Toutefois, l'ACA ne prend en compte la perte de revenus d'un établissement commercial donné que si ces revenus ne peuvent être transférés à autre établissement à l'intérieur des frontières géographiques de l'étude. Les sommes non transférées sont alors considérées comme une perte pour la société.

C'est ainsi que, dans le cadre de la présente étude, une analyse des places disponibles dans un camping alternatif, soit le Camping Beaubassin, a été effectuée. Ce camping est le seul offrant des services et caractéristiques similaires dans un rayon de 75 kilomètres du camping de Carleton-sur-Mer. Il ressort de cette analyse que des revenus commerciaux annuels de l'ordre de 501 883 \$ seraient perdus pour la région, car ils ne pourraient être transférés au Camping Beaubassin. Cette somme a été obtenue en considérant que 216 clients en juillet et 207 clients en août ne pourraient pas loger au Camping Beaubassin à un prix moyen de 38,25 \$ par emplacement.

La perte de revenus commerciaux est comptabilisée comme une perte économique à partir du moment où la route menant au camping devient impraticable, soit en 2040 selon les hypothèses posées. Les détails concernant les données utilisées, les hypothèses retenues et les calculs effectués pour estimer la perte nette de revenus commerciaux sont présentés à l'annexe D.

6.2.3 Impacts sociaux

a) *Perte de vue sur la mer*

Afin d'établir la valeur de la vue sur 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, comme la proximité à des installations tels un cégep ou un centre-ville. En utilisant cette méthode, la prime moyenne de vue sur la mer est de près de 9 000 \$. Ainsi, un terrain permettant d'avoir une vue sur la mer, toutes choses étant égales par ailleurs, coûterait près de 9 000 \$ de plus qu'un terrain n'offrant pas une telle vue.

La mise en place de certaines options d'adaptation génère un tel impact. En effet, la digue prévue dans le segment de la plage municipale priverait 6 bâtiments d'une vue sur la mer. De même, dans le segment Caps de Maria, la non-intervention et la relocalisation stratégique impliquent respectivement la démolition de 25 bâtiments et le déménagement de 27 bâtiments, lesquels perdront la vue sur 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 demeure extrêmement difficile de chiffrer la valeur de cette perte de bien-être en termes économiques. Ainsi, dans le cadre de cette analyse, cet impact est traité qualitativement en soulignant que toutes les options d'adaptation étudiées devraient améliorer la qualité de vie des résidents en diminuant l'insécurité par rapport à la situation de non-intervention.

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

Les options d'adaptation envisagées impliquent des coûts de différentes envergures. Le coût de chacune d'entre elles a été estimé à partir de consultations menées auprès d'experts en fonction de leur domaine d'expertise.

Les coûts de déménagement et d'immunisation des bâtiments ont été estimés par la firme de déménagement Héneault et Gosselin Inc. qui a effectué une visite dans la région. Les prix fournis varient entre 1 300 \$ et 2 100 \$ du mètre linéaire selon les différents revêtements de bâtiments et trois différentes possibilités : transport sur route et fondations, relocalisation sur le même terrain et fondations ou encore rehaussement des fondations (annexe C). 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 de déménagement ou de rehaussement des bâtiments, le coût de gestion des fils. Ce dernier est faible en cas d'immunisation puisque cette option n'implique qu'un débranchement et un branchement plutôt que de gérer l'ensemble des fils présents sur le trajet de relocalisation d'une résidence. Les coûts de relocalisation stratégique comprennent également l'aménagement de services dans les quartiers qui accueilleront les bâtiments déménagés. Ces coûts sont estimés à 1 600 \$ du mètre linéaire de route avec services.

L'immunisation est une option considérée au segment Plage municipale, alors que la relocalisation stratégique de bâtiments est la seule option envisageable au segment Caps de Maria. Il est à noter que pour le segment Plage municipale, l'immunisation inclut également la mise en place d'un enrochement à l'est du quai afin d'en protéger l'accès. Les coûts de construction de même que les coûts d'entretien de cet ouvrage sur l'horizon temporel considéré sont pris en compte dans les coûts de l'immunisation, de même que dans toutes les options considérées dans ce segment. En fait, il est supposé que l'accès au quai sera maintenu peu importe l'option privilégiée.

Dans le cas des mesures de protection multiples proposées au segment Plage municipale, les coûts incluent l'aménagement et l'entretien d'une digue sur 500 m, de dunes végétalisées sur 210 m en façade de la plage et d'un mur de béton de 230 m le long de la rue du Quai. Ces différentes mesures sont toutes d'une hauteur de 6 mètres afin d'empêcher les épisodes de submersion. Le coût de ces ouvrages a été établi par une firme d'ingénierie selon des critères de conception préliminaire établis en fonction des caractéristiques du segment (Baird, 2015). Le coût de la digue est estimé à 2 100 \$ du mètre linéaire, celui du mur de béton à 4 300 \$ du mètre linéaire et celui des dunes végétalisées de 900 \$ du mètre linéaire. Ces estimés comprennent les frais de

construction et de surveillance de chantier. Il faut ajouter 20 % pour les études préparatoires durant les deux années précédant la construction et 30 % de frais de contingence. Ces ouvrages requièrent également un entretien équivalent à 2-3 % du coût de construction par an sur l'horizon de 50 ans.

En ce qui concerne la recharge de plage prévue dans le segment Pédoncule sur une distance de 400 m, deux options sont possibles, soit une recharge de plage sans épis et une recharge avec épis. Le coût de construction au mètre linéaire se situe respectivement à 3 200 \$ et 3 900 \$ pour une recharge sans épis et avec épis. Quant aux coûts d'entretien, ils diffèrent significativement. Puisque la durée de vie moyenne d'une recharge de plage sans épis est estimée à 12,5 ans, trois recharges devront donc être effectuées en plus de la recharge initiale sur l'horizon de 50 ans. Quant à la recharge avec épis, sa durée de vie couvre l'ensemble de la période d'étude dans la mesure où un minimum d'entretien est réalisé à tous les ans. Le coût de cet entretien annuel est estimé à 2,5 % du coût de construction.

Toujours dans le segment Pédoncule, le rehaussement de la route et la mise en place d'un mur de béton sont aussi une option envisagée. Le coût de construction associé à cette option est de 9 800 \$ du mètre linéaire. À ce montant s'ajoutent les frais d'ingénierie (conception et surveillance), les coûts de réalisation d'une étude environnementale et les frais d'entretien.

Dans le segment Caps de Maria, 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 carré¹⁴ en plus de coûts fixes de 3 240 \$ et 1 080 \$ respectivement pour l'enlèvement des fondations et le transport au site d'enfouissement le plus près.

¹⁴ 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*. Ce coût a été actualisé à l'aide de l'Indice des prix à la consommation canadien (IPC) et ajusté pour refléter les conditions dans la région gaspésienne.

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 considérées. Une comparaison de ces coûts et avantages est par la suite effectuée dans le cadre du calcul de la valeur actualisée nette. Une dernière section fait la synthèse des résultats obtenus, de manière à comparer la rentabilité économique de chaque option. Les résultats de l'analyse coûts-avantages sont présentés par segment.

6.3.1 Plage municipale

a) Calcul des coûts sur 50 ans

Cette section se concentre sur les coûts totaux de non-intervention et de la mise en œuvre de chacune des options d'adaptation pour le segment Plage municipale. Tous les coûts sont actualisés à un taux de 4 % pour la période de 2015 à 2064¹⁵.

Dans le cas du segment Plage municipale, les options d'adaptation proposées sont des mesures de protection multiples (PM) (digues, dunes végétalisées et mur de béton) qui permettraient de protéger l'ensemble du segment contre des épisodes de submersion ainsi que l'immunisation stratégique (IS).

COÛTS LIÉS À LA NON-INTERVENTION

Les coûts liés à la non-intervention concernent essentiellement les dommages encourus par la submersion qui endommagerait les bâtiments localisés dans ce segment. 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 du niveau marin prévue à ces dates. Plus précisément, le dommage annuel moyen (DAM) associé à la submersion est évalué à 159 428 \$ pour la période 2015-2029, à 227 271 \$ entre 2030-2054 et est fixé à 367 085 \$ à partir de 2055. Ces dommages représentent une somme actualisée d'environ 4,54 M\$ sur l'horizon 2015-2064.

¹⁵ Le détail des coûts par année pour le secteur Carleton Est est présenté à l'annexe G.

La non-intervention rend également en considération les coûts de construction et d'entretien d'un enrochement à l'ouest du quai, afin de préserver l'accès à ce dernier sur l'horizon temporel retenu. Ces coûts totalisent 1,56 M\$ sur l'ensemble de la période.

Ainsi, en tenant compte de ces deux éléments, les coûts liés à la non-intervention sur une période de 50 ans représentent une somme d'environ 6,10 M\$.

COÛTS LIÉS AUX MESURES DE PROTECTION MULTIPLES

Le coût actualisé de mise en place des différentes mesures proposées dans cette option, soit des digues, dunes végétalisées et un mur de béton, implique à la fois des coûts d'ingénierie, des coûts d'étude environnementale et des coûts d'entretien qui totalisent un peu plus de 6,20 M\$.

Une fois mis en place, ces différents ouvrages permettront d'éviter tous les coûts liés à la submersion dans ce segment. Toutefois, avant la réalisation des ouvrages en 2018, des dommages dus à la submersion sont à prévoir et ceux-ci totaliseraient 460 125 \$.

Enfin, six résidences perdraient leur vue sur la mer du fait de la mise en place des digues qui devraient atteindre une hauteur de 6 mètres. La perte économique associée à la perte de vue totaliserait 46 924 \$.

Ainsi, les coûts totaux de cette option d'adaptation s'élèvent donc à environ 6,71 M\$.

COÛTS LIÉS À L'IMMUNISATION STRATÉGIQUE

Les coûts de l'immunisation sont essentiellement liés à l'ampleur de la mesure elle-même qui nécessite l'immunisation de 18 bâtiments sur l'horizon temporel considéré. Au début de chaque période de rehaussement marin, soit en 2030 et 2055, une analyse a été effectuée afin de déterminer les bâtiments à immuniser ou non. Le coût total des 18 bâtiments à immuniser s'élève ainsi à 2,69 M\$.

Compte tenu que plusieurs bâtiments seraient immunisés, les dommages associés à la submersion sont beaucoup moins élevés pour cette option que dans le cas de la non-intervention. Ils représentent une somme actualisée de 1,51 M\$ sur l'horizon 2015-2064.

Ainsi, le coût total de cette option est estimé à un peu plus de 4,20 M\$.

b) Calcul des avantages sur 50 ans

Les options d'adaptation étudiées pour le segment Plage municipale ne génèrent pas d'avantages particuliers au plan environnemental, touristique, récréatif ou social. Les avantages des options sont essentiellement les coûts évités de submersion par rapport à l'option de non-intervention.

c) Valeur actualisée nette et comparaison des options

La valeur actualisée nette des options d'adaptation retenues a été calculée sur la base des coûts quantifiés et monétisés précédemment. La VAN de même que les principales catégories de coûts et d'avantages de chaque option d'adaptation sont présentées au tableau 6.3 et à la figure 6.7 Cette dernière permet de comparer l'importance des différents coûts et avantages de chacune des options d'adaptation.

Tableau 6.3 – Coûts et avantages actualisés des options d'adaptation –Plage municipale

Impacts actualisés nets	Non-intervention	Mesures de protection multiples	Immunisation stratégique
Submersion*	(4 538 745 \$)	(460 125 \$)	(1 512 021 \$)
Coûts des options	(1 562 627 \$)	(6 204 566 \$)	(2 692 883 \$)
Impacts sociaux	- \$	(46 924 \$)	- \$
VAN	(6 101 372 \$)	(6 711 615 \$)	(4 204 905 \$)
Avantages p/r non-intervention		(610 243 \$)	1 896 467 \$
Ratios avantages-coûts		0,91	1,68

« Submersion » inclut les dommages aux bâtiments, infrastructures et terrains.

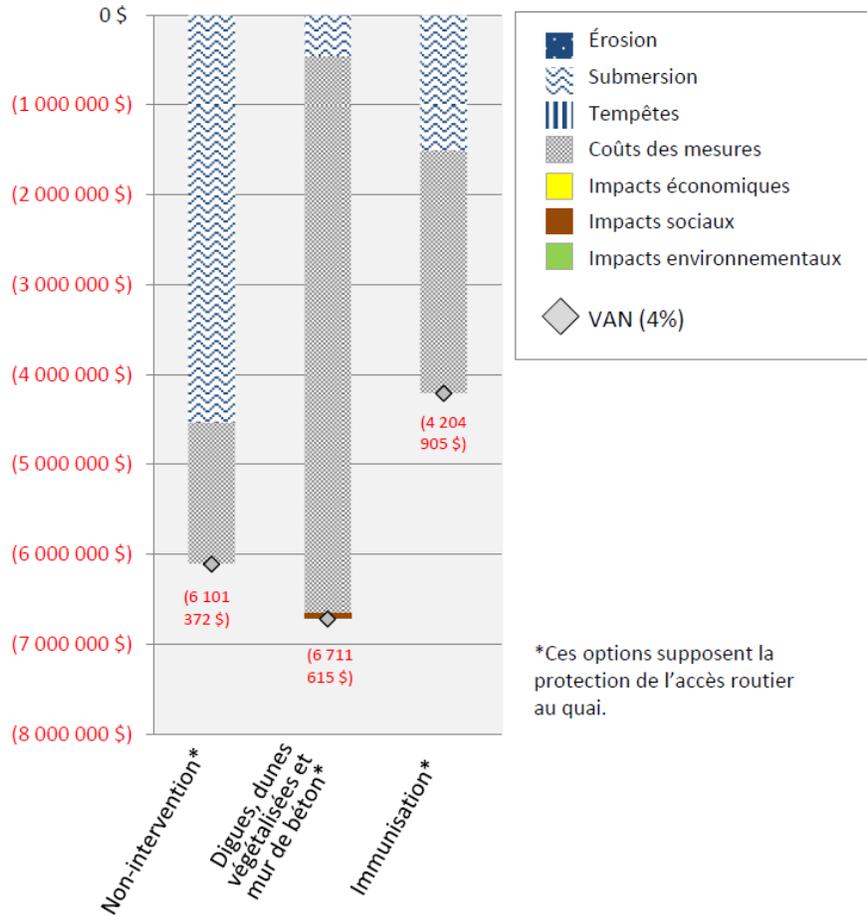


Figure 6.7 – Ventilation des coûts et avantages par option – Plage municipale

Comme il est possible de le constater au tableau 6.3 et à la figure 6.7, aucune des options envisagées pour le segment Plage municipale ne génère une VAN positive et donc un avantage net pour la société. Toutefois, l'immunisation stratégique offre un avantage net par rapport à la non-intervention. Cet avantage est de l'ordre de 1,9 M\$ et le ratio avantages-coûts de 1,68 confirme que l'immunisation stratégique est beaucoup plus avantageuse que l'inaction. L'immunisation est plus profitable que la non-intervention essentiellement parce que les bâtiments immunisés ne sont plus endommagés par les épisodes de submersion.

Quant aux mesures de protection multiples envisagées pour contrer les épisodes de submersion, leur coût de réalisation est plus élevé que les coûts qu'elles permettent d'évités au niveau de la submersion.

La figure 6.8 illustre la somme cumulée des avantages nets de chaque option 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 solution devient plus avantageuse que la non-intervention. Il est possible de constater que l'immunisation devient plus avantageuse dès 2033.

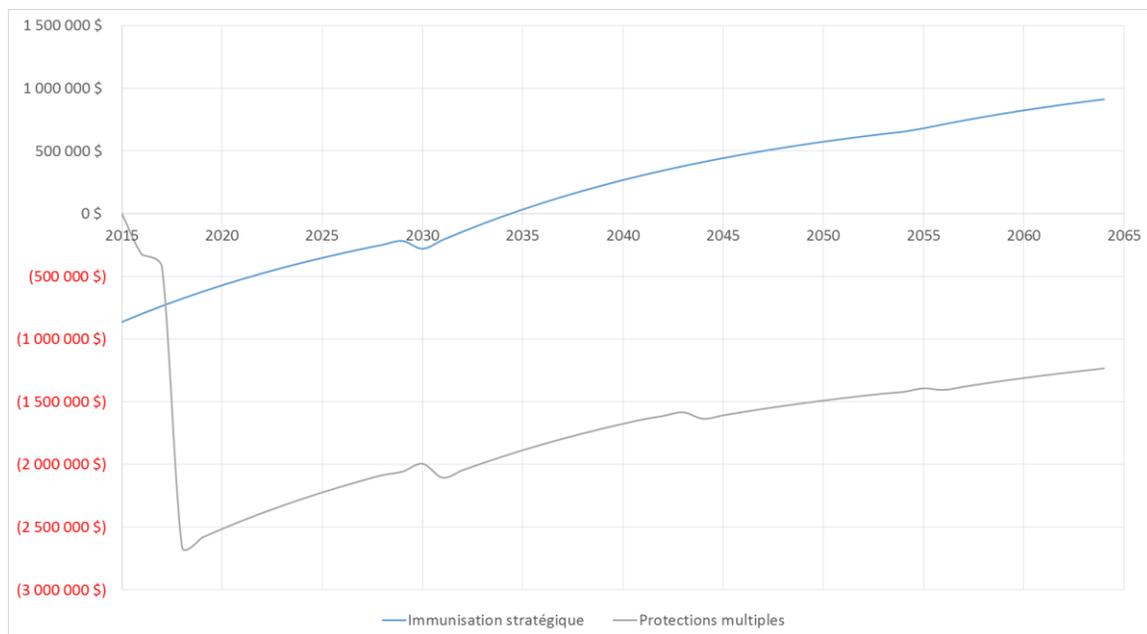


Figure 6.8 – Somme actualisée des avantages nets par rapport à la non-intervention entre 2015 et 2064 – Plage municipale

d) Analyse de sensibilité

Cette section présente la variation des résultats de l'ACA lorsque des hypothèses importantes sont modifiées. L'objectif de ces analyses est d'examiner la robustesse des résultats à de telles modifications. Dans ce segment, les variables modifiées sont le taux d'actualisation et les niveaux d'eau extrêmes. Le tableau 6.4 indique de manière plus détaillée les analyses de sensibilité ayant été effectuées.

Tableau 6.4 – Paramètres de l'analyse de sensibilité – Plage municipale

Paramètre	Variation
Taux d'actualisation	± 2 %
Niveaux d'eau extrêmes	+ 50 cm

TAUX D'ACTUALISATION

Une variation du taux d'actualisation entraîne un changement des coûts liés à la non-intervention et à chacune des options d'adaptation. L'utilisation d'un taux d'actualisation plus faible (2 %) a pour effet d'augmenter l'importance relative des impacts ayant lieu à des moments plus tardifs sur l'horizon temporel considéré. Au contraire, un taux d'actualisation plus élevé (6 %) donne de l'importance aux coûts et avantages enregistrés au début de l'horizon temporel.

Pour le segment Plage municipale, le tableau 6.5 indique que l'augmentation et la diminution du taux d'actualisation de 2 % confirment les résultats déjà obtenus et donc que l'immunisation est la solution la plus avantageuse par rapport à l'option de non-intervention.

Tableau 6.5 – Analyse de sensibilité – Taux d'actualisation de 2 et 6 %

Options d'adaptation	Taux d'actualisation		
	2 %	4 % (base)	6 %
VAN Non-intervention	(8 821 709 \$)	(6 101 372 \$)	(4 579 901 \$)
VAN Protections multiples	(8 129 390 \$)	(6 711 615 \$)	(5 812 931 \$)
VAN Immunisation	(5 032 056 \$)	(4 204 905 \$)	(3 667 439 \$)
Protections multiples - Avantage net par rapport à la non-intervention	692 319 \$	(610 243 \$)	(1 233 029 \$)
Immunisation - Avantage net par rapport à la non-intervention	3 789 653 \$	1 896 467 \$	912 462 \$

Pour les mesures de protections multiples, une baisse du taux d'actualisation améliore la rentabilité de cette option. Ainsi, lorsqu'un taux d'actualisation de 2 % est utilisé ce type d'intervention est plus avantageux que la non-intervention. Cela s'explique essentiellement par le poids plus important accordé aux coûts évités plus tard dans l'horizon d'étude.

NIVEAUX D'EAU EXTRÊMES

La projection des niveaux d'eau extrêmes et des 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 ont été augmentés de 50 cm par rapport aux hypothèses de base dans cette analyse de sensibilité. 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.

Les résultats de cette variation sont présentés dans le tableau 6.6. En fait, la hausse des niveaux d'eau extrêmes de 50 cm augmente la VAN par rapport à la non-intervention de toutes les options d'adaptation. Ces résultats sont liés au fait que la hausse des niveaux d'eau extrêmes entraîne des dommages beaucoup plus élevés de submersion. Ainsi, l'immunisation stratégique et l'option des mesures de protection multiples permettent toutes deux d'éviter d'importants coûts de submersion. L'option de l'immunisation demeure cependant toujours l'option la plus avantageuse avec une VAN par rapport à la non-intervention qui augmente de 1,90 M\$ à 8,36 M\$.

Tableau 6.6 – Analyse de sensibilité – Augmentation des niveaux d'eau extrêmes de 50 cm

Options d'adaptation	Niveaux d'eau extrêmes	
	Prévus	+ 50 cm
VAN Non-intervention	(6 101 372 \$)	(12 344 567 \$)
VAN Protections multiples	(6 711 615 \$)	(7 415 619 \$)
VAN Immunisation	(4 204 905 \$)	(3 988 503 \$)
Protections multiples - Avantage net par rapport à la non-intervention	(610 243 \$)	4 928 948 \$
Immunisation - Avantage net par rapport à la non-intervention	1 896 467 \$	8 356 064 \$

SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DE SENSIBILITÉ

Le tableau 6.7 présente un sommaire des résultats des analyses de sensibilité ayant été réalisées. Ceux-ci indiquent que la solution de l'immunisation demeure dans tous les cas la plus avantageuse et de loin par rapport à l'option de non-intervention dans le segment Plage municipale.

Tableau 6.7 – Option d'adaptation la plus avantageuse selon l'analyse de sensibilité – Plage municipale

Hypothèses	Option la plus avantageuse
Hypothèses de base	Immunisation stratégique
Taux d'actualisation de 2 %	Immunisation stratégique
Taux d'actualisation de 6 %	Immunisation stratégique
Niveaux d'eau extrêmes +50 cm	Immunisation stratégique

6.3.2 Pédoncule

a) *Calcul des coûts sur 50 ans*

Dans le cas du segment Pédoncule, les options d'adaptation proposées sont la recharge de plage (RP), la recharge de plage avec épis (RPE) ainsi que le rehaussement de la route avec mur de béton (RMB).

COÛTS LIÉS À LA NON-INTERVENTION

Les coûts liés à la non-intervention concernent essentiellement les dommages causés par l'érosion qui grugera le terrain au niveau du pédoncule et empêchera éventuellement l'accès au camping. Le coût de la perte physique de terrains dus à l'érosion est évalué à 26 101 \$ sur un horizon temporel de 50 ans. L'impact économique soit la perte de revenus commerciaux non transférables est estimé à 501 883 \$ par année à partir de 2041 pour un montant total actualisé de 3,06 M\$ (consulter la section 6.2.2 et l'annexe D pour plus de détails).

Le coût des dommages dus aux tempêtes a été évalué à partir du coût des dommages subis lors de la tempête de 2010. Sur l'horizon temporel retenu, ce coût est estimé à environ 0,16 M\$.

L'option de non-intervention se traduit donc par un coût total actualisé d'environ 3,25 M\$ sur 50 ans.

COÛTS LIÉS À LA RECHARGE DE PLAGE

Les coûts d'ingénierie, d'étude environnementale et d'entretien requis pour réaliser une recharge de plage totalisent 3,02 M\$ sur l'horizon temporel considéré. Cette option permet d'éviter tous les coûts liés à l'érosion et aux dégâts dus aux tempêtes dès sa construction en 2018. Toutefois, de 2015 à 2017, des dommages estimés à 2 624 \$ et 19 326 \$ sont anticipés à cause de l'érosion et des tempêtes respectivement.

Ainsi, les coûts totaux actualisés liés à la mise en place de la recharge de plage s'élèvent à 3,04 M\$ sur l'horizon temporel 2015-2064.

COÛTS LIÉS À LA RECHARGE DE PLAGE AVEC ÉPIS

La recharge de plage avec épis est moins coûteuse que la recharge de plage sans épis, car elle nécessite très peu d'entretien sur 50 ans. En effet, le coût actualisé de mise en œuvre de cette option s'élève à 1,98 M\$, ce qui correspond à 65 % du coût d'une recharge de plage sans épis.

Les coûts liés à l'érosion et aux tempêtes étant les mêmes que pour la recharge sans épis, le coût total de cette option d'adaptation est estimé à un peu plus de 2,0 M\$.

COÛTS LIÉS AU REHAUSSEMENT DE LA ROUTE COMBINÉ À LA MISE EN PLACE D'UN MUR DE BÉTON

Le coût de mise en place de cette option est très élevé puisqu'il atteint 6,05 M\$ pour une structure de 400 mètres de longueur. Tout comme les recharge de plage avec et sans épis, elle permet d'éviter, les coûts liés à l'érosion du pédoncule et aux dommages des tempêtes à partir de 2018. En incluant les coûts liés à l'érosion et aux tempêtes de 2015 à 2017, le coût total actualisé de cette option est de 6,08 M\$.

b) Calcul des avantages sur 50 ans

Les options d'adaptation étudiées dans le segment Pédoncule ne génèrent pas d'avantages particuliers au plan environnemental, touristique, récréatif ou social. Les avantages des options correspondent principalement aux coûts évités en matière d'érosion et de submersion par rapport à l'option de non-intervention.

c) Valeur actualisée nette et comparaison des options

La valeur actualisée nette des options d'adaptation retenues a été calculée sur la base des coûts quantifiés et monétisés précédemment. La VAN de même que les principales catégories de coûts et d'avantages de chaque option d'adaptation sont présentées au tableau 6.8 et à la figure 6.9. Cette dernière permet de comparer l'importance des différents coûts et avantages de chacune des options d'adaptation.

Tableau 6.8 – Coûts et avantages actualisés des options d'adaptation – Pédoncule

Impacts actualisés nets	Non-intervention	Recharge de plage	Recharge de plage avec épis	Rehaussement de la route et mur de béton
Érosion*	(26 101 \$)	(2 624 \$)	(2 624 \$)	(2 624 \$)
Coûts des options	- \$	(3 017 483 \$)	(1 981 606 \$)	(6 053 144 \$)
Impacts économiques	(3 058 732 \$)	- \$	- \$	- \$
Tempêtes	(161 373 \$)	(19 326 \$)	(19 326 \$)	(19 326 \$)
VAN	(3 246 207 \$)	(3 039 434 \$)	(2 003 557 \$)	(6 075 095 \$)
Avantages p/r non-intervention		206 773 \$	1 242 650 \$	(2 828 888 \$)
Ratios avantages-coûts		1,07	1,63	0,53

*« Érosion » inclut les dommages aux bâtiments, infrastructures et terrains.

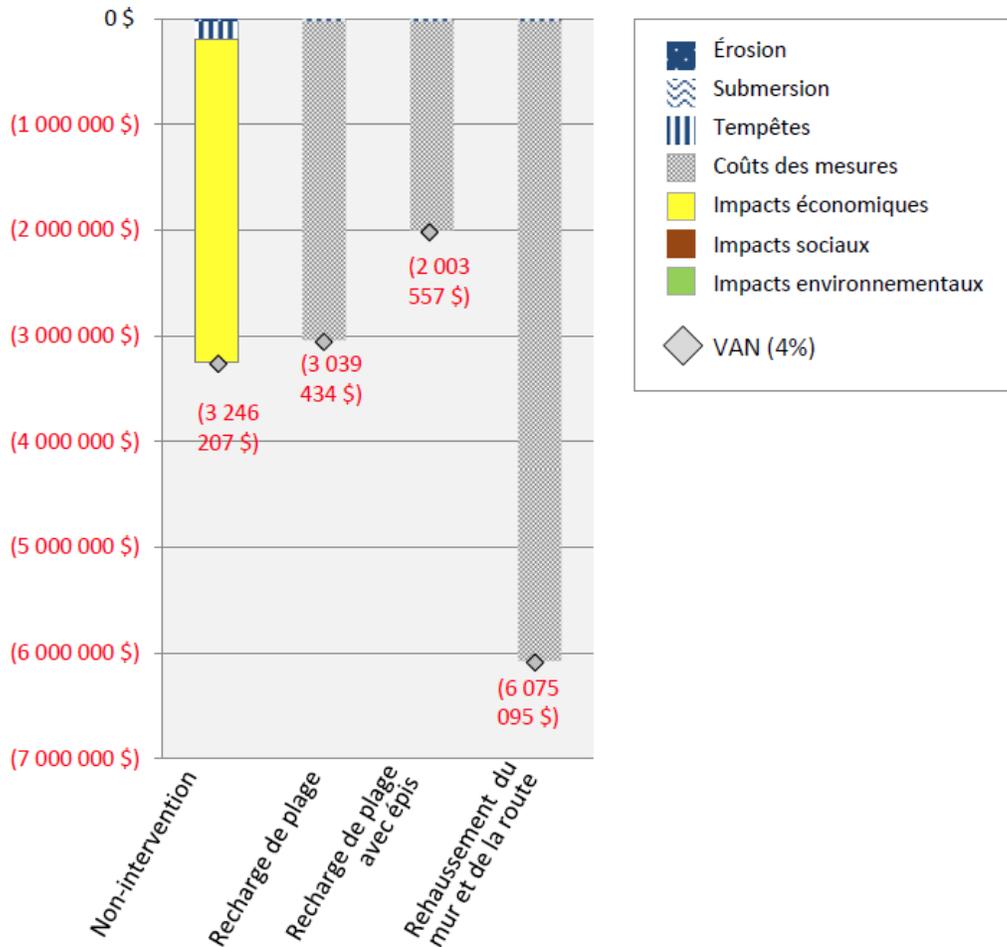


Figure 6.9 – Ventilation des coûts et avantages par option – Pédoncule

Les résultats montrent qu'aucune des options envisagées ne génère une VAN positive. Toutefois, deux options coûtent moins chères que la non-intervention, soit la recharge de plage avec ou sans épis. En effet, alors que l'absence d'intervention coûtera 3,25 M\$ à la société sur 50 ans, la recharge de plage avec ou sans épis coûteraient respectivement 2,0 M\$ et 3,04 M\$ sur la même période. Ces deux options permettent d'éviter les pertes de revenus commerciaux dus à la perte d'accès au camping et coûtent moins chères que l'autre option considérée, soit le rehaussement de la route combiné à un mur de béton construit le long du pédoncule.

Par rapport à la non-intervention, l'option la plus avantageuse est la recharge avec épis qui générerait un avantage net de 1,24 M\$ sur 50 ans. Avec un ratio avantages-coûts de 1,63, cela signifie que chaque dollar consenti par la société pour réaliser la recharge de plage avec épis rapporterait 1,63 \$ en avantages.

La figure 6.10 illustre la somme cumulée des avantages nets de chaque option 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 recharge de plage avec épis devient la solution la plus avantageuse vers la fin de l'horizon temporel considéré, soit en 2051. La recharge de plage sans épis, quant à elle, ne devient plus avantageuse qu'en 2062.

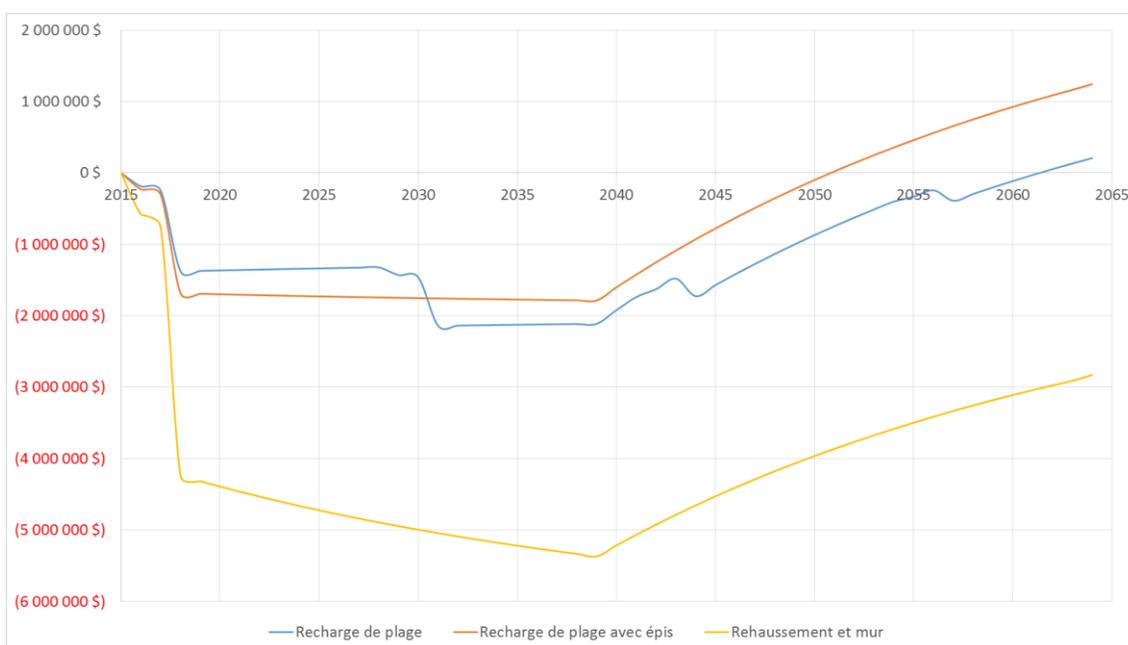


Figure 6.10 – Somme actualisée des avantages nets par rapport à la non-intervention entre 2015 et 2064 – Pédoncule

d) Analyse de sensibilité

Cette section présente les résultats obtenus lorsque des hypothèses importantes de l'analyse sont modifiées. L'objectif de ces analyses est d'examiner la robustesse des résultats à de telles modifications. Pour ce segment, les hypothèses jugées plus

importantes sont le taux d'actualisation et les pertes de revenus commerciaux associées à la capacité des campeurs de se relocaliser ailleurs dans la région. Le tableau 6.9 précise les analyses de sensibilité qui ont été effectuées.

Tableau 6.9 Paramètres de l'analyse de sensibilité – Segment Pédoncule

Paramètre	Variation
Taux d'actualisation	± 2 %
Point critique par rapport aux pertes de revenus commerciaux	Détermination du seuil critique

TAUX D'ACTUALISATION

En cas de non-intervention, une baisse du taux d'actualisation à 2 % diminue la VAN à -6,37 M\$, tandis que la VAN augmente à -1,72 M\$ lorsque le taux d'actualisation est fixé à 6 %.

La variation du taux d'actualisation a le même effet sur la rentabilité de toutes les options d'adaptation par rapport à la non-intervention. En effet, tel qu'indiqué au tableau 6.10, une baisse du taux d'actualisation à 2 % augmente les avantages nets de la recharge de plage avec ou sans épis par rapport. Elle augmente aussi la VAN de l'option de rehaussement de la route avec mur de béton, mais cette hausse n'est pas suffisante pour obtenir un avantage net par rapport à la non-intervention.

Pour sa part, la hausse du taux d'actualisation rend toutes les options moins avantageuses que l'option de non-intervention. En fait, les résultats de l'ACA sont modifiés lorsque la valeur accordée aux coûts à court terme augmente relativement à la valeur donnée aux coûts à long terme. Ainsi, les résultats de l'ACA dépendent du taux d'actualisation choisi.

Tableau 6.10 – Analyse de sensibilité – Taux d'actualisation de 2 et 6 %

Options d'adaptation	Taux d'actualisation		
	2 %	4 % (base)	6 %
VAN Non-intervention	(6 372 557 \$)	(3 246 207 \$)	(1 720 623 \$)
VAN Recharge de plage	(4 157 416 \$)	(3 039 434 \$)	(2 380 372 \$)
VAN Recharge de plage avec épis	(2 237 085 \$)	(2 003 557 \$)	(1 834 760 \$)
VAN Rehaussement de la route avec mur de béton	(7 215 443 \$)	(6 075 095 \$)	(5 331 438 \$)
Recharge de plage - Avantage net par rapport à la non-intervention	2 215 141 \$	206 773 \$	(659 749 \$)
Recharge de plage avec épis - Avantage net par rapport à la non-intervention	4 135 472 \$	1 242 650 \$	(114 138 \$)
Rehaussement de la route avec mur de béton - Avantage net par rapport à la non-intervention	(842 885 \$)	(2 828 888 \$)	(3 610 815 \$)

DIMINUTION DES REVENUS COMMERCIAUX

La perte de revenus commerciaux estimée en situation de non-intervention repose sur différentes hypothèses dont la principale est le nombre de campeurs qui pourrait être relocalisé s'ils ne pouvaient plus avoir accès au camping de Carleton-sur-Mer. L'hypothèse de base est que seule une partie des campeurs pourraient être relogée au camping Beaubassin, considéré comme un substitut équivalent.

En supposant que d'autres camping pourraient accueillir des campeurs de Carleton-sur-Mer, tels que les campings de New Richmond, de la Pointe-Taylor ou de Paspébiac-sur-Mer, cette analyse de sensibilité vise à déterminer le nombre minimal de campeurs qui ne devraient pas pouvoir être relocalisés afin que la VAN de l'option la plus avantageuse devienne équivalente à la VAN de la non-intervention. Ce seuil correspond en fait à la perte minimale de revenus commerciaux que doit entraîner la perte d'accès au camping

afin que la recharge de plage avec épis n'ait plus d'avantage net par rapport à la non-intervention.

En conservant toutes les autres hypothèses inchangée, il a été estimé que si le nombre de campeurs qui ne peut pas se relocaliser sur un autre terrain de camping de la région est inférieur à 395 pendant une saison, alors la recharge avec épis n'est plus avantageuse économiquement. Cela représente une baisse de 7 % par rapport à l'hypothèse de base de 423 campeurs par saison formulée dans l'ACA. Ainsi, il suffit de 7 % de moins de campeurs ne pouvant se relocaliser sur un autre camping pour faire basculer la situation optimale vers la non-intervention.

Une variation des pertes associées aux revenus commerciaux provenant du camping a donc une influence significative sur les résultats de cette ACA.

SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DE SENSIBILITÉ

Le tableau 6.11 présente un sommaire des résultats des analyses de sensibilité ayant été réalisées. Ces résultats indiquent que la recharge de plage demeure l'option la plus avantageuse dans le segment Pédoncule lorsque le taux d'actualisation est fixé à 2 %. Cependant, ce n'est pas le cas si le taux d'actualisation est de 6 % ou si le nombre de campeurs ne pouvant pas se relocaliser diminuait de 7 % ou plus. Alors, la non-intervention devient plus avantageuse économiquement. Il est donc difficile de statuer sur l'option à privilégier entre la recharge de plage avec épis et la non-intervention.

Tableau 6.11 – Option d'adaptation la plus avantageuse selon l'analyse de sensibilité – Pédoncule

Hypothèses	Option la plus avantageuse
Hypothèses de base	Recharge de plage avec épis
Taux d'actualisation de 2 %	Recharge de plage avec épis
Taux d'actualisation de 6 %	Non-intervention
Diminution des revenus commerciaux	Non-intervention si le nombre de campeurs ne pouvant pas se relocaliser diminue de 7 % ou plus

Il est important de noter que la protection du pédoncule par une recharge de plage avec épis serait sans nul doute privilégiée si l'analyse avait été réalisée du point de vue de la municipalité de Carleton-sur-Mer plutôt que du point de vue de la région gaspésienne. En effet, la perte d'accès au camping affecterait alors tous les revenus générés par le camping qui représentent une importante source de financement pour la Ville de Carleton-sur-Mer. Dans ces circonstances, une recharge de plage se justifierait financièrement afin que la Ville puisse conserver les revenus qu'elle retire des activités du camping municipal.

6.3.3 Caps de Maria

a) Calcul des coûts sur 50 ans

Dans le cas du segment Caps de Maria, la seule option d'adaptation envisagée est la relocalisation stratégique (RS).

COÛTS LIÉS À LA NON-INTERVENTION

Les coûts liés à la non-intervention concernent essentiellement les dommages liés à l'érosion qui gruge le terrain et expose plusieurs bâtiments sur l'horizon temporel retenu. Ces dommages s'appliquent de manière ponctuelle à mesure que les bâtiments sont exposés à l'érosion, mais ils sont annuels dans le cas des terrains. Dans le segment Caps de Maria, la perte d'une trentaine de bâtiments d'une valeur actualisée estimée à 1 029 708 \$ est prévue à partir de 2017. De plus, les pertes de terrains se chiffrent à 223 669 \$ au cours de l'horizon temporel 2015-2064.

Comme la non-intervention suppose que les bâtiments à risque seront démolis, des coûts de 181 274 \$ sont inclus pour la démolition. Finalement, la perte de vue sur la mer pour les résidents de ces bâtiments est estimée à 103 344 \$.

Ainsi, au total, la non-intervention engendre des coûts de 1,54 M\$.

COÛTS LIÉS À LA RELOCALISATION STRATÉGIQUE

Les coûts de la relocalisation stratégique sont liés au déplacement de 36 bâtiments sur l'horizon temporel retenu, coûts qui s'élèvent à 2,22 M\$. Pour sa part, la perte physique de terrains est évaluée 200 817 \$, tandis que la perte économique associée à la perte

de la valeur des terrains totalise 346 051 \$. En ajoutant les coûts relatifs à la perte de vue sur la mer qui sont de 140 070 \$, les coûts totaux de cette option sont de 2,9 M\$.

b) Calcul des avantages sur 50 ans

La relocalisation stratégique ne génère pas d'avantages autres que celui d'éviter une partie des impacts associés à la non-intervention. Toutefois, les coûts évités sont inférieurs aux coûts engendrés par la réalisation de la relocalisation stratégique.

c) Valeur actualisée nette et comparaison des options

La valeur actualisée nette (VAN) de la non-intervention et de la relocalisation stratégique a été calculée sur la base des coûts quantifiés et monétisés précédemment. La VAN de même que les principales catégories de coûts et d'avantages de chaque option du segment Caps de Maria sont présentées au tableau 6.12 et à la figure 6.11. Cette dernière permet de comparer l'importance des différents coûts et avantages de chacune des options d'adaptation.

Tableau 6.12 – Coûts et avantages actualisés des options d'adaptation – Caps de Maria

Impacts actualisés nets	Non-intervention	Relocalisation stratégique
Érosion*	(1 253 377 \$)	(200 817 \$)
Coûts des options	(181 274 \$)	(2 216 175 \$)
Impacts économiques	- \$	(346 051 \$)
Impacts sociaux	(103 344 \$)	(140 070 \$)
VAN	(1 537 995 \$)	(2 903 113 \$)
Avantages p/r non-intervention		(1 365 118 \$)
Ratios avantages-coûts		0,49

« Érosion » inclut les dommages aux bâtiments, infrastructures et terrains.

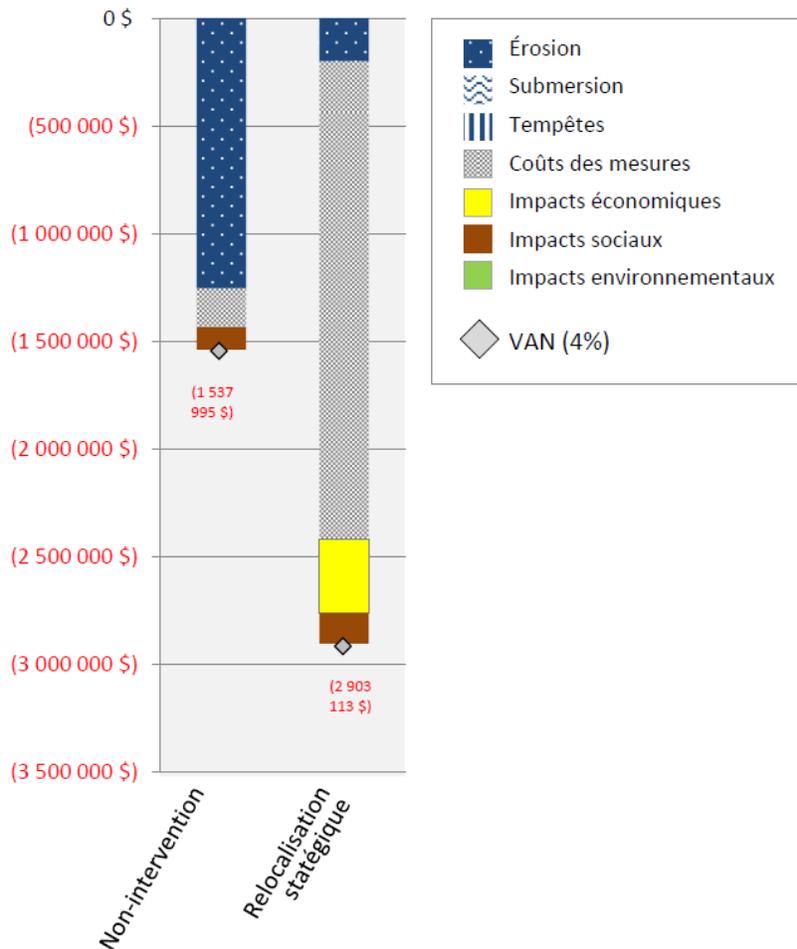


Figure 6.11 – Ventilation des coûts et avantages par option d'adaptation – Caps de Maria

Les résultats montrent l'absence d'intervention coûtera 1,54 M\$ à la société sur 50 ans. Par contre, la relocalisation stratégique coûterait encore davantage, soit presque le double 2,9 M\$. Comme l'indique le ratio avantages-coûts de 0,49, pour chaque dollar consenti, la société ne récupérerait que 0,49\$. Ainsi, la non-intervention constitue l'option la plus avantageuse économiquement pour ce segment.

La figure 6.12 illustre la somme cumulée des avantages nets par rapport à la non-intervention actualisée à un taux de 4 % sur la période 2015-2064. Il est possible de constater que la relocalisation stratégique n'est jamais plus avantageuse que la non-intervention sur l'horizon temporel retenu.

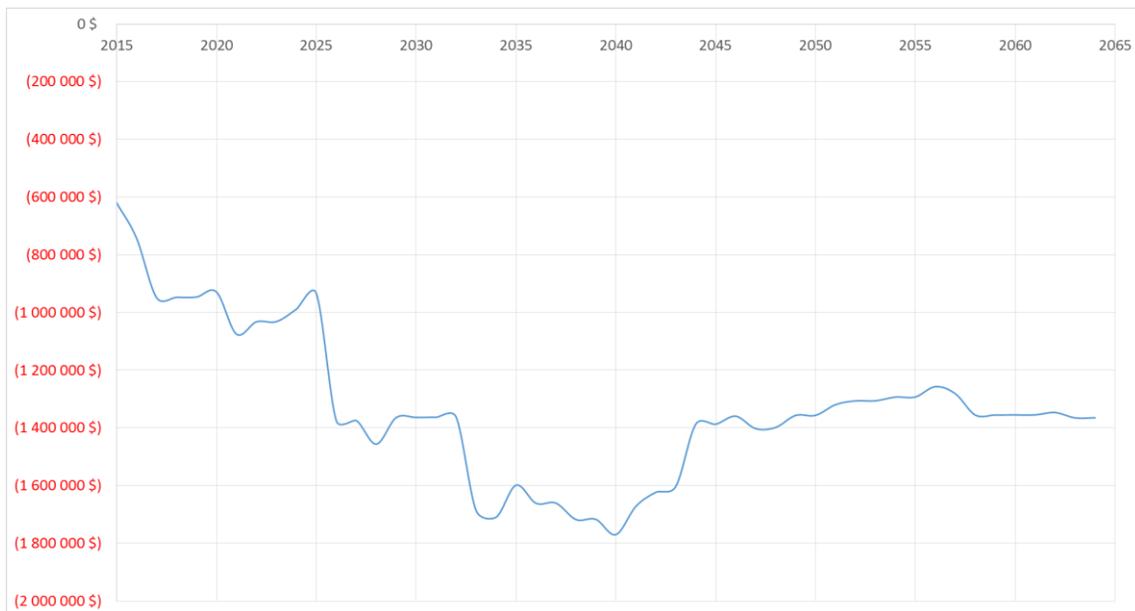


Figure 6.12 – Somme actualisée des avantages nets par rapport à la non-intervention entre 2015 et 2064 – Caps de Maria

d) *Analyse de sensibilité*

La seule hypothèse testée pour ce segment est le taux d'actualisation, lequel a été augmenté et diminué de 2 % par rapport à sa valeur de base de 4 %.

TAUX D'ACTUALISATION

Le tableau 6.13 présente les résultats d'une variation du taux d'actualisation. En situation de non-intervention, une baisse du taux d'actualisation à 2 % diminue la VAN à -2,39 M\$ tandis qu'une hausse du taux à 6 % augmente la VAN à -1,05 M\$.

Tableau 6.13 – Analyse de sensibilité – Taux d'actualisation de 2 et 6 %

Options d'adaptation	Taux d'actualisation		
	2 %	4 % (base)	6 %
VAN Non-intervention	(2 385 224 \$)	(1 537 995 \$)	(1 050 384 \$)
VAN Relocalisation stratégique	(3 766 901 \$)	(2 903 113 \$)	(2 370 848 \$)
Relocalisation stratégique - Avantage net par rapport à la non-intervention	(1 381 676 \$)	(1 365 118 \$)	(1 320 463 \$)

Puisque l'avantage net de la relocalisation stratégique par rapport à la non-intervention varie peu, ceci implique que la VAN de cette option varie sensiblement de la même façon que celle de la non-intervention suite à une modification du taux d'actualisation. Quelle que soit l'hypothèse considérée, la non-intervention demeure l'option la plus avantageuse économiquement dans ce segment.

6.4 CONCLUSION

La figure 6.13 résume les avantages nets par rapport à la non-intervention de toutes les options d'adaptation étudiées dans le secteur Carleton Est et présente les ratios avantages-coûts.

Dans le segment Plage municipale, deux options d'adaptation ont été comparées à la non-intervention : l'immunisation stratégique et des mesures de protection multiples. Ces options visaient à limiter les dommages causés par la submersion car ce segment est particulièrement vulnérable à la submersion. Les bâtiments résidentiels et commerciaux qui s'y trouvent sont à des élévations basses et sont susceptibles de subir des dommages lors des événements de niveaux d'eau extrêmes. Par contre, l'érosion n'est pas un problème sauf à proximité du quai où une structure côtière rigide est prévue, quelle que soit l'option considérée.

Les résultats de l'ACA du segment Plage municipale de même que ceux de l'analyse de sensibilité indiquent que l'immunisation stratégique des bâtiments constitue la solution la plus avantageuse du point de vue économique avec un avantage net de 1,9 M\$ et un ratio avantages-coûts de 1,68.

Le segment Pédoncule, quant à lui, couvre la portion en érosion du banc Larocque et est essentiel pour accéder au camping de Carleton-sur-Mer. Étant donné la problématique d'érosion qui sévit dans ce segment, la quasi-totalité du segment est déjà artificialisée. Les options d'adaptation proposées sont le rehaussement de la route avec la construction d'un mur de béton ou une recharge de plage avec ou sans épis. Si rien n'est fait, il est prévu que l'érosion aura aminci le pédoncule de la flèche en 2040 au point où il ne sera plus possible d'accéder au camping par route ou par vélo.

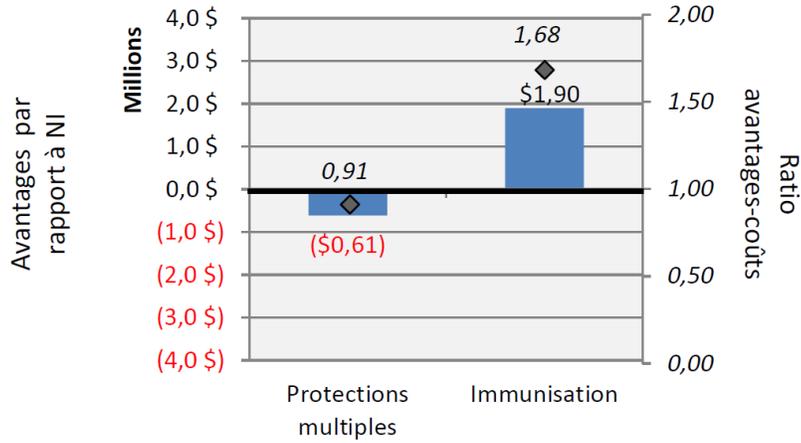
Dans le segment Pédoncule, la recharge de plage avec épis constitue l'option la plus avantageuse pour l'ensemble de la société. Cependant, ce résultat est influencé par l'hypothèse portant sur les pertes de revenus commerciaux pour la région gaspésienne suite à la fermeture du camping Carleton-sur-Mer.

Enfin, le segment Caps de Maria est essentiellement composé de falaises meubles de 20 à 30 mètres de hauteur qui subissent une érosion continue, plus ou moins accélérée selon la composition géomorphologique de la falaise. Sur l'horizon temporel considéré, l'érosion devrait affecter une trentaine de résidences localisées en haut de falaise. Étant donné l'apport sédimentaire fourni par l'érosion de ces falaises à la flèche est du barchois de Carleton, la rigidification de cette côte aurait des conséquences très néfastes.

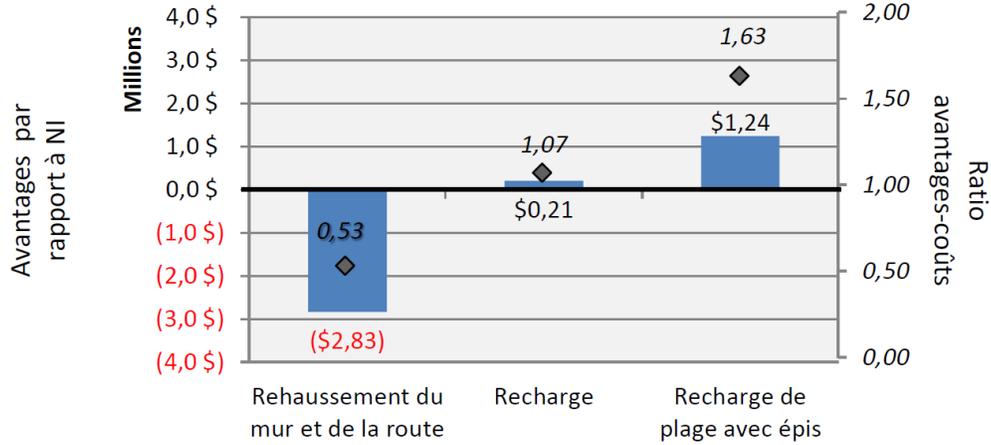
Les résultats de l'ACA et des analyses de sensibilité dans le segment Caps de Maria montrent que la non-intervention est plus avantageuse que la relocalisation stratégique d'un point de vue économique. En fait, le déménagement des bâtiments à risque de ce segment est trop coûteux par rapport aux coûts associés à l'érosion qu'il permet d'éviter. Par contre, l'analyse ne prend pas en compte l'insécurité des résidents de ce segment qui devront vivre avec la possibilité que leur maison s'écoule en bas de falaise à mesure que la côte reculera. Cette dimension n'a pas pu être quantifiée, ni monétisée.

Le tableau 6.14 présente les options d'adaptation les plus avantageuses économiquement pour chacun des segments du secteur Carleton Est.

Plage municipale



Pédoncule



Caps de Maria Ouest

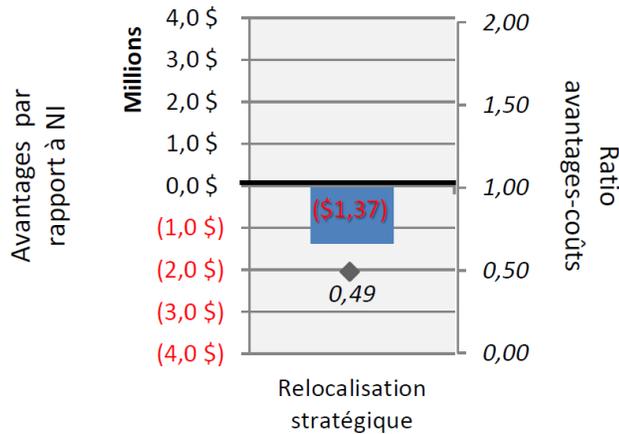


Figure 6.13 – Synthèse des avantages sur la non-intervention et des ratios avantages-coûts des options d'adaptation étudiées – Secteur Carleton Est

Tableau 6.14 – Options d'adaptation les plus avantageuses dans les segments du secteur Carleton Est

Segment	Option la plus avantageuse du point de vue économique
Plage municipale	Immunisation stratégique
Pédoncule	Recharge de plage avec épis
Caps de Maria	Non-intervention



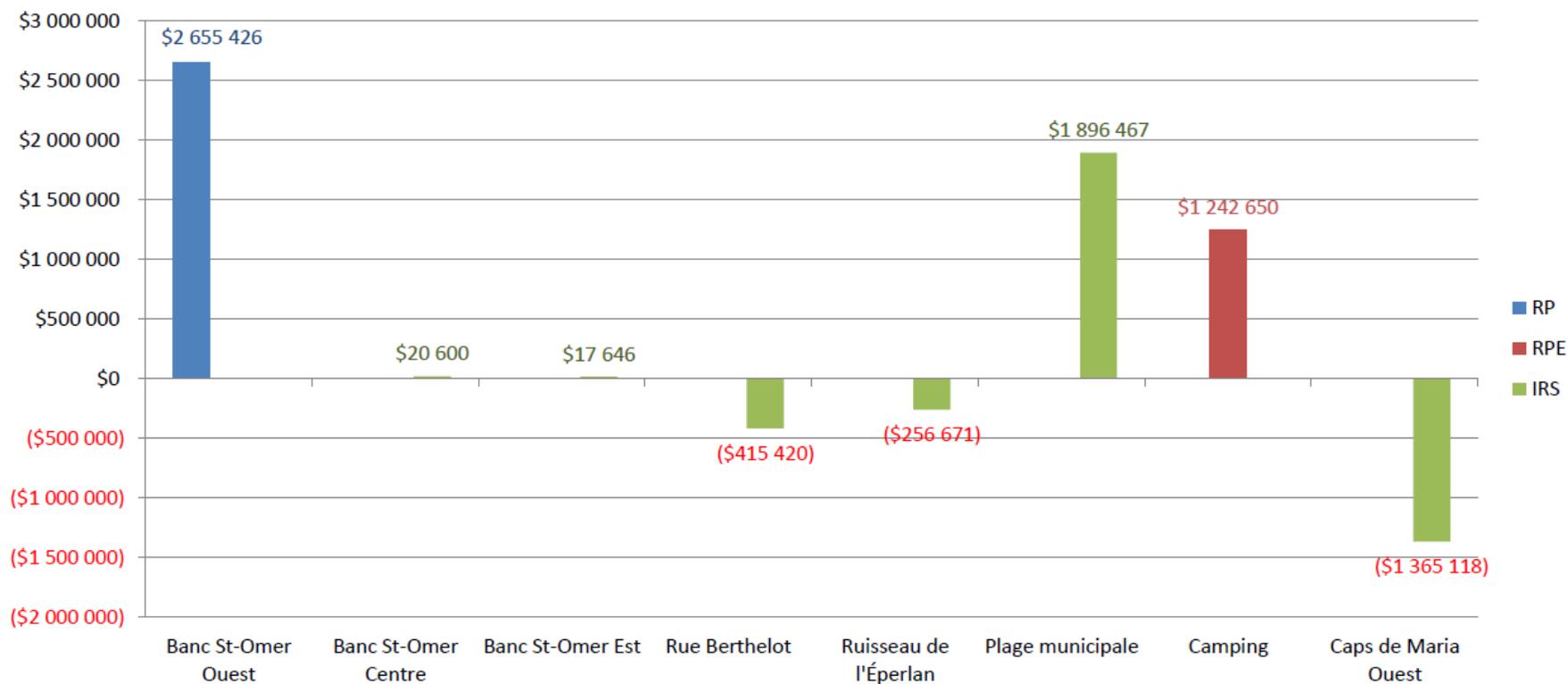
7 CONCLUSION

L'analyse coûts-avantages des solutions d'adaptation proposées pour éviter les dommages dus aux aléas côtiers sur le littoral de Carleton-sur-Mer 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 la solution la plus avantageuse par rapport à l'option de non-intervention. Il est ainsi possible de constater que pour 3 segments, soit Rue Berthelot, Ruisseau de l'Éperlan et Caps de Maria, la non-intervention constitue la meilleure solution du point de vue économique. Pour les segments Banc St-Omer Ouest, Plage municipale et Pédoncule, la mise en place de différentes solutions, soit respectivement, la recharge de plage, l'immunisation des bâtiments et la recharge de plage avec épis est nettement préférable à la non-intervention. Pour les segments Banc St-Omer Centre et Banc St-Omer Est, les avantages nets de l'option la plus avantageuse (immunisation et/ou 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.

Les résultats de l'ACA sont principalement influencés par l'ampleur des dommages envisagés lesquels sont plus importants lorsqu'il y a submersion, la valeur foncière des terrains et des propriétés à protéger, l'utilisation du littoral de même que le coût des options d'adaptation proposées sur l'horizon temporel.

Sur le littoral de Carleton-sur-Mer, le coût de mise en place de structures côtières rigides est de beaucoup supérieur à la valeur des dommages attendus. La mise en place de telles solutions n'est donc pas justifiée d'un point de vue économique. La mise en place de telles structures n'est pas justifiée d'un point de vue économique. Pour les segments Banc St-Omer Ouest et Pédoncule, où la valeur d'usage du littoral est importante, les structures côtières mobiles permettant de préserver cette valeur sont les plus avantageuses. Dans les cas où la valeur des bâtiments et des terrains affectés par les aléas est assez élevée, ce qui est le cas pour le segment Plage municipale et, dans une moindre mesure, pour les segments Banc St-Omer Centre et Est, la relocalisation et l'immunisation stratégique apparaissent comme des options les plus avantageuses pour la société que l'inaction.



Note : RP : recharge de plage; RPE : recharge de plage avec épis; IRS : Immunisation et/ou relocalisation stratégique

Figure 7.1 – Valeur actualisée nette de l'option d'adaptation la plus avantageuse par rapport à la non-intervention



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).

Dérive 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.

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.

Immunisation : 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.

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.

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

- Auger, S. et Gagné, G. (2014, 05 juillet). Arthur frappe la Gaspésie. Le Soleil. Consulté le 30 juillet 2015 à <http://www.lapresse.ca/le-soleil/actualites/environnement/201407/05/01-4781460-arthur-frappe-la-gaspesie.php>
- Baird & Associates Coastal Engineers Ltd. (2015) Maria and Carleton-sur-Mer Flood and Shoreline Protection Conceptual Design and Costing. Ottawa, Rapport remis à Ouranos, 43 p. + annexes
- Bernatchez, P., Dugas, S., Fraser, C., Da Silva, L. (2015). Évaluation économique des impacts potentiels de l'érosion des côtes du Québec maritime dans un contexte de changements climatiques. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport remis à Ouranos, 45 p. et annexes.
- Bernatchez, P. et Fraser, C. (2012) Evolution of coastal defence structures and consequences for beach width trends, Québec, Canada. *Journal of Coastal Research*, 28(6), 1550-1566.
- 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. Fraser, C., Lefavre, D. (2008) Effets des structures rigides de protection sur la dynamique des risques naturels côtiers : érosion et submersion. Dans : J. Locat, D. Perret, D. Turmel, D. Demers et S. Leroueil, *Comptes rendus de la 4e Conférence canadienne sur les géorisques: des causes à la gestion. Proceedings of the 4th Canadian Conference on Geohazards: From Causes to Management*. Presse de l'Université Laval, Québec, 8 p.
- 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-Villemaire, 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 Richardon, 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.
- CEHQ – Centre d'expertise hydrique du Québec. (2003). Répertoire de barrage Gaspésie – Îles-de-la-Madeleine. Consulté le 21 juin 2015 à <http://www.cehq.gouv.qc.ca/barrages/ListeBarrages.asp?region=Gasp%E9sie--%CEles-de-la-Madeleine&Num=11&Tri=No&contenance1=on&contenance2=on&contenance3=on>
- CEHQ – Centre d'expertise hydrique du Québec. (2003). Barrage de l'Éperlan. Consulté le 21 juin 2015 à http://www.cehq.gouv.qc.ca/barrages/detail.asp?no_mef_lieu=X0003613
- CEHQ – Centre d'expertise hydrique du Québec. (2003). Barrage X2112019. Consulté le 21 juin 2015 à http://www.cehq.gouv.qc.ca/barrages/detail.asp?no_mef_lieu=X2112019
- 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.
- Cyr, C. (2010, 7 décembre) *Tempête Carleton Gaspésie*. [Vidéo sur Youtube.com]. Repéré à <https://www.youtube.com/watch?v=8bQamWTB784>
- Didier, D., Bernatchez, P., Lambert, A. (2014) *Scénarios de submersion côtière pour la municipalité de Maria, dans le cadre d'une analyse économique*. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski, rapport méthodologique présenté à Ouranos, 44 p.
- Drejza, S. Friesinger, S., Bernatchez, P. (2014) *Annexe 3 in Vulnérabilité des infrastructures routières dans l'est du Québec à l'érosion et à la submersion côtière dans un contexte de changements climatiques : Caractérisation des côtes, dynamique hydrosédimentaire et exposition des infrastructures routières à l'érosion et à la submersion, Est du Québec Rapport final, Volume I*. Université du Québec à Rimouski, Projet X008.1, rapport remis au ministère des Transports du Québec. Document cartographique.
- Environnement Canada. (2015a). *Refuge d'oiseaux migrateurs de Saint-Omer*. Consulté le 30 juillet 2015 à <https://www.ec.gc.ca/ap-pa/default.asp?lang=Fr&n=05E2A20A-1>
- Environnement Canada (2015b). *Réseau des aires protégées*. Québec. Consulté le 30 juillet 2015 à http://www.ec.gc.ca/ap-pa/default.asp?lang=Fr&n=BB16043C-1#_sanc24

- GIEC. (2013). Summary for Policymakers. Dans : 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.
- Institut de la statistique du Québec (ISQ). (2014a) Municipalités, Population totale 1996-2014. Consulté le 12 mai 2015 à <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
- 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
- Koohzare, A., Vaníček, P. et Santos, M. (2008). Pattern of recent vertical crustal movements in Canada. *Journal of Geodynamics*, 45(2-3), 133–145.
- La Presse canadienne. (2014, 05 juillet). L'ouragan Arthur sévit en Gaspésie et cause des pannes de courant. Consulté le 30 juillet 2015 à http://www.lapresse.ca/actualites/national/201407/05/01-4781314-louragan-arthur-sevit-en-gaspesie-et-cause-des-pannes-de-courant.php?utm_categorieinterne=trafficdrivers&utm_contenuinterne=cyberpresse_lire_aussi_4781327_article_POS2
- Larose, I. (2015). Un deuxième plan pour sauver le quai de Carleton-sur-Mer. *Radio Canada*. Consulté le 19 juin 2015 à <http://ici.radio-canada.ca/regions/est-quebec/2015/05/09/003-carleton-sur-mer-quai-reamenagement-projet-acquisition.shtml>
- Leclerc, M., Boudreau, P., Roy, N., Secretan, Y., El Adlouni, S., Ouarda, T., Chaumont, D., Falardeau, I. et Morneau, F. (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)
- Lemieux, C. et R. Lalumière 1995. Répartition de la zostère marine (*Zostera marina*) dans l'estuaire du fleuve Saint-Laurent et dans la baie des Chaleurs (1994). Rapport présenté au Service canadien de la faune, Environnement Canada préparé par le Groupe-conseil Génivar inc., 58 p.

- 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.
- Ministère de l'Énergie et des Ressources (1991) Carte géotouristique : Géologie du Sud du Québec, du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie. Les publications du Québec, document cartographique 1 : 500 000.
- Pesca (2014) Séance de remue-méninges sur les impacts environnementaux potentiels. Atelier de travail avec Ouranos et Pesca, Carleton-sur-Mer, 19 août 2014
- Polyzos, S., Minetos, D. (2007) Valuing environmental resources in the context of flood and coastal defence project appraisal A case-study of Poole Borough Council seafront in the UK. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 18(6), pp. 684-710
- Ruest, B., Neumeier, U., Dumont, D., Bismuth, E., Senneville, S. et Caveen, J. (2015) Recent wave climate and expected future changes in the seasonally ice-infested waters of the Gulf of St. Lawrence, Canada. *Climate Dynamics*, 46 : 449-466.
- Séguin Aubé, I. (2013). Les risques côtiers et leur gestion: perceptions des communautés et des intervenants. Agence de la santé et des services sociaux de la Côte-Nord, Baie-Comeau, 16 p.
- Slangen, A.B.A., Katsman, C.A., Wal, R.S.W., Vermeersen, L.L.A., et Riva, R.E.M. (2012) Towards regional projections of twenty-first century sea-level change based on IPCC SRES scenarios, *Climate Dynamic*, 38: 1191–1209.
- Société Radio-Canada (2015a, 02 mars). Québec veut acheter le chemin de fer de la Gaspésie. Consulté le 29 septembre 2015 à <http://ici.radio-canada.ca/regions/est-quebec/2015/03/02/002-poeti-chemin-fer-gaspesie.shtml>
- Société Radio Canada (2015b, 20 mars). Quai de Carleton-sur-Mer : des espoirs pour accélérer le financement de l'enrochement. Consulté le 20 juin 2015 à <http://ici.radio-canada.ca/regions/est-quebec/2015/03/20/003-quai-carleton-sur-mer-travaux.shtml>
- Stratégies Saint-Laurent. (2010). L'érosion littoral en Gaspésie. Comprendre-Gérer-Agir. Consulté le 19 juin 2015 à http://www.strategiessl.qc.ca/pdf/cahier_special_erosion_2010.pdf
- Statistiques Canada (2013) Recensement 2011. Accueil >Recensement > Produits de données > Faits saillants en tableaux > Chiffres de population et des logements. Consulté en le 19 juin 2015 à <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. Rapport remis à la ville de Sept-Îles. Tecsult inc. : Montréal. 150 p.

Ville de Carleton-sur-Mer (2015a). Activités et attraits. Barchois et Banc de Saint-Omer. Consulté le 28 juillet 2015 à http://carletonsurmer.com/?id=88&titre=Activites_et_attraits&em=9&idEnreg=102&pp=48

Ville de Carleton-sur-Mer (2015b). Notre histoire. Consulté le 28 juillet 2015 à http://carletonsurmer.com/?id=36&titre=Notre_histoire&em=32

Ville de Carleton-sur-Mer (2015c). Profil socio-démographique. Consulté le 19 juin 2015 à http://carletonsurmer.com/?id=55&titre=Profil_socio_demographique&em=32

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 rédigé pour Ouranos avec l'aide de ÉcoRessources Consultants. 66 p.



ANNEXE A

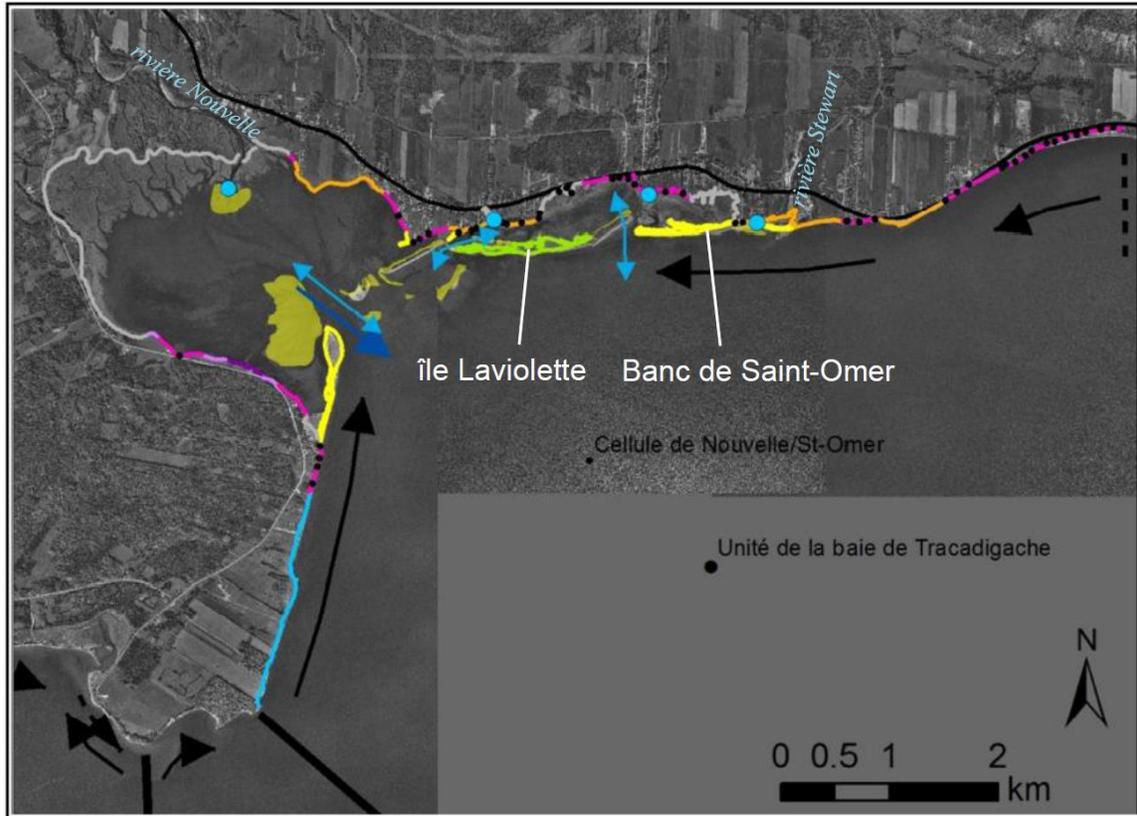
CELLULES SÉDIMENTAIRES

Le vaste territoire de Carleton-sur-mer repose sur trois cellules hydrosédimentaires différentes, soit celles de Nouvelle-St-Omer, du ruisseau de l'Éperlan et du barachois de Carleton.

Cellule Nouvelle-St-Omer

La cellule de Nouvelle-St-Omer s'étend de l'embouchure de la rivière Nouvelle à l'intersection de la rue Berthelot et du chemin de fer (figure A.1). La dérive littorale principale origine d'une divergence de courants à la limite est. Une passe de courant de marée est aussi présente entre le banc Saint-Omer et l'île Laviolette. Également, des sources sédimentaires se situent à l'embouchure du ruisseau Stewart et dans le marais derrière le banc Saint-Omer (Drejza et al., 2014).

Dans cette cellule, l'enjeu principal est l'intégrité du passage qui permet d'accéder au banc Saint-Omer en raison de la dynamique liée à l'évolution cyclique de la flèche littorale à l'embouchure du ruisseau Stewart.



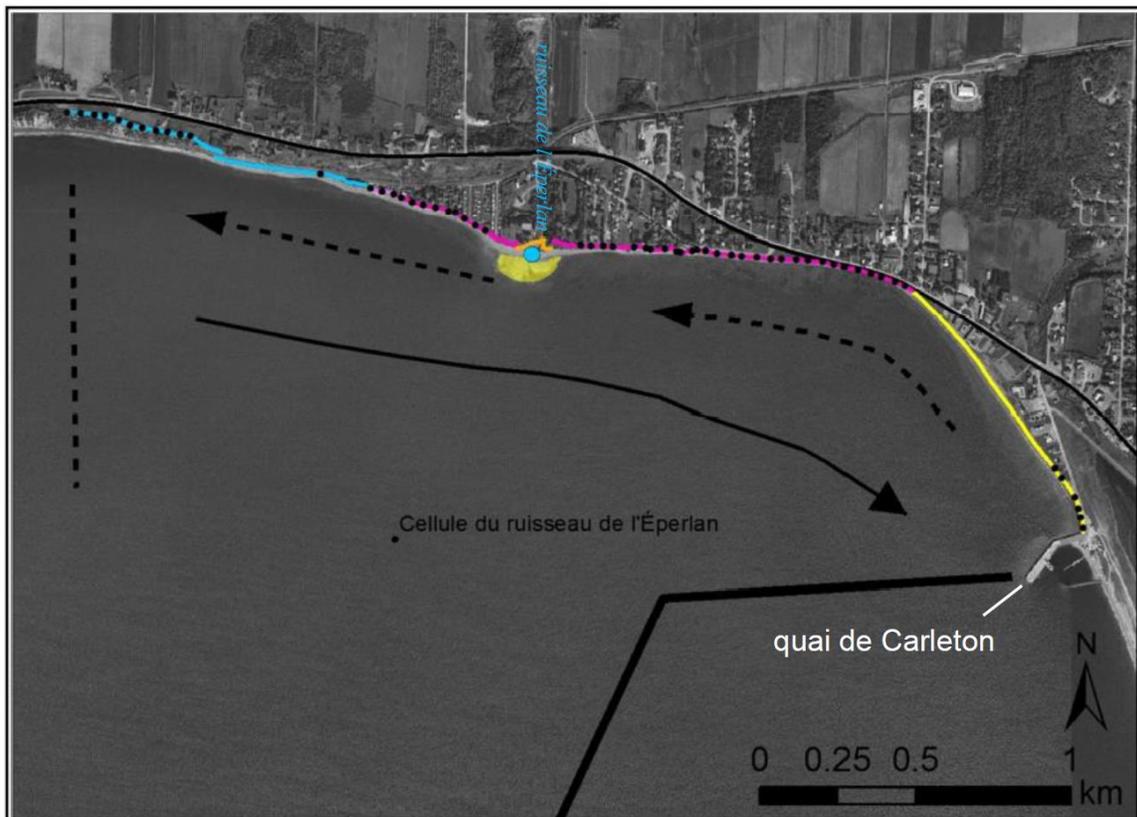
Source : modifié de Drejza et al. (2014, p. 204) LÉGENDE : TYPES DE CÔTES : bleu : falaise rocheuse sédimentaire; rose : falaise meuble; lila : falaise meuble à base rocheuse; mauve : falaise rocheuse à sommet meuble; jaune : flèche littorale; orange : terrasse de plage; vert clair : tombolo ou cordon littoral; gris : indéterminé; pointillé noir : trait de côte artificialisé; DYNAMIQUE HYDROSÉDIMENTAIRE : Flèches noires : courant de dérive littorale; double flèche bleu pâle : courant de marée; flèche bleue : courant estuarien; points bleus : sources sédimentaires; surface jaune : réservoir sédimentaire; trait noir sur le continent : route 132; trait noir dans l'eau : limite d'unité hydrosédimentaire; trait pointillé dans l'eau : limite de cellule hydrosédimentaire.

Figure A.1 Caractéristiques physiques de la cellule hydrosédimentaire de Nouvelle-St-Omer (unité de la baie de Tracadigache)

Cellule du ruisseau de l'Éperlan

La cellule hydrosédimentaire du ruisseau de l'Éperlan est limitée à l'ouest par le point de divergence du courant principal de dérive littorale, près de la route Bujold (figure A.2). La limite à l'est correspond au quai de Carleton. Le courant de dérive principal est orienté vers l'est et il existe un courant de dérive secondaire vers l'ouest. Les sédiments des falaises de l'ouest sont ainsi transportés vers l'est. Cependant, les secteurs du corridor routier à l'entrée du centre-ville de Carleton et du ruisseau de l'Éperlan sont presque totalement artificialisés, ce qui réduit les apports sédimentaires vers le corridor ferroviaire, qui lui aussi est majoritairement enroché. Le réservoir sédimentaire du delta du ruisseau de l'Éperlan est la principale source de sédiments alimentant la dérive vers

l'est, alors que la plage municipale est un réservoir sédimentaire qui alimente, pour sa part, la dérive secondaire vers l'ouest. Un accroissement de l'artificialisation dans la cellule pourrait compromettre le bilan sédimentaire positif de la plage, d'autant que celle-ci est soumise à la submersion.



Source : modifié de Drejza et al. (2014, p. 204) LÉGENDE : TYPES DE CÔTES : *bleu* : falaise rocheuse sédimentaire; *rose* : falaise meuble; *jaune* : flèche littorale; *orange* : terrasse de plage; *pointillé noir* : trait de côte artificialisé; DYNAMIQUE HYDROSÉDIMENTAIRE : *Flèches noires* : courant de dérive littorale; *flèches noires pointillées* : courant de dérive littorale secondaire; *points bleus* : sources sédimentaires; *surface jaune* : réservoir sédimentaire; *trait noir sur le continent* : route 132; *trait noir dans l'eau* : limite d'unité hydrosédimentaire; *trait pointillé dans l'eau* : limite de cellule hydrosédimentaire.

Figure A.2 Caractéristiques physiques de la cellule hydrosédimentaire du ruisseau de l'Éperlan (unité de la baie de Tracadigache)

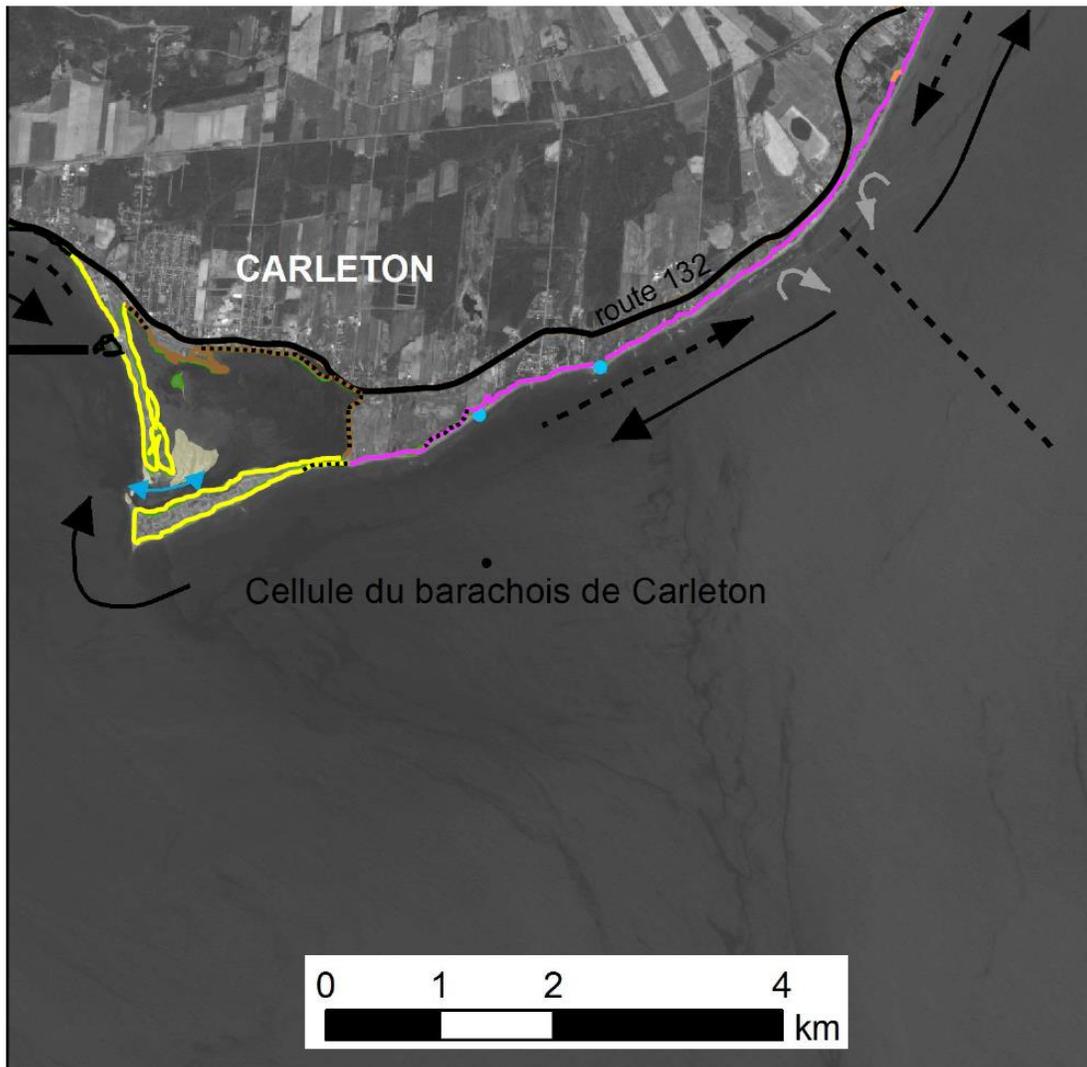
Cellule du barachois de Carleton

Le secteur du barachois de Carleton doit son nom au système de double flèche littorale qui abrite une lagune d'eau saumâtre au cœur de Carleton-sur-Mer (figure A.3). Cette cellule est divisée en deux grandes zones. La première zone, à l'ouest, est celle de côtes basses et meubles, compris entre le quai de Carleton sur la flèche ouest du

barachois (banc Tracadigache) et l'extrémité est de l'autre flèche à l'est (banc Larocque, son point d'attache au continent). Cette zone comprend également la lagune entre ces deux flèches, qui est bordée par une côte faite de remblai. La deuxième zone située immédiatement à l'est, nommée secteur Caps de Maria, en est une de falaises meubles en majorité d'une hauteur supérieure à 10 m. Elle est limitée à l'est par le point de divergence des courants de dérive littorale, qui correspond à la limite entre l'unité côtière Tracadièche et celle de la baie de Cascapédia.

Au niveau de la dynamique, le courant principal de dérive littorale est orienté de l'est vers l'ouest, mais il existe des courants secondaires et de retour vers le large. La dérive principale s'incurve autour de la pointe de la flèche est et rencontre un courant de marée dans la passe entre les deux flèches du barachois. Le delta de jusant de ce courant constitue un réservoir sédimentaire d'une certaine ampleur. Étant donné le sens du courant de dérive, les falaises meubles des caps de Maria constituent une source sédimentaire pour la flèche est. S'y ajoutent deux sources ponctuelles issues de ruisseaux sortant des Caps.

L'enjeu principal de cette cellule est la connectivité sédimentaire entre les Caps de Maria et la flèche du banc Larocque.



Source : modifié de Drejza et al. (2014, p. 204) LÉGENDE : TYPES DE CÔTES : *rose* : falaise meuble; *jaune* : flèche littorale; *orange* : terrasse de plage; *vert* : marais; *brun* : remblai; *noir* : artificiel; *pointillé noir* : trait de côte artificialisé; DYNAMIQUE HYDROSÉDIMENTAIRE : *Flèches noires* : courant de dérive littorale; *flèches noires pointillées* : courant de dérive littorale secondaire; *double flèche bleu pâle* : courant de marée; *flèche grise* : courant de retour; *points bleus* : sources sédimentaires; *surface jaune-beige* : réservoir sédimentaire; *trait noir sur le continent* : route 132; *trait noir dans l'eau* : limite d'unité hydrosédimentaire; *trait pointillé dans l'eau* : limite de cellule hydrosédimentaire.

Figure A.3 Caractéristiques physiques de la cellule hydrosédimentaire du barchois de Carleton (unité de la baie de Cascapédia).



ANNEXE B

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 ces calculs et projections.

La relation entre les dommages de submersion et la probabilité d'occurrence est illustrée par la courbe dommages-probabilités suivante.

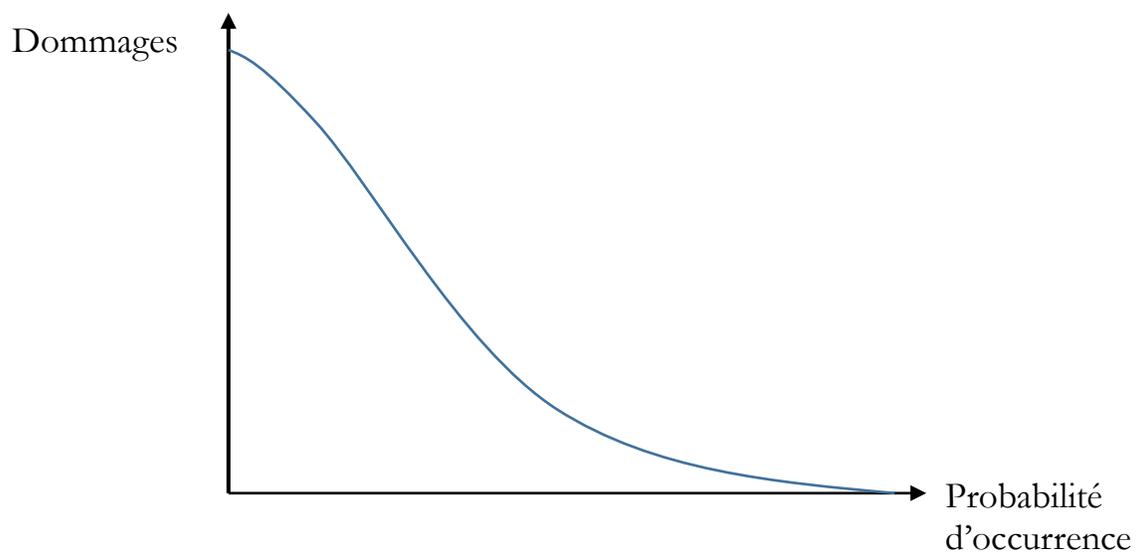


Figure B.1 – Relation entre dommages et probabilités d'occurrence

Cette figure conceptuelle montre simplement que ce sont les évènements avec une faible probabilité d'occurrence qui vont générer les dommages les plus élevés, tandis que les évènements 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 B.2). Il représente simplement la moyenne des dommages potentiels en fonction de toutes les possibilités de niveaux d'eau extrêmes possibles.

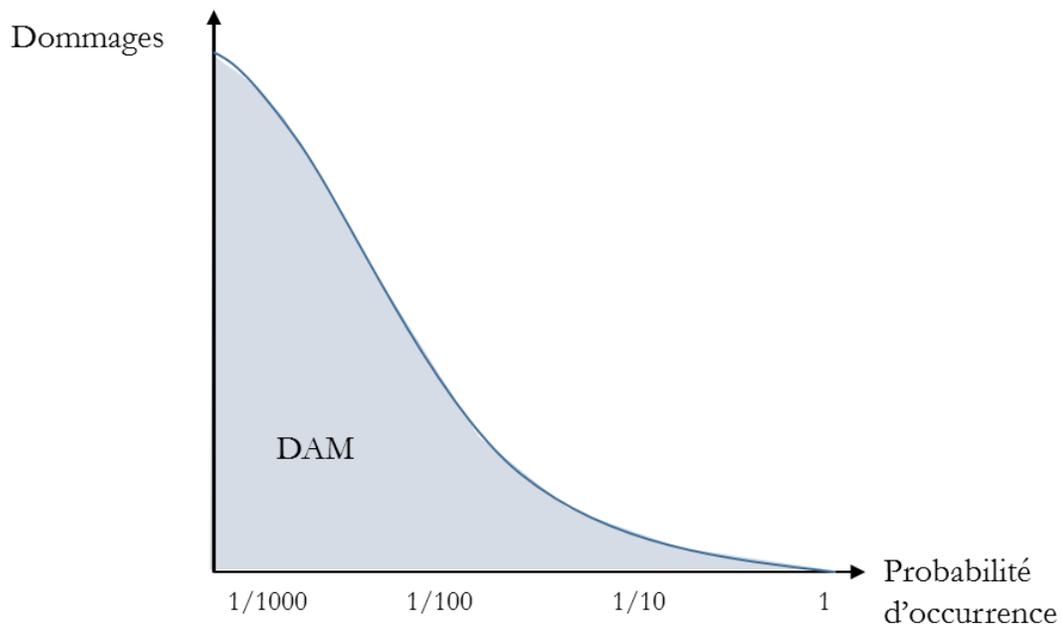


Figure B.2 – Calcul du dommage annuel moyen

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'évènement

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'évènements et de la variation de la probabilité d'occurrence entre ces deux mêmes évènements :

$$\begin{aligned}
 DAM &= \int D(P) dP \cong \sum_{i=1}^N \frac{D(P_i) + D(P_{i+1})}{2} \times (P_i - P_{i+1}) \\
 &= \frac{D(P_1) + D(P_2)}{2} \times (P_1 - P_2) + \dots + \frac{D(P_{N-1}) + D(P_N)}{2} \times (P_{N-1} - P_N)
 \end{aligned}$$

où N = Nombre de classes d'évènements étudiés

Dans l'étude de cas de Carleton-sur-Mer, les classes d'évènements utilisées pour calculer le DAM sont les périodes de retour 2, 5, 10, 20, 25 et 30 (voir section sur les niveaux de submersion).

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.

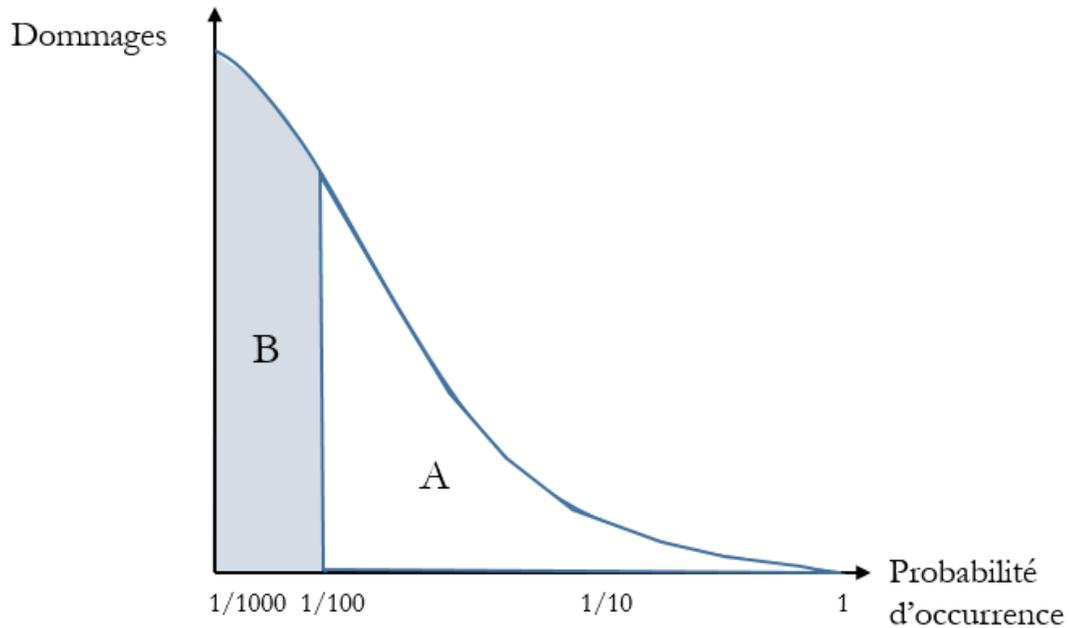


Figure B.3 – Effet d'un ouvrage de protection sur le DAM

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 B.4 illustre comment ces éléments sont définis.

R.C. : rez-de-chaussée

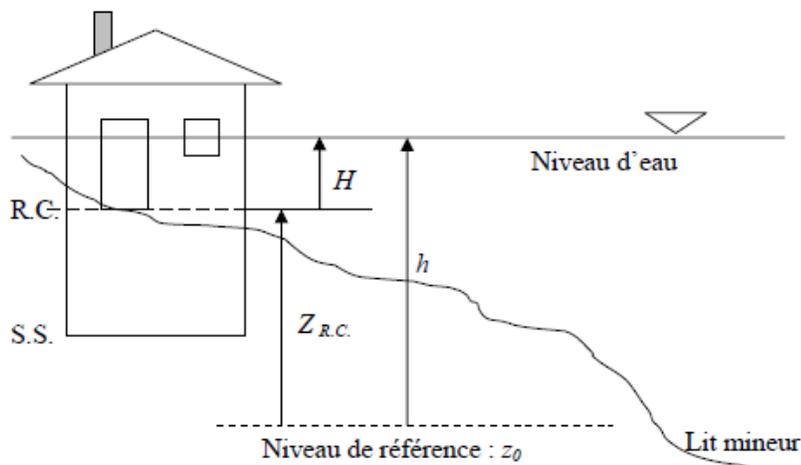
S.S. : sous-sol

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

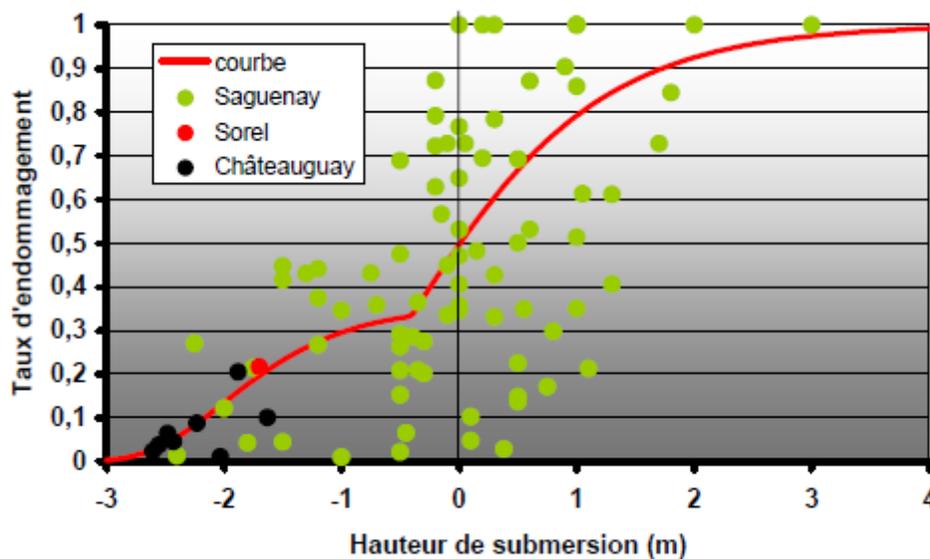
Figure B.4 Définition de la hauteur de submersion

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 B.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'évènement. Cela permet de construire les courbes de dommages-probabilités.



Tiré de Bonnifait, 2005 dans Leclerc et al., 2006

Figure B.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).

Lors de l'épisode de submersion de 2010, par exemple, de nombreux résidents ont non seulement subi des dommages au niveau de leur résidence, mais ont également dû remettre en état des structures de protection comme des enrochements ou des murets de bois et de béton. Dans plusieurs cas, l'accumulation d'eau derrière les structures avait conduit à un évidement du remblai. Les terrains ont dû être remblayés et les protections reconstruites. Ces coûts s'additionnent aux dommages directs aux bâtiments.

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'évènements utilisées pour calculer le DAM sont les périodes de retour 2, 5, 10, 20, 25 et 30 ans. Ces classes d'évènement 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.

Par ailleurs, les mesures d'ingénierie ont été calibrées pour des événements de récurrence 500 ans. Considérant les classes d'évènement disponibles pour le calcul des dommages, il est impossible d'estimer les dommages résiduels pour les événements de récurrence supérieure à 500 ans. Ces dommages résiduels ont donc été considérés comme nuls.

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 C

COÛTS DE RELOCALISATION ET D'IMMUNISATION DES BÂTIMENTS

Les estimés de coûts ont été réalisés suite à des visites sur le terrain des bâtiments à relocaliser ou à immuniser dans les municipalités de Percé, Carleton-sur-Mer et Maria. Les coûts de relocalisation et d'immunisation ont été fournis par la firme Héneault et Gosselin.

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

Catégorie de coûts	Relocalisation sur le même terrain	Relocalisation sur un nouveau terrain	Immunisation
Gestion des fils	3 416 \$	22 847 \$	3 416 \$
Démolition de fondations	3 239 \$	3 239 \$	-
Aménagement des services	-	32 553 \$	-
TOTAL	6 655 \$	58 639 \$	3 416 \$



ANNEXE D

CALCUL DES PERTES ÉCONOMIQUES EN CAS DE PERTE D'ACCÈS AU CAMPING DE CARLETON-SUR-MER

L'érosion du pédoncule du banc Larocque pourrait mener à une perte d'accès au camping de Carleton-sur-Mer et donc à des pertes de revenus commerciaux pour la région gaspésienne, si ces revenus ne peuvent être transférés ailleurs.

Dans le cadre d'une analyse coûts-avantages, la perte économique correspond à la perte de revenus qui n'est pas transférée vers une autre entreprise de la région, dans ce cas-ci vers un autre camping. Afin d'établir le nombre de nuitées de camping perdues, une analyse des sites de camping ayant des caractéristiques similaires a été réalisée dans un rayon de 75 km autour de Carleton-sur-Mer. Le camping Beaubassin de Bonaventure apparaît comme un camping substitut au camping de Carleton-sur-Mer, car il possède des installations similaires et une localisation en bord de mer qui est comparable.

Les statistiques d'achalandage du camping de Carleton-sur-Mer ont permis de calculer des taux d'occupation mensuels moyens des 300 sites disponibles pour les quatre mois d'opération, soit juin, juillet, août et septembre. Ceux-ci sont résumés au tableau D.1.

Tableau D.1 Taux d'occupation moyen par mois au camping de Carleton-sur-Mer et nombre de sites occupés quotidiennement

Mois	Taux d'occupation	Sites occupés
Juin	28,7 %	86
Juillet	84,2 %	253
Août	82,4 %	248
Septembre	10,2 %	31

En supposant les mêmes taux d'occupation au camping Beaubassin et un nombre total de sites de 234, il a été possible d'établir le nombre de sites non-occupés pour chacun des mois de juin, juillet, août et septembre. Ces sites non-occupés peuvent accueillir les campeurs qui ne pourraient plus se loger au camping de Carleton-sur-Mer. Le tableau D.2 présente le nombre de sites non-occupés au camping Beaubassin de même que le nombre de nuitées ne pouvant pas être transférées entre les campings Carleton-sur-Mer et Beaubassin.

Tableau D.2 – Nombre de sites non-occupés par mois au camping de Beaubassin et nombre de nuitées ne pouvant pas être transférées

Mois	Sites non-occupés	Nombre de nuitées ne pouvant pas être transférées
Juin	167	0
Juillet	37	216
Août	41	207
Septembre	210	0

Essentiellement, lors des mois de juin et septembre, l'ensemble des campeurs peut être transféré au camping Beaubassin, puisque le taux d'occupation permet d'accueillir l'ensemble de la clientèle de Carleton-sur-Mer. Toutefois, pour les mois de juillet et août, le camping Beaubassin n'a pas la capacité d'accueillir l'ensemble des campeurs ne

pouvant pas se loger à Carleton-sur-Mer, car les taux d'occupation sont très élevés. En fait, en supposant que le seul substitut au camping de Carleton-sur-Mer est le camping Beaubassin, 216 et 207 nuitées de camping par jour seraient perdues aux mois juillet et d'août respectivement. Afin d'estimer la valeur de cette perte, le nombre de nuitées perdues a été multiplié par le prix moyen d'une nuitée qui est de 38,25 \$ au camping Carleton-sur-Mer. Ainsi, une fois l'accès perdu au camping de Carleton-sur-Mer, la perte de revenus commerciaux pour la région est estimée à 501 883 \$ annuellement.



ANNEXE E

COÛTS ANNUELS DES DIFFÉRENTES OPTIONS

POUR LA PÉRIODE 2015-2064 POUR LE

SECTEUR BANC SAINT-OMER

SEGMENT BANC ST-OMER OUEST

Option de non-intervention

Année	Érosion	Submersion	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Impacts environnementaux	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(4,197 \$)	(20,710 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(24,907 \$)
2016	(4,171 \$)	(19,914 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(24,085 \$)
2017	(3,704 \$)	(52,788 \$)	0 \$	0 \$	(18,406 \$)	(163,731 \$)	(238,629 \$)
2018	(3,532 \$)	(50,757 \$)	0 \$	0 \$	(17,698 \$)	(157,433 \$)	(229,420 \$)
2019	(3,256 \$)	(48,805 \$)	0 \$	0 \$	(17,017 \$)	(151,378 \$)	(220,457 \$)
2020	(2,899 \$)	(46,928 \$)	0 \$	0 \$	(16,363 \$)	(145,556 \$)	(211,746 \$)
2021	(2,419 \$)	(45,123 \$)	0 \$	0 \$	(15,733 \$)	(139,958 \$)	(203,233 \$)
2022	(1,902 \$)	(43,388 \$)	0 \$	0 \$	(15,128 \$)	(134,575 \$)	(194,992 \$)
2023	(1,305 \$)	(41,719 \$)	0 \$	0 \$	(14,546 \$)	(129,399 \$)	(186,969 \$)
2024	(934 \$)	(40,114 \$)	0 \$	0 \$	(13,987 \$)	(124,422 \$)	(179,457 \$)
2025	(770 \$)	(38,571 \$)	0 \$	0 \$	(13,449 \$)	(119,636 \$)	(172,427 \$)
2026	(703 \$)	(37,088 \$)	0 \$	0 \$	(12,932 \$)	(115,035 \$)	(165,758 \$)
2027	(656 \$)	(35,661 \$)	0 \$	0 \$	(12,434 \$)	(110,611 \$)	(159,362 \$)
2028	(630 \$)	(34,290 \$)	0 \$	0 \$	(11,956 \$)	(106,356 \$)	(153,232 \$)
2029	(607 \$)	(32,971 \$)	0 \$	0 \$	(11,496 \$)	(102,266 \$)	(147,340 \$)
2030	(582 \$)	(49,549 \$)	0 \$	0 \$	(11,054 \$)	(98,332 \$)	(159,518 \$)
2031	(189,356 \$)	(46,016 \$)	(7,124 \$)	0 \$	(10,629 \$)	(109,462 \$)	(362,588 \$)
2032	0 \$	(44,246 \$)	0 \$	0 \$	(10,220 \$)	(90,914 \$)	(145,380 \$)
2033	0 \$	(42,545 \$)	0 \$	0 \$	(9,827 \$)	(87,417 \$)	(139,789 \$)
2034	0 \$	(40,908 \$)	0 \$	0 \$	(9,449 \$)	(84,055 \$)	(134,412 \$)
2035	0 \$	(39,335 \$)	0 \$	0 \$	(9,086 \$)	(80,822 \$)	(129,243 \$)
2036	0 \$	(37,822 \$)	0 \$	0 \$	(8,736 \$)	(77,714 \$)	(124,272 \$)
2037	0 \$	(36,367 \$)	0 \$	0 \$	(8,400 \$)	(74,725 \$)	(119,492 \$)
2038	0 \$	(34,969 \$)	0 \$	0 \$	(8,077 \$)	(71,851 \$)	(114,896 \$)
2039	0 \$	(33,624 \$)	0 \$	0 \$	(7,766 \$)	(69,087 \$)	(110,477 \$)
2040	0 \$	(32,330 \$)	0 \$	0 \$	(7,468 \$)	(66,430 \$)	(106,228 \$)
2041	0 \$	(31,087 \$)	0 \$	0 \$	(7,180 \$)	(63,875 \$)	(102,142 \$)
2042	0 \$	(29,891 \$)	0 \$	0 \$	(6,904 \$)	(61,418 \$)	(98,214 \$)
2043	0 \$	(28,742 \$)	0 \$	0 \$	(6,639 \$)	(59,056 \$)	(94,436 \$)
2044	0 \$	(27,636 \$)	0 \$	0 \$	(6,383 \$)	(56,785 \$)	(90,804 \$)
2045	0 \$	(26,573 \$)	0 \$	0 \$	(6,138 \$)	(54,601 \$)	(87,312 \$)
2046	0 \$	(25,551 \$)	0 \$	0 \$	(5,902 \$)	(52,501 \$)	(83,954 \$)
2047	0 \$	(24,568 \$)	0 \$	0 \$	(5,675 \$)	(50,481 \$)	(80,725 \$)
2048	0 \$	(23,624 \$)	0 \$	0 \$	(5,457 \$)	(48,540 \$)	(77,620 \$)
2049	(0 \$)	(22,715 \$)	0 \$	0 \$	(5,247 \$)	(46,673 \$)	(74,635 \$)
2050	0 \$	(21,841 \$)	0 \$	0 \$	(5,045 \$)	(44,878 \$)	(71,764 \$)
2051	0 \$	(21,001 \$)	0 \$	0 \$	(4,851 \$)	(43,152 \$)	(69,004 \$)
2052	0 \$	(20,193 \$)	0 \$	0 \$	(4,664 \$)	(41,492 \$)	(66,350 \$)
2053	0 \$	(19,417 \$)	0 \$	0 \$	(4,485 \$)	(39,896 \$)	(63,798 \$)
2054	(0 \$)	(18,670 \$)	0 \$	0 \$	(4,312 \$)	(38,362 \$)	(61,344 \$)
2055	(10 \$)	(29,859 \$)	0 \$	0 \$	(4,147 \$)	(36,886 \$)	(70,902 \$)
2056	(29 \$)	(28,711 \$)	0 \$	0 \$	(3,987 \$)	(35,467 \$)	(68,194 \$)
2057	(42 \$)	(27,607 \$)	0 \$	0 \$	(3,834 \$)	(34,103 \$)	(65,585 \$)
2058	(53 \$)	(26,545 \$)	0 \$	0 \$	(3,686 \$)	(32,792 \$)	(63,076 \$)
2059	(66 \$)	(25,524 \$)	0 \$	0 \$	(3,544 \$)	(31,530 \$)	(60,665 \$)
2060	(105 \$)	(24,542 \$)	0 \$	0 \$	(3,408 \$)	(30,318 \$)	(58,373 \$)
2061	(102 \$)	(23,598 \$)	0 \$	0 \$	(3,277 \$)	(29,152 \$)	(56,128 \$)
2062	(99 \$)	(22,691 \$)	0 \$	0 \$	(3,151 \$)	(28,030 \$)	(53,971 \$)
2063	(97 \$)	(21,818 \$)	0 \$	0 \$	(3,030 \$)	(26,952 \$)	(51,897 \$)
2064	(94 \$)	(20,979 \$)	0 \$	0 \$	(2,913 \$)	(25,916 \$)	(49,902 \$)
TOTAL	(222,320 \$)	(1,619,922 \$)	(7,124 \$)	0 \$	(405,716 \$)	(3,624,018 \$)	(5,879,100 \$)

Option de recharge de plage

Année	Érosion	Submersion	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Impacts environnementaux	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(4,197 \$)	(20,710 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(24,907 \$)
2016	(4,171 \$)	(19,914 \$)	(158,654 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(182,739 \$)
2017	(3,704 \$)	(52,788 \$)	(50,851 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(107,343 \$)
2018	0 \$	(18,411 \$)	(940,558 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(958,969 \$)
2019	0 \$	(17,703 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(17,703 \$)
2020	0 \$	(17,022 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(17,022 \$)
2021	0 \$	(16,367 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(16,367 \$)
2022	0 \$	(15,738 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(15,738 \$)
2023	0 \$	(15,133 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(15,133 \$)
2024	0 \$	(14,551 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(14,551 \$)
2025	0 \$	(13,991 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(13,991 \$)
2026	0 \$	(13,453 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(13,453 \$)
2027	0 \$	(12,935 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(12,935 \$)
2028	0 \$	(12,438 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(12,438 \$)
2029	0 \$	(11,960 \$)	(95,283 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(107,243 \$)
2030	0 \$	(19,564 \$)	(30,540 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(50,103 \$)
2031	0 \$	(18,811 \$)	(564,875 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(583,686 \$)
2032	0 \$	(18,088 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(18,088 \$)
2033	0 \$	(17,392 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(17,392 \$)
2034	0 \$	(16,723 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(16,723 \$)
2035	0 \$	(16,080 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(16,080 \$)
2036	0 \$	(15,461 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(15,461 \$)
2037	0 \$	(14,867 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(14,867 \$)
2038	0 \$	(14,295 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(14,295 \$)
2039	0 \$	(13,745 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(13,745 \$)
2040	0 \$	(13,216 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(13,216 \$)
2041	0 \$	(12,708 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(12,708 \$)
2042	0 \$	(12,219 \$)	(57,225 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(69,444 \$)
2043	0 \$	(11,749 \$)	(18,341 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(30,091 \$)
2044	0 \$	(11,297 \$)	(339,249 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(350,547 \$)
2045	0 \$	(10,863 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(10,863 \$)
2046	0 \$	(10,445 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(10,445 \$)
2047	0 \$	(10,043 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(10,043 \$)
2048	0 \$	(9,657 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(9,657 \$)
2049	0 \$	(9,286 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(9,286 \$)
2050	0 \$	(8,929 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(8,929 \$)
2051	0 \$	(8,585 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(8,585 \$)
2052	0 \$	(8,255 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(8,255 \$)
2053	0 \$	(7,937 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(7,937 \$)
2054	0 \$	(7,632 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(7,632 \$)
2055	0 \$	(13,744 \$)	(34,368 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(48,112 \$)
2056	0 \$	(13,216 \$)	(11,015 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(24,231 \$)
2057	0 \$	(12,707 \$)	(203,744 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(216,452 \$)
2058	0 \$	(12,219 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(12,219 \$)
2059	0 \$	(11,749 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(11,749 \$)
2060	0 \$	(11,297 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(11,297 \$)
2061	0 \$	(10,862 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(10,862 \$)
2062	0 \$	(10,444 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(10,444 \$)
2063	0 \$	(10,043 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(10,043 \$)
2064	0 \$	(9,656 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(9,656 \$)
TOTAL	(12,072 \$)	(706,899 \$)	(2,504,703 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(3,223,674 \$)

Option de recharge de plage avec épis

Année	Érosion	Submersion	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Impacts environnementaux	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(4,197 \$)	(20,710 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(24,907 \$)
2016	(4,171 \$)	(19,914 \$)	(259,615 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(283,700 \$)
2017	(3,704 \$)	(52,788 \$)	(83,210 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(139,702 \$)
2018	0 \$	(18,411 \$)	(1,553,966 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1,572,377 \$)
2019	0 \$	(17,703 \$)	(31,457 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(49,160 \$)
2020	0 \$	(17,022 \$)	(30,247 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(47,269 \$)
2021	0 \$	(16,367 \$)	(29,084 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(45,451 \$)
2022	0 \$	(15,738 \$)	(27,965 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(43,703 \$)
2023	0 \$	(15,133 \$)	(26,889 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(42,022 \$)
2024	0 \$	(14,551 \$)	(25,855 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(40,406 \$)
2025	0 \$	(13,991 \$)	(24,861 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(38,852 \$)
2026	0 \$	(13,453 \$)	(23,905 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(37,357 \$)
2027	0 \$	(12,935 \$)	(22,985 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(35,921 \$)
2028	0 \$	(12,438 \$)	(22,101 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(34,539 \$)
2029	0 \$	(11,960 \$)	(21,251 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(33,211 \$)
2030	0 \$	(19,564 \$)	(20,434 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(39,997 \$)
2031	0 \$	(18,811 \$)	(19,648 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(38,459 \$)
2032	0 \$	(18,088 \$)	(18,892 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(36,980 \$)
2033	0 \$	(17,392 \$)	(18,166 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(35,557 \$)
2034	0 \$	(16,723 \$)	(17,467 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(34,190 \$)
2035	0 \$	(16,080 \$)	(16,795 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(32,875 \$)
2036	0 \$	(15,461 \$)	(16,149 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(31,610 \$)
2037	0 \$	(14,867 \$)	(15,528 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(30,395 \$)
2038	0 \$	(14,295 \$)	(14,931 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(29,226 \$)
2039	0 \$	(13,745 \$)	(14,356 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(28,102 \$)
2040	0 \$	(13,216 \$)	(13,804 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(27,021 \$)
2041	0 \$	(12,708 \$)	(13,273 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(25,981 \$)
2042	0 \$	(12,219 \$)	(12,763 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(24,982 \$)
2043	0 \$	(11,749 \$)	(12,272 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(24,021 \$)
2044	0 \$	(11,297 \$)	(11,800 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(23,097 \$)
2045	0 \$	(10,863 \$)	(11,346 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(22,209 \$)
2046	0 \$	(10,445 \$)	(10,910 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(21,355 \$)
2047	0 \$	(10,043 \$)	(10,490 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(20,534 \$)
2048	0 \$	(9,657 \$)	(10,087 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(19,744 \$)
2049	0 \$	(9,286 \$)	(9,699 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(18,984 \$)
2050	0 \$	(8,929 \$)	(9,326 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(18,254 \$)
2051	0 \$	(8,585 \$)	(8,967 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(17,552 \$)
2052	0 \$	(8,255 \$)	(8,622 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(16,877 \$)
2053	0 \$	(7,937 \$)	(8,291 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(16,228 \$)
2054	0 \$	(7,632 \$)	(7,972 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(15,604 \$)
2055	0 \$	(13,744 \$)	(7,665 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(21,409 \$)
2056	0 \$	(13,216 \$)	(7,370 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(20,586 \$)
2057	0 \$	(12,707 \$)	(7,087 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(19,794 \$)
2058	0 \$	(12,219 \$)	(6,814 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(19,033 \$)
2059	0 \$	(11,749 \$)	(6,552 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(18,301 \$)
2060	0 \$	(11,297 \$)	(6,300 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(17,597 \$)
2061	0 \$	(10,862 \$)	(6,058 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(16,920 \$)
2062	0 \$	(10,444 \$)	(5,825 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(16,269 \$)
2063	0 \$	(10,043 \$)	(5,601 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(15,644 \$)
2064	0 \$	(9,656 \$)	2,693 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(6,964 \$)
TOTAL	(12,072 \$)	(706,899 \$)	(2,571,956 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(3,290,927 \$)

Option de recharge de plage avec bioingénierie

Année	Érosion	Submersion	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Impacts environnementaux	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(4,197 \$)	(20,710 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(24,907 \$)
2016	(4,171 \$)	(19,914 \$)	(201,923 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(226,008 \$)
2017	(3,704 \$)	(52,788 \$)	(64,719 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(121,211 \$)
2018	0 \$	(18,411 \$)	(1,226,815 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1,245,226 \$)
2019	0 \$	(17,703 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(17,703 \$)
2020	0 \$	(17,022 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(17,022 \$)
2021	0 \$	(16,367 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(16,367 \$)
2022	0 \$	(15,738 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(15,738 \$)
2023	0 \$	(15,133 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(15,133 \$)
2024	0 \$	(14,551 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(14,551 \$)
2025	0 \$	(13,991 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(13,991 \$)
2026	0 \$	(13,453 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(13,453 \$)
2027	0 \$	(12,935 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(12,935 \$)
2028	0 \$	(12,438 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(12,438 \$)
2029	0 \$	(11,960 \$)	(121,270 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(133,229 \$)
2030	0 \$	(19,564 \$)	(38,869 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(58,432 \$)
2031	0 \$	(18,811 \$)	(736,793 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(755,604 \$)
2032	0 \$	(18,088 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(18,088 \$)
2033	0 \$	(17,392 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(17,392 \$)
2034	0 \$	(16,723 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(16,723 \$)
2035	0 \$	(16,080 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(16,080 \$)
2036	0 \$	(15,461 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(15,461 \$)
2037	0 \$	(14,867 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(14,867 \$)
2038	0 \$	(14,295 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(14,295 \$)
2039	0 \$	(13,745 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(13,745 \$)
2040	0 \$	(13,216 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(13,216 \$)
2041	0 \$	(12,708 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(12,708 \$)
2042	0 \$	(12,219 \$)	(72,831 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(85,051 \$)
2043	0 \$	(11,749 \$)	(23,343 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(35,093 \$)
2044	0 \$	(11,297 \$)	(442,499 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(453,796 \$)
2045	0 \$	(10,863 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(10,863 \$)
2046	0 \$	(10,445 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(10,445 \$)
2047	0 \$	(10,043 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(10,043 \$)
2048	0 \$	(9,657 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(9,657 \$)
2049	0 \$	(9,286 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(9,286 \$)
2050	0 \$	(8,929 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(8,929 \$)
2051	0 \$	(8,585 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(8,585 \$)
2052	0 \$	(8,255 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(8,255 \$)
2053	0 \$	(7,937 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(7,937 \$)
2054	0 \$	(7,632 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(7,632 \$)
2055	0 \$	(13,744 \$)	(43,741 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(57,485 \$)
2056	0 \$	(13,216 \$)	(14,019 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(27,235 \$)
2057	0 \$	(12,707 \$)	(265,753 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(278,461 \$)
2058	0 \$	(12,219 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(12,219 \$)
2059	0 \$	(11,749 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(11,749 \$)
2060	0 \$	(11,297 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(11,297 \$)
2061	0 \$	(10,862 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(10,862 \$)
2062	0 \$	(10,444 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(10,444 \$)
2063	0 \$	(10,043 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(10,043 \$)
2064	0 \$	(9,656 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(9,656 \$)
TOTAL	(12,072 \$)	(706,899 \$)	(3,252,576 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(3,971,547 \$)

Option de relocalisation stratégique et immunisation

Année	Érosion	Submersion	Coûts des mesures d'adaptation	Impacts économiques	Impacts environnementaux	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(4,197 \$)	(20,710 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(24,907 \$)
2016	(4,171 \$)	(19,914 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	0 \$	(24,085 \$)
2017	(3,704 \$)	(52,788 \$)	0 \$	0 \$	(18,406 \$)	(163,731 \$)	(238,629 \$)
2018	(3,532 \$)	(50,757 \$)	0 \$	0 \$	(17,698 \$)	(157,433 \$)	(229,420 \$)
2019	(3,256 \$)	(48,805 \$)	0 \$	0 \$	(17,017 \$)	(151,378 \$)	(220,457 \$)
2020	(2,899 \$)	(46,928 \$)	0 \$	0 \$	(16,363 \$)	(145,556 \$)	(211,746 \$)
2021	(2,419 \$)	(45,123 \$)	0 \$	0 \$	(15,733 \$)	(139,958 \$)	(203,233 \$)
2022	(1,902 \$)	(43,388 \$)	0 \$	0 \$	(15,128 \$)	(134,575 \$)	(194,992 \$)
2023	(1,305 \$)	(41,719 \$)	0 \$	0 \$	(14,546 \$)	(129,399 \$)	(186,969 \$)
2024	(934 \$)	(40,114 \$)	0 \$	0 \$	(13,987 \$)	(124,422 \$)	(179,457 \$)
2025	(770 \$)	(38,571 \$)	0 \$	0 \$	(13,449 \$)	(119,636 \$)	(172,427 \$)
2026	(703 \$)	(37,088 \$)	0 \$	0 \$	(12,932 \$)	(115,035 \$)	(165,758 \$)
2027	(656 \$)	(35,661 \$)	0 \$	0 \$	(12,434 \$)	(110,611 \$)	(159,362 \$)
2028	(630 \$)	(34,290 \$)	0 \$	0 \$	(11,956 \$)	(106,356 \$)	(153,232 \$)
2029	(607 \$)	(31,760 \$)	(81,199 \$)	(24,324 \$)	(11,496 \$)	(118,394 \$)	(267,780 \$)
2030	0 \$	(46,606 \$)	(24,928 \$)	0 \$	(11,054 \$)	(98,332 \$)	(180,921 \$)
2031	0 \$	(44,814 \$)	0 \$	0 \$	(10,629 \$)	(94,550 \$)	(149,993 \$)
2032	0 \$	(43,090 \$)	0 \$	0 \$	(10,220 \$)	(90,914 \$)	(144,224 \$)
2033	0 \$	(41,433 \$)	0 \$	0 \$	(9,827 \$)	(87,417 \$)	(138,677 \$)
2034	0 \$	(39,839 \$)	0 \$	0 \$	(9,449 \$)	(84,055 \$)	(133,343 \$)
2035	0 \$	(38,307 \$)	0 \$	0 \$	(9,086 \$)	(80,822 \$)	(128,215 \$)
2036	0 \$	(36,834 \$)	0 \$	0 \$	(8,736 \$)	(77,714 \$)	(123,283 \$)
2037	0 \$	(35,417 \$)	0 \$	0 \$	(8,400 \$)	(74,725 \$)	(118,542 \$)
2038	0 \$	(34,055 \$)	0 \$	0 \$	(8,077 \$)	(71,851 \$)	(113,982 \$)
2039	0 \$	(32,745 \$)	0 \$	0 \$	(7,766 \$)	(69,087 \$)	(109,598 \$)
2040	0 \$	(31,486 \$)	0 \$	0 \$	(7,468 \$)	(66,430 \$)	(105,383 \$)
2041	0 \$	(30,275 \$)	0 \$	0 \$	(7,180 \$)	(63,875 \$)	(101,330 \$)
2042	0 \$	(29,110 \$)	0 \$	0 \$	(6,904 \$)	(61,418 \$)	(97,433 \$)
2043	0 \$	(27,991 \$)	0 \$	0 \$	(6,639 \$)	(59,056 \$)	(93,685 \$)
2044	0 \$	(26,914 \$)	0 \$	0 \$	(6,383 \$)	(56,785 \$)	(90,082 \$)
2045	0 \$	(25,879 \$)	0 \$	0 \$	(6,138 \$)	(54,601 \$)	(86,617 \$)
2046	0 \$	(24,884 \$)	0 \$	0 \$	(5,902 \$)	(52,501 \$)	(83,286 \$)
2047	0 \$	(23,926 \$)	0 \$	0 \$	(5,675 \$)	(50,481 \$)	(80,083 \$)
2048	0 \$	(23,006 \$)	0 \$	0 \$	(5,457 \$)	(48,540 \$)	(77,002 \$)
2049	(0 \$)	(22,121 \$)	0 \$	0 \$	(5,247 \$)	(46,673 \$)	(74,041 \$)
2050	0 \$	(21,271 \$)	0 \$	0 \$	(5,045 \$)	(44,878 \$)	(71,193 \$)
2051	0 \$	(20,452 \$)	0 \$	0 \$	(4,851 \$)	(43,152 \$)	(68,455 \$)
2052	0 \$	(19,666 \$)	0 \$	0 \$	(4,664 \$)	(41,492 \$)	(65,822 \$)
2053	0 \$	(18,909 \$)	0 \$	0 \$	(4,485 \$)	(39,896 \$)	(63,290 \$)
2054	(0 \$)	(18,182 \$)	0 \$	0 \$	(4,312 \$)	(38,362 \$)	(60,856 \$)
2055	(10 \$)	(28,967 \$)	(14,875 \$)	0 \$	(4,147 \$)	(36,886 \$)	(84,886 \$)
2056	(29 \$)	(27,853 \$)	0 \$	0 \$	(3,987 \$)	(35,467 \$)	(67,337 \$)
2057	(42 \$)	(26,782 \$)	0 \$	0 \$	(3,834 \$)	(34,103 \$)	(64,761 \$)
2058	(53 \$)	(25,752 \$)	0 \$	0 \$	(3,686 \$)	(32,792 \$)	(62,283 \$)
2059	(66 \$)	(24,761 \$)	0 \$	0 \$	(3,544 \$)	(31,530 \$)	(59,903 \$)
2060	(105 \$)	(23,809 \$)	0 \$	0 \$	(3,408 \$)	(30,318 \$)	(57,640 \$)
2061	(102 \$)	(22,893 \$)	0 \$	0 \$	(3,277 \$)	(29,152 \$)	(55,424 \$)
2062	(99 \$)	(22,013 \$)	0 \$	0 \$	(3,151 \$)	(28,030 \$)	(53,293 \$)
2063	(97 \$)	(21,166 \$)	0 \$	0 \$	(3,030 \$)	(26,952 \$)	(51,246 \$)
2064	(94 \$)	(20,352 \$)	0 \$	0 \$	(2,913 \$)	(25,916 \$)	(49,275 \$)
TOTAL	(32,381 \$)	(1,589,179 \$)	(121,002 \$)	(24,324 \$)	(405,716 \$)	(3,625,235 \$)	(5,797,836 \$)

SEGMENT BANC ST-OMER CENTRE

Option de non-intervention

Année	Érosion	Submersion	Coûts des mesures	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(141 \$)	(19 906 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(20 047 \$)
2016	(236 \$)	(19 141 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(19 377 \$)
2017	(327 \$)	(18 404 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(18 732 \$)
2018	(400 \$)	(17 696 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(18 096 \$)
2019	(458 \$)	(17 016 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(17 474 \$)
2020	(511 \$)	(16 361 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(16 872 \$)
2021	(558 \$)	(15 732 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(16 290 \$)
2022	(606 \$)	(15 127 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(15 733 \$)
2023	(650 \$)	(14 545 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(15 195 \$)
2024	(690 \$)	(13 986 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(14 676 \$)
2025	(731 \$)	(13 448 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(14 179 \$)
2026	(761 \$)	(12 931 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(13 691 \$)
2027	(723 \$)	(12 433 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(13 157 \$)
2028	(697 \$)	(11 955 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(12 652 \$)
2029	(681 \$)	(11 495 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(12 177 \$)
2030	(670 \$)	(10 936 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(11 606 \$)
2031	(662 \$)	(10 381 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(11 043 \$)
2032	(652 \$)	(9 832 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(10 484 \$)
2033	(646 \$)	(9 288 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(9 934 \$)
2034	(638 \$)	(8 750 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(9 388 \$)
2035	(629 \$)	(8 217 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(8 846 \$)
2036	(622 \$)	(7 690 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(8 312 \$)
2037	(611 \$)	(7 168 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(7 779 \$)
2038	(599 \$)	(6 651 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(7 250 \$)
2039	(598 \$)	(6 139 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(6 737 \$)
2040	(606 \$)	(5 632 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(6 238 \$)
2041	(606 \$)	(5 130 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(5 736 \$)
2042	(604 \$)	(4 633 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(5 237 \$)
2043	(607 \$)	(4 141 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(4 748 \$)
2044	(619 \$)	(3 654 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(4 273 \$)
2045	(627 \$)	(3 172 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(3 809 \$)
2046	(634 \$)	(2 695 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(3 339 \$)
2047	(641 \$)	(2 223 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 864 \$)
2048	(642 \$)	(1 756 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 398 \$)
2049	(644 \$)	(1 294 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 938 \$)
2050	(1 750 \$)	(8 551 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(10 301 \$)
2051	(609 \$)	(8 222 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(8 831 \$)
2052	(622 \$)	(7 906 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(8 527 \$)
2053	(633 \$)	(7 602 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(8 235 \$)
2054	(638 \$)	(7 309 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(7 947 \$)
2055	(51 618 \$)	(11 875 \$)	(3 398 \$)	0 \$	(5 817 \$)	(72 708 \$)
2056	(342 \$)	(11 418 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(11 761 \$)
2057	(352 \$)	(10 979 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(11 332 \$)
2058	(360 \$)	(10 557 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(10 917 \$)
2059	(366 \$)	(10 151 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(10 517 \$)
2060	(373 \$)	(9 760 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(10 134 \$)
2061	(380 \$)	(9 385 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(9 765 \$)
2062	(383 \$)	(9 024 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(9 407 \$)
2063	(387 \$)	(8 677 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(9 064 \$)
2064	(391 \$)	(8 343 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(8 735 \$)
TOTAL	(79 932 \$)	(634 747 \$)	(3 398 \$)	0 \$	(5 817 \$)	(723 894 \$)

Option d'enrochement

Année	Érosion	Submersion	Coûts des mesures	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(141 \$)	(19 906 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(20 047 \$)
2016	(236 \$)	(19 141 \$)	(173 077 \$)	0 \$	0 \$	(192 454 \$)
2017	(327 \$)	(18 404 \$)	(55 473 \$)	0 \$	0 \$	(74 205 \$)
2018	0 \$	0 \$	(1 151 250 \$)	0 \$	(74 486 \$)	(1 225 736 \$)
2019	0 \$	0 \$	(25 131 \$)	0 \$	0 \$	(25 131 \$)
2020	0 \$	0 \$	(24 165 \$)	0 \$	0 \$	(24 165 \$)
2021	0 \$	0 \$	(23 235 \$)	0 \$	0 \$	(23 235 \$)
2022	0 \$	0 \$	(22 342 \$)	0 \$	0 \$	(22 342 \$)
2023	0 \$	0 \$	(21 482 \$)	0 \$	0 \$	(21 482 \$)
2024	0 \$	0 \$	(20 656 \$)	0 \$	0 \$	(20 656 \$)
2025	0 \$	0 \$	(19 862 \$)	0 \$	0 \$	(19 862 \$)
2026	0 \$	0 \$	(19 098 \$)	0 \$	0 \$	(19 098 \$)
2027	0 \$	0 \$	(18 363 \$)	0 \$	0 \$	(18 363 \$)
2028	0 \$	0 \$	(17 657 \$)	0 \$	0 \$	(17 657 \$)
2029	0 \$	0 \$	(16 978 \$)	0 \$	0 \$	(16 978 \$)
2030	0 \$	0 \$	(16 325 \$)	0 \$	0 \$	(16 325 \$)
2031	0 \$	0 \$	(15 697 \$)	0 \$	0 \$	(15 697 \$)
2032	0 \$	0 \$	(15 093 \$)	0 \$	0 \$	(15 093 \$)
2033	0 \$	0 \$	(14 513 \$)	0 \$	0 \$	(14 513 \$)
2034	0 \$	0 \$	(13 954 \$)	0 \$	0 \$	(13 954 \$)
2035	0 \$	0 \$	(13 418 \$)	0 \$	0 \$	(13 418 \$)
2036	0 \$	0 \$	(12 902 \$)	0 \$	0 \$	(12 902 \$)
2037	0 \$	0 \$	(12 405 \$)	0 \$	0 \$	(12 405 \$)
2038	0 \$	0 \$	(11 928 \$)	0 \$	0 \$	(11 928 \$)
2039	0 \$	0 \$	(11 470 \$)	0 \$	0 \$	(11 470 \$)
2040	0 \$	0 \$	(11 028 \$)	0 \$	0 \$	(11 028 \$)
2041	0 \$	0 \$	(10 604 \$)	0 \$	0 \$	(10 604 \$)
2042	0 \$	0 \$	(10 196 \$)	0 \$	0 \$	(10 196 \$)
2043	0 \$	0 \$	(9 804 \$)	0 \$	0 \$	(9 804 \$)
2044	0 \$	0 \$	(9 427 \$)	0 \$	0 \$	(9 427 \$)
2045	0 \$	0 \$	(9 065 \$)	0 \$	0 \$	(9 065 \$)
2046	0 \$	0 \$	(8 716 \$)	0 \$	0 \$	(8 716 \$)
2047	0 \$	0 \$	(8 381 \$)	0 \$	0 \$	(8 381 \$)
2048	0 \$	0 \$	(8 058 \$)	0 \$	0 \$	(8 058 \$)
2049	0 \$	0 \$	(7 748 \$)	0 \$	0 \$	(7 748 \$)
2050	0 \$	0 \$	(7 450 \$)	0 \$	0 \$	(7 450 \$)
2051	0 \$	0 \$	(7 164 \$)	0 \$	0 \$	(7 164 \$)
2052	0 \$	0 \$	(6 888 \$)	0 \$	0 \$	(6 888 \$)
2053	0 \$	0 \$	(6 623 \$)	0 \$	0 \$	(6 623 \$)
2054	0 \$	0 \$	(6 369 \$)	0 \$	0 \$	(6 369 \$)
2055	0 \$	0 \$	(6 124 \$)	0 \$	0 \$	(6 124 \$)
2056	0 \$	0 \$	(5 888 \$)	0 \$	0 \$	(5 888 \$)
2057	0 \$	0 \$	(5 662 \$)	0 \$	0 \$	(5 662 \$)
2058	0 \$	0 \$	(5 444 \$)	0 \$	0 \$	(5 444 \$)
2059	0 \$	0 \$	(5 235 \$)	0 \$	0 \$	(5 235 \$)
2060	0 \$	0 \$	(5 033 \$)	0 \$	0 \$	(5 033 \$)
2061	0 \$	0 \$	(4 840 \$)	0 \$	0 \$	(4 840 \$)
2062	0 \$	0 \$	(4 654 \$)	0 \$	0 \$	(4 654 \$)
2063	0 \$	0 \$	(4 475 \$)	0 \$	0 \$	(4 475 \$)
2064	0 \$	0 \$	7 990 \$	0 \$	0 \$	7 990 \$
TOTAL	(704 \$)	(57 451 \$)	(1 913 360 \$)	0 \$	(74 486 \$)	(2 046 000 \$)

Option de relocalisation stratégique et immunisation

Année	Érosion	Submersion	Coûts des mesures	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(141 \$)	(19 906 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(20 047 \$)
2016	(236 \$)	(19 141 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(19 377 \$)
2017	(327 \$)	(18 404 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(18 732 \$)
2018	(400 \$)	(17 696 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(18 096 \$)
2019	(458 \$)	(17 016 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(17 474 \$)
2020	(511 \$)	(16 361 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(16 872 \$)
2021	(558 \$)	(15 732 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(16 290 \$)
2022	(606 \$)	(15 127 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(15 733 \$)
2023	(650 \$)	(14 545 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(15 195 \$)
2024	(690 \$)	(13 986 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(14 676 \$)
2025	(731 \$)	(13 448 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(14 179 \$)
2026	(761 \$)	(12 931 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(13 691 \$)
2027	(723 \$)	(12 433 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(13 157 \$)
2028	(697 \$)	(11 955 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(12 652 \$)
2029	(681 \$)	(11 495 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(12 177 \$)
2030	(670 \$)	(18 736 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(19 406 \$)
2031	(662 \$)	(18 015 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(18 677 \$)
2032	(652 \$)	(17 322 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(17 974 \$)
2033	(646 \$)	(16 656 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(17 302 \$)
2034	(638 \$)	(16 015 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(16 654 \$)
2035	(629 \$)	(15 399 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(16 029 \$)
2036	(622 \$)	(14 807 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(15 429 \$)
2037	(611 \$)	(14 238 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(14 849 \$)
2038	(599 \$)	(13 690 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(14 289 \$)
2039	(598 \$)	(13 164 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(13 762 \$)
2040	(606 \$)	(12 657 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(13 263 \$)
2041	(606 \$)	(12 170 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(12 776 \$)
2042	(604 \$)	(11 702 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(12 306 \$)
2043	(607 \$)	(11 252 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(11 859 \$)
2044	(619 \$)	(10 819 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(11 438 \$)
2045	(627 \$)	(10 403 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(11 030 \$)
2046	(634 \$)	(10 003 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(10 637 \$)
2047	(641 \$)	(9 618 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(10 259 \$)
2048	(642 \$)	(9 249 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(9 891 \$)
2049	(644 \$)	(8 893 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(9 536 \$)
2050	(590 \$)	(8 551 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(9 141 \$)
2051	(609 \$)	(8 222 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(8 831 \$)
2052	(622 \$)	(7 866 \$)	(28 609 \$)	(6 707 \$)	(6 544 \$)	(50 347 \$)
2053	(282 \$)	(7 563 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(7 845 \$)
2054	(310 \$)	(7 272 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(7 582 \$)
2055	(330 \$)	(11 875 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(12 205 \$)
2056	(342 \$)	(11 418 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(11 761 \$)
2057	(352 \$)	(10 979 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(11 332 \$)
2058	(360 \$)	(10 557 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(10 917 \$)
2059	(366 \$)	(10 151 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(10 517 \$)
2060	(373 \$)	(9 760 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(10 134 \$)
2061	(380 \$)	(9 385 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(9 765 \$)
2062	(383 \$)	(9 024 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(9 407 \$)
2063	(387 \$)	(8 677 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(9 064 \$)
2064	(391 \$)	(8 343 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(8 735 \$)
TOTAL	(26 803 \$)	(634 631 \$)	(28 609 \$)	(6 707 \$)	(6 544 \$)	(703 294 \$)

SEGMENT BANC ST-OMER EST

Option de non-intervention

Année	Érosion	Coûts des mesures	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(1 343 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 343 \$)
2016	(1 308 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 308 \$)
2017	(1 265 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 265 \$)
2018	(1 226 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 226 \$)
2019	(1 193 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 193 \$)
2020	(1 163 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 163 \$)
2021	(1 162 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 162 \$)
2022	(1 146 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 146 \$)
2023	(1 116 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 116 \$)
2024	(1 104 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 104 \$)
2025	(1 150 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 150 \$)
2026	(1 129 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 129 \$)
2027	(1 089 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 089 \$)
2028	(1 051 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 051 \$)
2029	(1 013 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 013 \$)
2030	(977 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(977 \$)
2031	(944 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(944 \$)
2032	(912 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(912 \$)
2033	(878 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(878 \$)
2034	(847 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(847 \$)
2035	(817 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(817 \$)
2036	(788 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(788 \$)
2037	(762 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(762 \$)
2038	(736 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(736 \$)
2039	(709 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(709 \$)
2040	(683 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(683 \$)
2041	(657 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(657 \$)
2042	(634 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(634 \$)
2043	(611 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(611 \$)
2044	(26 001 \$)	(3 365 \$)	0 \$	0 \$	(29 366 \$)
2045	(566 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(566 \$)
2046	(545 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(545 \$)
2047	(526 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(526 \$)
2048	(506 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(506 \$)
2049	(487 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(487 \$)
2050	(46 650 \$)	(3 258 \$)	0 \$	(2 229 \$)	(52 138 \$)
2051	(417 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(417 \$)
2052	(400 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(400 \$)
2053	(384 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(384 \$)
2054	(372 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(372 \$)
2055	(359 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(359 \$)
2056	(344 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(344 \$)
2057	(35 450 \$)	(4 482 \$)	0 \$	(1 694 \$)	(41 627 \$)
2058	(288 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(288 \$)
2059	(276 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(276 \$)
2060	(266 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(266 \$)
2061	(257 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(257 \$)
2062	(776 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(776 \$)
2063	(238 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(238 \$)
2064	(228 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(228 \$)
TOTAL	(143 752 \$)	(11 106 \$)	0 \$	(3 924 \$)	(158 781 \$)

Option de recharge de plage

Année	Érosion	Coûts des mesures	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(1 343 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 343 \$)
2016	(1 308 \$)	(144 231 \$)	0 \$	0 \$	(145 538 \$)
2017	(1 265 \$)	(46 228 \$)	0 \$	0 \$	(47 493 \$)
2018	0 \$	(853 437 \$)	0 \$	0 \$	(853 437 \$)
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 \$	(86 621 \$)	0 \$	0 \$	(86 621 \$)
2030	0 \$	(27 763 \$)	0 \$	0 \$	(27 763 \$)
2031	0 \$	(512 552 \$)	0 \$	0 \$	(512 552 \$)
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 \$	(52 022 \$)	0 \$	0 \$	(52 022 \$)
2043	0 \$	(16 674 \$)	0 \$	0 \$	(16 674 \$)
2044	0 \$	(307 825 \$)	0 \$	0 \$	(307 825 \$)
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 \$	(31 243 \$)	0 \$	0 \$	(31 243 \$)
2056	0 \$	(10 014 \$)	0 \$	0 \$	(10 014 \$)
2057	0 \$	(184 872 \$)	0 \$	0 \$	(184 872 \$)
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 \$
TOTAL	(3 916 \$)	(2 273 482 \$)	0 \$	0 \$	(2 277 398 \$)

Option de recharge de plage avec épis

Année	Érosion	Coûts des mesures	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(1 343 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 343 \$)
2016	(1 308 \$)	(187 500 \$)	0 \$	0 \$	(188 808 \$)
2017	(1 265 \$)	(60 096 \$)	0 \$	0 \$	(61 361 \$)
2018	0 \$	(1 093 466 \$)	0 \$	0 \$	(1 093 466 \$)
2019	0 \$	(12 309 \$)	0 \$	0 \$	(12 309 \$)
2020	0 \$	(11 836 \$)	0 \$	0 \$	(11 836 \$)
2021	0 \$	(11 381 \$)	0 \$	0 \$	(11 381 \$)
2022	0 \$	(10 943 \$)	0 \$	0 \$	(10 943 \$)
2023	0 \$	(10 522 \$)	0 \$	0 \$	(10 522 \$)
2024	0 \$	(10 117 \$)	0 \$	0 \$	(10 117 \$)
2025	0 \$	(9 728 \$)	0 \$	0 \$	(9 728 \$)
2026	0 \$	(9 354 \$)	0 \$	0 \$	(9 354 \$)
2027	0 \$	(8 994 \$)	0 \$	0 \$	(8 994 \$)
2028	0 \$	(8 648 \$)	0 \$	0 \$	(8 648 \$)
2029	0 \$	(8 316 \$)	0 \$	0 \$	(8 316 \$)
2030	0 \$	(7 996 \$)	0 \$	0 \$	(7 996 \$)
2031	0 \$	(7 688 \$)	0 \$	0 \$	(7 688 \$)
2032	0 \$	(7 393 \$)	0 \$	0 \$	(7 393 \$)
2033	0 \$	(7 108 \$)	0 \$	0 \$	(7 108 \$)
2034	0 \$	(6 835 \$)	0 \$	0 \$	(6 835 \$)
2035	0 \$	(6 572 \$)	0 \$	0 \$	(6 572 \$)
2036	0 \$	(6 319 \$)	0 \$	0 \$	(6 319 \$)
2037	0 \$	(6 076 \$)	0 \$	0 \$	(6 076 \$)
2038	0 \$	(5 842 \$)	0 \$	0 \$	(5 842 \$)
2039	0 \$	(5 618 \$)	0 \$	0 \$	(5 618 \$)
2040	0 \$	(5 402 \$)	0 \$	0 \$	(5 402 \$)
2041	0 \$	(5 194 \$)	0 \$	0 \$	(5 194 \$)
2042	0 \$	(4 994 \$)	0 \$	0 \$	(4 994 \$)
2043	0 \$	(4 802 \$)	0 \$	0 \$	(4 802 \$)
2044	0 \$	(4 617 \$)	0 \$	0 \$	(4 617 \$)
2045	0 \$	(4 440 \$)	0 \$	0 \$	(4 440 \$)
2046	0 \$	(4 269 \$)	0 \$	0 \$	(4 269 \$)
2047	0 \$	(4 105 \$)	0 \$	0 \$	(4 105 \$)
2048	0 \$	(3 947 \$)	0 \$	0 \$	(3 947 \$)
2049	0 \$	(3 795 \$)	0 \$	0 \$	(3 795 \$)
2050	0 \$	(3 649 \$)	0 \$	0 \$	(3 649 \$)
2051	0 \$	(3 509 \$)	0 \$	0 \$	(3 509 \$)
2052	0 \$	(3 374 \$)	0 \$	0 \$	(3 374 \$)
2053	0 \$	(3 244 \$)	0 \$	0 \$	(3 244 \$)
2054	0 \$	(3 119 \$)	0 \$	0 \$	(3 119 \$)
2055	0 \$	(2 999 \$)	0 \$	0 \$	(2 999 \$)
2056	0 \$	(2 884 \$)	0 \$	0 \$	(2 884 \$)
2057	0 \$	(2 773 \$)	0 \$	0 \$	(2 773 \$)
2058	0 \$	(2 666 \$)	0 \$	0 \$	(2 666 \$)
2059	0 \$	(2 564 \$)	0 \$	0 \$	(2 564 \$)
2060	0 \$	(2 465 \$)	0 \$	0 \$	(2 465 \$)
2061	0 \$	(2 370 \$)	0 \$	0 \$	(2 370 \$)
2062	0 \$	(2 279 \$)	0 \$	0 \$	(2 279 \$)
2063	0 \$	(2 192 \$)	0 \$	0 \$	(2 192 \$)
2064	0 \$	3 161 \$	0 \$	0 \$	3 161 \$
TOTAL	(3 916 \$)	(1 603 149 \$)	0 \$	0 \$	(1 607 065 \$)

Option d'enrochement

Année	Érosion	Coûts des mesures	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(1 343 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 343 \$)
2016	(1 308 \$)	(187 500 \$)	0 \$	0 \$	(188 808 \$)
2017	(1 265 \$)	(60 096 \$)	0 \$	0 \$	(61 361 \$)
2018	0 \$	(1 093 466 \$)	0 \$	0 \$	(1 093 466 \$)
2019	0 \$	(26 670 \$)	0 \$	0 \$	(26 670 \$)
2020	0 \$	(25 644 \$)	0 \$	0 \$	(25 644 \$)
2021	0 \$	(24 658 \$)	0 \$	0 \$	(24 658 \$)
2022	0 \$	(23 709 \$)	0 \$	0 \$	(23 709 \$)
2023	0 \$	(22 798 \$)	0 \$	0 \$	(22 798 \$)
2024	0 \$	(21 921 \$)	0 \$	0 \$	(21 921 \$)
2025	0 \$	(21 078 \$)	0 \$	0 \$	(21 078 \$)
2026	0 \$	(20 267 \$)	0 \$	0 \$	(20 267 \$)
2027	0 \$	(19 487 \$)	0 \$	0 \$	(19 487 \$)
2028	0 \$	(18 738 \$)	0 \$	0 \$	(18 738 \$)
2029	0 \$	(18 017 \$)	0 \$	0 \$	(18 017 \$)
2030	0 \$	(17 324 \$)	0 \$	0 \$	(17 324 \$)
2031	0 \$	(16 658 \$)	0 \$	0 \$	(16 658 \$)
2032	0 \$	(16 017 \$)	0 \$	0 \$	(16 017 \$)
2033	0 \$	(15 401 \$)	0 \$	0 \$	(15 401 \$)
2034	0 \$	(14 809 \$)	0 \$	0 \$	(14 809 \$)
2035	0 \$	(14 239 \$)	0 \$	0 \$	(14 239 \$)
2036	0 \$	(13 692 \$)	0 \$	0 \$	(13 692 \$)
2037	0 \$	(13 165 \$)	0 \$	0 \$	(13 165 \$)
2038	0 \$	(12 659 \$)	0 \$	0 \$	(12 659 \$)
2039	0 \$	(12 172 \$)	0 \$	0 \$	(12 172 \$)
2040	0 \$	(11 704 \$)	0 \$	0 \$	(11 704 \$)
2041	0 \$	(11 254 \$)	0 \$	0 \$	(11 254 \$)
2042	0 \$	(10 821 \$)	0 \$	0 \$	(10 821 \$)
2043	0 \$	(10 404 \$)	0 \$	0 \$	(10 404 \$)
2044	0 \$	(10 004 \$)	0 \$	0 \$	(10 004 \$)
2045	0 \$	(9 620 \$)	0 \$	0 \$	(9 620 \$)
2046	0 \$	(9 250 \$)	0 \$	0 \$	(9 250 \$)
2047	0 \$	(8 894 \$)	0 \$	0 \$	(8 894 \$)
2048	0 \$	(8 552 \$)	0 \$	0 \$	(8 552 \$)
2049	0 \$	(8 223 \$)	0 \$	0 \$	(8 223 \$)
2050	0 \$	(7 907 \$)	0 \$	0 \$	(7 907 \$)
2051	0 \$	(7 602 \$)	0 \$	0 \$	(7 602 \$)
2052	0 \$	(7 310 \$)	0 \$	0 \$	(7 310 \$)
2053	0 \$	(7 029 \$)	0 \$	0 \$	(7 029 \$)
2054	0 \$	(6 759 \$)	0 \$	0 \$	(6 759 \$)
2055	0 \$	(6 499 \$)	0 \$	0 \$	(6 499 \$)
2056	0 \$	(6 249 \$)	0 \$	0 \$	(6 249 \$)
2057	0 \$	(6 008 \$)	0 \$	0 \$	(6 008 \$)
2058	0 \$	(5 777 \$)	0 \$	0 \$	(5 777 \$)
2059	0 \$	(5 555 \$)	0 \$	0 \$	(5 555 \$)
2060	0 \$	(5 341 \$)	0 \$	0 \$	(5 341 \$)
2061	0 \$	(5 136 \$)	0 \$	0 \$	(5 136 \$)
2062	0 \$	(4 938 \$)	0 \$	0 \$	(4 938 \$)
2063	0 \$	(4 748 \$)	0 \$	0 \$	(4 748 \$)
2064	0 \$	13 171 \$	0 \$	0 \$	13 171 \$
TOTAL	(3 916 \$)	(1 902 596 \$)	0 \$	0 \$	(1 906 512 \$)

Option de relocalisation stratégique

Année	Érosion	Coûts des mesures	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(1 343 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 343 \$)
2016	(1 308 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 308 \$)
2017	(1 265 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 265 \$)
2018	(1 226 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 226 \$)
2019	(1 193 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 193 \$)
2020	(1 163 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 163 \$)
2021	(1 162 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 162 \$)
2022	(1 146 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 146 \$)
2023	(1 116 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 116 \$)
2024	(1 104 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 104 \$)
2025	(1 150 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 150 \$)
2026	(1 129 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 129 \$)
2027	(1 089 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 089 \$)
2028	(1 051 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 051 \$)
2029	(1 013 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 013 \$)
2030	(977 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(977 \$)
2031	(944 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(944 \$)
2032	(912 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(912 \$)
2033	(878 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(878 \$)
2034	(847 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(847 \$)
2035	(817 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(817 \$)
2036	(788 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(788 \$)
2037	(762 \$)	(19 979 \$)	0 \$	0 \$	(20 741 \$)
2038	(695 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(695 \$)
2039	(669 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(669 \$)
2040	(645 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(645 \$)
2041	(621 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(621 \$)
2042	(599 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(599 \$)
2043	(577 \$)	(37 617 \$)	(3 147 \$)	(2 934 \$)	(44 274 \$)
2044	(510 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(510 \$)
2045	(492 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(492 \$)
2046	(474 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(474 \$)
2047	(457 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(457 \$)
2048	(441 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(441 \$)
2049	(424 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(424 \$)
2050	(410 \$)	(37 006 \$)	(2 954 \$)	(2 229 \$)	(42 599 \$)
2051	(349 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(349 \$)
2052	(336 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(336 \$)
2053	(322 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(322 \$)
2054	(312 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(312 \$)
2055	(301 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(301 \$)
2056	(289 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(289 \$)
2057	(279 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(279 \$)
2058	(269 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(269 \$)
2059	(258 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(258 \$)
2060	(249 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(249 \$)
2061	(240 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(240 \$)
2062	(232 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(232 \$)
2063	(223 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(223 \$)
2064	(213 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(213 \$)
TOTAL	(35 270 \$)	(94 602 \$)	(6 100 \$)	(5 163 \$)	(141 135 \$)



ANNEXE F

COÛTS ANNUELS DES DIFFÉRENTES OPTIONS

POUR LA PÉRIODE 2015-2064 POUR LE

SECTEUR BERTHELOT-ÉPERLAN

SEGMENT RUE BERTHELOT

Option de non-intervention

Année	Érosion	Coûts des mesures	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(1 317 \$)	(2 400 \$)	0 \$	0 \$	(3 717 \$)
2016	(1 269 \$)	(2 308 \$)	0 \$	0 \$	(3 577 \$)
2017	(1 219 \$)	(2 219 \$)	0 \$	0 \$	(3 438 \$)
2018	(1 172 \$)	(2 134 \$)	0 \$	0 \$	(3 306 \$)
2019	(1 127 \$)	(2 052 \$)	0 \$	0 \$	(3 178 \$)
2020	(1 083 \$)	(1 973 \$)	0 \$	0 \$	(3 056 \$)
2021	(1 042 \$)	(1 897 \$)	0 \$	0 \$	(2 938 \$)
2022	(1 002 \$)	(1 824 \$)	0 \$	0 \$	(2 825 \$)
2023	(963 \$)	(1 754 \$)	0 \$	0 \$	(2 717 \$)
2024	(926 \$)	(1 686 \$)	0 \$	0 \$	(2 613 \$)
2025	(891 \$)	(1 621 \$)	0 \$	0 \$	(2 513 \$)
2026	(857 \$)	(1 559 \$)	0 \$	0 \$	(2 416 \$)
2027	(825 \$)	(1 499 \$)	0 \$	0 \$	(2 324 \$)
2028	(58 052 \$)	(7 899 \$)	0 \$	(5 283 \$)	(71 235 \$)
2029	(643 \$)	(1 386 \$)	0 \$	0 \$	(2 029 \$)
2030	(619 \$)	(1 333 \$)	0 \$	0 \$	(1 952 \$)
2031	(596 \$)	(1 281 \$)	0 \$	0 \$	(1 877 \$)
2032	(573 \$)	(1 232 \$)	0 \$	0 \$	(1 805 \$)
2033	(551 \$)	(1 185 \$)	0 \$	0 \$	(1 735 \$)
2034	(530 \$)	(1 139 \$)	0 \$	0 \$	(1 669 \$)
2035	(510 \$)	(1 095 \$)	0 \$	0 \$	(1 606 \$)
2036	(491 \$)	(1 053 \$)	0 \$	0 \$	(1 544 \$)
2037	(471 \$)	(1 013 \$)	0 \$	0 \$	(1 483 \$)
2038	(453 \$)	(974 \$)	0 \$	0 \$	(1 427 \$)
2039	(435 \$)	(936 \$)	0 \$	0 \$	(1 371 \$)
2040	(16 654 \$)	(9 648 \$)	0 \$	(3 300 \$)	(29 602 \$)
2041	(328 \$)	(866 \$)	0 \$	0 \$	(1 193 \$)
2042	(315 \$)	(832 \$)	0 \$	0 \$	(1 147 \$)
2043	(303 \$)	(800 \$)	0 \$	0 \$	(1 103 \$)
2044	(291 \$)	(770 \$)	0 \$	0 \$	(1 061 \$)
2045	(280 \$)	(740 \$)	0 \$	0 \$	(1 020 \$)
2046	(269 \$)	(712 \$)	0 \$	0 \$	(980 \$)
2047	(259 \$)	(684 \$)	0 \$	0 \$	(943 \$)
2048	(249 \$)	(658 \$)	0 \$	0 \$	(906 \$)
2049	(239 \$)	(633 \$)	0 \$	0 \$	(871 \$)
2050	(15 225 \$)	(2 923 \$)	0 \$	(2 229 \$)	(20 378 \$)
2051	(183 \$)	(585 \$)	0 \$	0 \$	(768 \$)
2052	(175 \$)	(562 \$)	0 \$	0 \$	(738 \$)
2053	(169 \$)	(541 \$)	0 \$	0 \$	(710 \$)
2054	(162 \$)	(520 \$)	0 \$	0 \$	(682 \$)
2055	(157 \$)	(500 \$)	0 \$	0 \$	(657 \$)
2056	(150 \$)	(481 \$)	0 \$	0 \$	(631 \$)
2057	(144 \$)	(462 \$)	0 \$	0 \$	(606 \$)
2058	(139 \$)	(444 \$)	0 \$	0 \$	(583 \$)
2059	(134 \$)	(427 \$)	0 \$	0 \$	(561 \$)
2060	(129 \$)	(411 \$)	0 \$	0 \$	(539 \$)
2061	(123 \$)	(395 \$)	0 \$	0 \$	(519 \$)
2062	(120 \$)	(380 \$)	0 \$	0 \$	(500 \$)
2063	(114 \$)	(365 \$)	0 \$	0 \$	(479 \$)
2064	(110 \$)	(351 \$)	0 \$	0 \$	(461 \$)
TOTAL	(114 037 \$)	(71 140 \$)	0 \$	(10 813 \$)	(195 990 \$)

Option d'enrochement

Année	Érosion	Coûts des mesures	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(1 317 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 317 \$)
2016	(1 269 \$)	(201 923 \$)	0 \$	0 \$	(203 192 \$)
2017	(1 219 \$)	(64 719 \$)	0 \$	0 \$	(65 938 \$)
2018	0 \$	(1 349 496 \$)	0 \$	0 \$	(1 349 496 \$)
2019	0 \$	(29 337 \$)	0 \$	0 \$	(29 337 \$)
2020	0 \$	(28 209 \$)	0 \$	0 \$	(28 209 \$)
2021	0 \$	(27 124 \$)	0 \$	0 \$	(27 124 \$)
2022	0 \$	(26 080 \$)	0 \$	0 \$	(26 080 \$)
2023	0 \$	(25 077 \$)	0 \$	0 \$	(25 077 \$)
2024	0 \$	(24 113 \$)	0 \$	0 \$	(24 113 \$)
2025	0 \$	(23 185 \$)	0 \$	0 \$	(23 185 \$)
2026	0 \$	(22 294 \$)	0 \$	0 \$	(22 294 \$)
2027	0 \$	(21 436 \$)	0 \$	0 \$	(21 436 \$)
2028	0 \$	(20 612 \$)	0 \$	0 \$	(20 612 \$)
2029	0 \$	(19 819 \$)	0 \$	0 \$	(19 819 \$)
2030	0 \$	(19 057 \$)	0 \$	0 \$	(19 057 \$)
2031	0 \$	(18 324 \$)	0 \$	0 \$	(18 324 \$)
2032	0 \$	(17 619 \$)	0 \$	0 \$	(17 619 \$)
2033	0 \$	(16 941 \$)	0 \$	0 \$	(16 941 \$)
2034	0 \$	(16 290 \$)	0 \$	0 \$	(16 290 \$)
2035	0 \$	(15 663 \$)	0 \$	0 \$	(15 663 \$)
2036	0 \$	(15 061 \$)	0 \$	0 \$	(15 061 \$)
2037	0 \$	(14 482 \$)	0 \$	0 \$	(14 482 \$)
2038	0 \$	(13 925 \$)	0 \$	0 \$	(13 925 \$)
2039	0 \$	(13 389 \$)	0 \$	0 \$	(13 389 \$)
2040	0 \$	(12 874 \$)	0 \$	0 \$	(12 874 \$)
2041	0 \$	(12 379 \$)	0 \$	0 \$	(12 379 \$)
2042	0 \$	(11 903 \$)	0 \$	0 \$	(11 903 \$)
2043	0 \$	(11 445 \$)	0 \$	0 \$	(11 445 \$)
2044	0 \$	(11 005 \$)	0 \$	0 \$	(11 005 \$)
2045	0 \$	(10 581 \$)	0 \$	0 \$	(10 581 \$)
2046	0 \$	(10 175 \$)	0 \$	0 \$	(10 175 \$)
2047	0 \$	(9 783 \$)	0 \$	0 \$	(9 783 \$)
2048	0 \$	(9 407 \$)	0 \$	0 \$	(9 407 \$)
2049	0 \$	(9 045 \$)	0 \$	0 \$	(9 045 \$)
2050	0 \$	(8 697 \$)	0 \$	0 \$	(8 697 \$)
2051	0 \$	(8 363 \$)	0 \$	0 \$	(8 363 \$)
2052	0 \$	(8 041 \$)	0 \$	0 \$	(8 041 \$)
2053	0 \$	(7 732 \$)	0 \$	0 \$	(7 732 \$)
2054	0 \$	(7 434 \$)	0 \$	0 \$	(7 434 \$)
2055	0 \$	(7 148 \$)	0 \$	0 \$	(7 148 \$)
2056	0 \$	(6 874 \$)	0 \$	0 \$	(6 874 \$)
2057	0 \$	(6 609 \$)	0 \$	0 \$	(6 609 \$)
2058	0 \$	(6 355 \$)	0 \$	0 \$	(6 355 \$)
2059	0 \$	(6 111 \$)	0 \$	0 \$	(6 111 \$)
2060	0 \$	(5 876 \$)	0 \$	0 \$	(5 876 \$)
2061	0 \$	(5 650 \$)	0 \$	0 \$	(5 650 \$)
2062	0 \$	(5 432 \$)	0 \$	0 \$	(5 432 \$)
2063	0 \$	(5 223 \$)	0 \$	0 \$	(5 223 \$)
2064	0 \$	9 465 \$	0 \$	0 \$	9 465 \$
TOTAL	(3 806 \$)	(2 238 849 \$)	0 \$	0 \$	(2 242 655 \$)

Option de relocalisation stratégique

Année	Érosion	Coûts des mesures	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(1 317 \$)	(108 571 \$)	(24 003 \$)	(8 797 \$)	(142 689 \$)
2016	(1 269 \$)	(2 308 \$)	0 \$	0 \$	(3 577 \$)
2017	(1 219 \$)	(129 351 \$)	(27 452 \$)	(8 134 \$)	(166 156 \$)
2018	(1 172 \$)	(2 134 \$)	0 \$	0 \$	(3 306 \$)
2019	(1 127 \$)	(2 052 \$)	0 \$	0 \$	(3 178 \$)
2020	(1 083 \$)	(1 973 \$)	0 \$	0 \$	(3 056 \$)
2021	(1 042 \$)	(1 897 \$)	0 \$	0 \$	(2 938 \$)
2022	(1 002 \$)	(1 824 \$)	0 \$	0 \$	(2 825 \$)
2023	(963 \$)	(1 754 \$)	0 \$	0 \$	(2 717 \$)
2024	(926 \$)	(1 686 \$)	0 \$	0 \$	(2 613 \$)
2025	(891 \$)	(1 621 \$)	0 \$	0 \$	(2 513 \$)
2026	(857 \$)	(1 559 \$)	0 \$	0 \$	(2 416 \$)
2027	(825 \$)	(64 137 \$)	(16 359 \$)	(5 495 \$)	(86 816 \$)
2028	(669 \$)	(1 441 \$)	0 \$	0 \$	(2 110 \$)
2029	(643 \$)	(1 386 \$)	0 \$	0 \$	(2 029 \$)
2030	(619 \$)	(1 333 \$)	0 \$	0 \$	(1 952 \$)
2031	(596 \$)	(1 281 \$)	0 \$	0 \$	(1 877 \$)
2032	(573 \$)	(1 232 \$)	0 \$	0 \$	(1 805 \$)
2033	(551 \$)	(1 185 \$)	0 \$	0 \$	(1 735 \$)
2034	(530 \$)	(1 139 \$)	0 \$	0 \$	(1 669 \$)
2035	(510 \$)	(1 095 \$)	0 \$	0 \$	(1 606 \$)
2036	(491 \$)	(1 053 \$)	0 \$	0 \$	(1 544 \$)
2037	(471 \$)	(1 013 \$)	0 \$	0 \$	(1 483 \$)
2038	(453 \$)	(974 \$)	0 \$	0 \$	(1 427 \$)
2039	(435 \$)	(936 \$)	0 \$	0 \$	(1 371 \$)
2040	(341 \$)	(900 \$)	0 \$	0 \$	(1 241 \$)
2041	(328 \$)	(866 \$)	0 \$	0 \$	(1 193 \$)
2042	(315 \$)	(832 \$)	0 \$	0 \$	(1 147 \$)
2043	(303 \$)	(800 \$)	0 \$	0 \$	(1 103 \$)
2044	(291 \$)	(37 041 \$)	(11 945 \$)	(2 821 \$)	(52 098 \$)
2045	(280 \$)	(740 \$)	0 \$	0 \$	(1 020 \$)
2046	(269 \$)	(712 \$)	0 \$	0 \$	(980 \$)
2047	(259 \$)	(684 \$)	0 \$	0 \$	(943 \$)
2048	(249 \$)	(658 \$)	0 \$	0 \$	(906 \$)
2049	(239 \$)	(633 \$)	0 \$	0 \$	(871 \$)
2050	(190 \$)	(28 431 \$)	(3 417 \$)	(2 229 \$)	(34 267 \$)
2051	(183 \$)	(25 265 \$)	(1 534 \$)	(2 144 \$)	(29 126 \$)
2052	(175 \$)	(562 \$)	0 \$	0 \$	(738 \$)
2053	(169 \$)	(541 \$)	0 \$	0 \$	(710 \$)
2054	(162 \$)	(26 993 \$)	(5 061 \$)	(1 906 \$)	(34 122 \$)
2055	(157 \$)	(500 \$)	0 \$	0 \$	(657 \$)
2056	(150 \$)	(481 \$)	0 \$	0 \$	(631 \$)
2057	(144 \$)	(462 \$)	0 \$	0 \$	(606 \$)
2058	(139 \$)	(444 \$)	0 \$	0 \$	(583 \$)
2059	(134 \$)	(427 \$)	0 \$	0 \$	(561 \$)
2060	(129 \$)	(411 \$)	0 \$	0 \$	(539 \$)
2061	(123 \$)	(395 \$)	0 \$	0 \$	(519 \$)
2062	(120 \$)	(380 \$)	0 \$	0 \$	(500 \$)
2063	(114 \$)	(365 \$)	0 \$	0 \$	(479 \$)
2064	(110 \$)	(351 \$)	0 \$	0 \$	(461 \$)
TOTAL	(25 305 \$)	(464 809 \$)	(89 771 \$)	(31 525 \$)	(611 410 \$)

SEGMENT RUISSEAU DE L'ÉPERLAN

Option de non-intervention

Année	Érosion	Coûts des mesures	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(2 401 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 401 \$)
2016	(2 309 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 309 \$)
2017	(2 216 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 216 \$)
2018	(2 134 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 134 \$)
2019	(2 054 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 054 \$)
2020	(1 974 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 974 \$)
2021	(1 913 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 913 \$)
2022	(1 844 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 844 \$)
2023	(1 778 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 778 \$)
2024	(1 712 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 712 \$)
2025	(1 646 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 646 \$)
2026	(1 582 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 582 \$)
2027	(1 519 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 519 \$)
2028	(1 463 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 463 \$)
2029	(1 397 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 397 \$)
2030	(1 344 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 344 \$)
2031	(1 292 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 292 \$)
2032	(1 237 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 237 \$)
2033	(1 198 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 198 \$)
2034	(22 982 \$)	(5 042 \$)	0 \$	(4 176 \$)	(32 200 \$)
2035	(1 068 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 068 \$)
2036	(1 035 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 035 \$)
2037	(999 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(999 \$)
2038	(17 132 \$)	(3 771 \$)	0 \$	0 \$	(20 903 \$)
2039	(938 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(938 \$)
2040	(906 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(906 \$)
2041	(876 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(876 \$)
2042	(841 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(841 \$)
2043	(816 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(816 \$)
2044	(782 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(782 \$)
2045	(100 780 \$)	(7 353 \$)	0 \$	(2 712 \$)	(110 845 \$)
2046	(678 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(678 \$)
2047	(652 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(652 \$)
2048	(629 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(629 \$)
2049	(604 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(604 \$)
2050	(580 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(580 \$)
2051	(40 029 \$)	(1 763 \$)	0 \$	0 \$	(41 791 \$)
2052	(536 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(536 \$)
2053	(517 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(517 \$)
2054	(19 014 \$)	(2 734 \$)	0 \$	(1 906 \$)	(23 653 \$)
2055	(460 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(460 \$)
2056	(444 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(444 \$)
2057	(426 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(426 \$)
2058	(410 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(410 \$)
2059	(395 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(395 \$)
2060	(377 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(377 \$)
2061	(365 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(365 \$)
2062	(16 225 \$)	(2 302 \$)	0 \$	(1 392 \$)	(19 919 \$)
2063	(326 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(326 \$)
2064	(313 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(313 \$)
TOTAL	(265 144 \$)	(22 965 \$)	0 \$	(10 186 \$)	(298 294 \$)

Option de recharge de plage

Année	Érosion	Coûts des mesures	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(2 401 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 401 \$)
2016	(2 309 \$)	(187 500 \$)	0 \$	0 \$	(189 809 \$)
2017	(2 216 \$)	(60 096 \$)	0 \$	0 \$	(62 313 \$)
2018	0 \$	(1 109 467 \$)	0 \$	0 \$	(1 109 467 \$)
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 \$	(112 608 \$)	0 \$	0 \$	(112 608 \$)
2030	0 \$	(36 092 \$)	0 \$	0 \$	(36 092 \$)
2031	0 \$	(666 317 \$)	0 \$	0 \$	(666 317 \$)
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 \$	(67 629 \$)	0 \$	0 \$	(67 629 \$)
2043	0 \$	(21 676 \$)	0 \$	0 \$	(21 676 \$)
2044	0 \$	(400 173 \$)	0 \$	0 \$	(400 173 \$)
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 \$	(40 616 \$)	0 \$	0 \$	(40 616 \$)
2056	0 \$	(13 018 \$)	0 \$	0 \$	(13 018 \$)
2057	0 \$	(240 334 \$)	0 \$	0 \$	(240 334 \$)
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 \$
TOTAL	(6 926 \$)	(2 955 527 \$)	0 \$	0 \$	(2 962 453 \$)

Option de recharge de plage avec épis

Année	Érosion	Coûts des mesures	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(2 401 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 401 \$)
2016	(2 309 \$)	(302 885 \$)	0 \$	0 \$	(305 194 \$)
2017	(2 216 \$)	(97 078 \$)	0 \$	0 \$	(99 295 \$)
2018	0 \$	(1 792 217 \$)	0 \$	0 \$	(1 792 217 \$)
2019	0 \$	(32 824 \$)	0 \$	0 \$	(32 824 \$)
2020	0 \$	(31 562 \$)	0 \$	0 \$	(31 562 \$)
2021	0 \$	(30 348 \$)	0 \$	0 \$	(30 348 \$)
2022	0 \$	(29 181 \$)	0 \$	0 \$	(29 181 \$)
2023	0 \$	(28 059 \$)	0 \$	0 \$	(28 059 \$)
2024	0 \$	(26 979 \$)	0 \$	0 \$	(26 979 \$)
2025	0 \$	(25 942 \$)	0 \$	0 \$	(25 942 \$)
2026	0 \$	(24 944 \$)	0 \$	0 \$	(24 944 \$)
2027	0 \$	(23 985 \$)	0 \$	0 \$	(23 985 \$)
2028	0 \$	(23 062 \$)	0 \$	0 \$	(23 062 \$)
2029	0 \$	(22 175 \$)	0 \$	0 \$	(22 175 \$)
2030	0 \$	(21 322 \$)	0 \$	0 \$	(21 322 \$)
2031	0 \$	(20 502 \$)	0 \$	0 \$	(20 502 \$)
2032	0 \$	(19 714 \$)	0 \$	0 \$	(19 714 \$)
2033	0 \$	(18 955 \$)	0 \$	0 \$	(18 955 \$)
2034	0 \$	(18 226 \$)	0 \$	0 \$	(18 226 \$)
2035	0 \$	(17 525 \$)	0 \$	0 \$	(17 525 \$)
2036	0 \$	(16 851 \$)	0 \$	0 \$	(16 851 \$)
2037	0 \$	(16 203 \$)	0 \$	0 \$	(16 203 \$)
2038	0 \$	(15 580 \$)	0 \$	0 \$	(15 580 \$)
2039	0 \$	(14 981 \$)	0 \$	0 \$	(14 981 \$)
2040	0 \$	(14 404 \$)	0 \$	0 \$	(14 404 \$)
2041	0 \$	(13 850 \$)	0 \$	0 \$	(13 850 \$)
2042	0 \$	(13 318 \$)	0 \$	0 \$	(13 318 \$)
2043	0 \$	(12 806 \$)	0 \$	0 \$	(12 806 \$)
2044	0 \$	(12 313 \$)	0 \$	0 \$	(12 313 \$)
2045	0 \$	(11 839 \$)	0 \$	0 \$	(11 839 \$)
2046	0 \$	(11 384 \$)	0 \$	0 \$	(11 384 \$)
2047	0 \$	(10 946 \$)	0 \$	0 \$	(10 946 \$)
2048	0 \$	(10 525 \$)	0 \$	0 \$	(10 525 \$)
2049	0 \$	(10 120 \$)	0 \$	0 \$	(10 120 \$)
2050	0 \$	(9 731 \$)	0 \$	0 \$	(9 731 \$)
2051	0 \$	(9 357 \$)	0 \$	0 \$	(9 357 \$)
2052	0 \$	(8 997 \$)	0 \$	0 \$	(8 997 \$)
2053	0 \$	(8 651 \$)	0 \$	0 \$	(8 651 \$)
2054	0 \$	(8 318 \$)	0 \$	0 \$	(8 318 \$)
2055	0 \$	(7 998 \$)	0 \$	0 \$	(7 998 \$)
2056	0 \$	(7 691 \$)	0 \$	0 \$	(7 691 \$)
2057	0 \$	(7 395 \$)	0 \$	0 \$	(7 395 \$)
2058	0 \$	(7 110 \$)	0 \$	0 \$	(7 110 \$)
2059	0 \$	(6 837 \$)	0 \$	0 \$	(6 837 \$)
2060	0 \$	(6 574 \$)	0 \$	0 \$	(6 574 \$)
2061	0 \$	(6 321 \$)	0 \$	0 \$	(6 321 \$)
2062	0 \$	(6 078 \$)	0 \$	0 \$	(6 078 \$)
2063	0 \$	(5 844 \$)	0 \$	0 \$	(5 844 \$)
2064	0 \$	9 834 \$	0 \$	0 \$	9 834 \$
TOTAL	(6 926 \$)	(2 889 675 \$)	0 \$	0 \$	(2 896 601 \$)

Option d'enrochement

Année	Érosion	Coûts des mesures	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(2 401 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 401 \$)
2016	(2 309 \$)	(288 462 \$)	0 \$	0 \$	(290 770 \$)
2017	(2 216 \$)	(92 456 \$)	0 \$	0 \$	(94 672 \$)
2018	0 \$	(1 706 873 \$)	0 \$	0 \$	(1 706 873 \$)
2019	0 \$	(41 031 \$)	0 \$	0 \$	(41 031 \$)
2020	0 \$	(39 453 \$)	0 \$	0 \$	(39 453 \$)
2021	0 \$	(37 935 \$)	0 \$	0 \$	(37 935 \$)
2022	0 \$	(36 476 \$)	0 \$	0 \$	(36 476 \$)
2023	0 \$	(35 073 \$)	0 \$	0 \$	(35 073 \$)
2024	0 \$	(33 724 \$)	0 \$	0 \$	(33 724 \$)
2025	0 \$	(32 427 \$)	0 \$	0 \$	(32 427 \$)
2026	0 \$	(31 180 \$)	0 \$	0 \$	(31 180 \$)
2027	0 \$	(29 981 \$)	0 \$	0 \$	(29 981 \$)
2028	0 \$	(28 828 \$)	0 \$	0 \$	(28 828 \$)
2029	0 \$	(27 719 \$)	0 \$	0 \$	(27 719 \$)
2030	0 \$	(26 653 \$)	0 \$	0 \$	(26 653 \$)
2031	0 \$	(25 628 \$)	0 \$	0 \$	(25 628 \$)
2032	0 \$	(24 642 \$)	0 \$	0 \$	(24 642 \$)
2033	0 \$	(23 694 \$)	0 \$	0 \$	(23 694 \$)
2034	0 \$	(22 783 \$)	0 \$	0 \$	(22 783 \$)
2035	0 \$	(21 907 \$)	0 \$	0 \$	(21 907 \$)
2036	0 \$	(21 064 \$)	0 \$	0 \$	(21 064 \$)
2037	0 \$	(20 254 \$)	0 \$	0 \$	(20 254 \$)
2038	0 \$	(19 475 \$)	0 \$	0 \$	(19 475 \$)
2039	0 \$	(18 726 \$)	0 \$	0 \$	(18 726 \$)
2040	0 \$	(18 006 \$)	0 \$	0 \$	(18 006 \$)
2041	0 \$	(17 313 \$)	0 \$	0 \$	(17 313 \$)
2042	0 \$	(16 647 \$)	0 \$	0 \$	(16 647 \$)
2043	0 \$	(16 007 \$)	0 \$	0 \$	(16 007 \$)
2044	0 \$	(15 391 \$)	0 \$	0 \$	(15 391 \$)
2045	0 \$	(14 799 \$)	0 \$	0 \$	(14 799 \$)
2046	0 \$	(14 230 \$)	0 \$	0 \$	(14 230 \$)
2047	0 \$	(13 683 \$)	0 \$	0 \$	(13 683 \$)
2048	0 \$	(13 157 \$)	0 \$	0 \$	(13 157 \$)
2049	0 \$	(12 651 \$)	0 \$	0 \$	(12 651 \$)
2050	0 \$	(12 164 \$)	0 \$	0 \$	(12 164 \$)
2051	0 \$	(11 696 \$)	0 \$	0 \$	(11 696 \$)
2052	0 \$	(11 246 \$)	0 \$	0 \$	(11 246 \$)
2053	0 \$	(10 814 \$)	0 \$	0 \$	(10 814 \$)
2054	0 \$	(10 398 \$)	0 \$	0 \$	(10 398 \$)
2055	0 \$	(9 998 \$)	0 \$	0 \$	(9 998 \$)
2056	0 \$	(9 613 \$)	0 \$	0 \$	(9 613 \$)
2057	0 \$	(9 244 \$)	0 \$	0 \$	(9 244 \$)
2058	0 \$	(8 888 \$)	0 \$	0 \$	(8 888 \$)
2059	0 \$	(8 546 \$)	0 \$	0 \$	(8 546 \$)
2060	0 \$	(8 218 \$)	0 \$	0 \$	(8 218 \$)
2061	0 \$	(7 901 \$)	0 \$	0 \$	(7 901 \$)
2062	0 \$	(7 598 \$)	0 \$	0 \$	(7 598 \$)
2063	0 \$	(7 305 \$)	0 \$	0 \$	(7 305 \$)
2064	0 \$	14 049 \$	0 \$	0 \$	14 049 \$
TOTAL	(6 926 \$)	(2 957 903 \$)	0 \$	0 \$	(2 964 830 \$)

Option de relocalisation stratégique

Année	Érosion	Coûts des mesures	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(2 401 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 401 \$)
2016	(2 309 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 309 \$)
2017	(2 216 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 216 \$)
2018	(2 134 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 134 \$)
2019	(2 054 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 054 \$)
2020	(1 974 \$)	(93 694 \$)	(5 075 \$)	(7 231 \$)	(107 974 \$)
2021	(1 853 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 853 \$)
2022	(1 787 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 787 \$)
2023	(1 724 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 724 \$)
2024	(1 659 \$)	(133 487 \$)	(17 117 \$)	(6 181 \$)	(158 444 \$)
2025	(1 431 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 431 \$)
2026	(1 374 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 374 \$)
2027	(1 320 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 320 \$)
2028	(1 267 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 267 \$)
2029	(1 216 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 216 \$)
2030	(1 166 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 166 \$)
2031	(1 120 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 120 \$)
2032	(1 074 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 074 \$)
2033	(1 032 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 032 \$)
2034	(995 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(995 \$)
2035	(960 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(960 \$)
2036	(926 \$)	(70 344 \$)	(12 151 \$)	(3 861 \$)	(87 282 \$)
2037	(827 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(827 \$)
2038	(802 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(802 \$)
2039	(780 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(780 \$)
2040	(753 \$)	(45 150 \$)	(2 831 \$)	(3 300 \$)	(52 034 \$)
2041	(699 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(699 \$)
2042	(673 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(673 \$)
2043	(650 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(650 \$)
2044	(627 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(627 \$)
2045	(605 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(605 \$)
2046	(583 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(583 \$)
2047	(561 \$)	(74 773 \$)	(18 430 \$)	(5 015 \$)	(98 780 \$)
2048	(424 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(424 \$)
2049	(406 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(406 \$)
2050	(391 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(391 \$)
2051	(377 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(377 \$)
2052	(361 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(361 \$)
2053	(348 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(348 \$)
2054	(336 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(336 \$)
2055	(322 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(322 \$)
2056	(311 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(311 \$)
2057	(298 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(298 \$)
2058	(287 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(287 \$)
2059	(276 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(276 \$)
2060	(264 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(264 \$)
2061	(256 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(256 \$)
2062	(246 \$)	(7 259 \$)	(2 163 \$)	0 \$	(9 669 \$)
2063	(226 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(226 \$)
2064	(218 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(218 \$)
TOTAL	(46 904 \$)	(424 706 \$)	(57 768 \$)	(25 588 \$)	(554 966 \$)



ANNEXE G

COÛTS ANNUELS DES DIFFÉRENTES OPTIONS

POUR LA PÉRIODE 2015-2064 POUR LE

SECTEUR CARLENTON EST

SEGMENT PLAGE MUNICIPALE

Option de non-intervention

Année	Submersion	Coûts des mesures	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(159 428 \$)	0 \$	0 \$	(159 428 \$)
2016	(153 296 \$)	(158 654 \$)	0 \$	(311 950 \$)
2017	(147 400 \$)	(50 851 \$)	0 \$	(198 251 \$)
2018	(141 731 \$)	(896 108 \$)	0 \$	(1 037 839 \$)
2019	(136 280 \$)	(21 541 \$)	0 \$	(157 821 \$)
2020	(131 038 \$)	(20 713 \$)	0 \$	(151 751 \$)
2021	(125 998 \$)	(19 916 \$)	0 \$	(145 914 \$)
2022	(121 152 \$)	(19 150 \$)	0 \$	(140 302 \$)
2023	(116 493 \$)	(18 413 \$)	0 \$	(134 906 \$)
2024	(112 012 \$)	(17 705 \$)	0 \$	(129 717 \$)
2025	(107 704 \$)	(17 024 \$)	0 \$	(124 728 \$)
2026	(103 561 \$)	(16 369 \$)	0 \$	(119 931 \$)
2027	(99 578 \$)	(15 740 \$)	0 \$	(115 318 \$)
2028	(95 748 \$)	(15 134 \$)	0 \$	(110 883 \$)
2029	(92 066 \$)	(14 552 \$)	0 \$	(106 618 \$)
2030	(126 196 \$)	(13 993 \$)	0 \$	(140 188 \$)
2031	(121 342 \$)	(13 454 \$)	0 \$	(134 796 \$)
2032	(116 675 \$)	(12 937 \$)	0 \$	(129 612 \$)
2033	(112 187 \$)	(12 439 \$)	0 \$	(124 627 \$)
2034	(107 873 \$)	(11 961 \$)	0 \$	(119 834 \$)
2035	(103 724 \$)	(11 501 \$)	0 \$	(115 225 \$)
2036	(99 734 \$)	(11 059 \$)	0 \$	(110 793 \$)
2037	(95 898 \$)	(10 633 \$)	0 \$	(106 532 \$)
2038	(92 210 \$)	(10 224 \$)	0 \$	(102 434 \$)
2039	(88 663 \$)	(9 831 \$)	0 \$	(98 494 \$)
2040	(85 253 \$)	(9 453 \$)	0 \$	(94 706 \$)
2041	(81 974 \$)	(9 089 \$)	0 \$	(91 064 \$)
2042	(78 821 \$)	(8 740 \$)	0 \$	(87 561 \$)
2043	(75 790 \$)	(8 404 \$)	0 \$	(84 193 \$)
2044	(72 875 \$)	(8 080 \$)	0 \$	(80 955 \$)
2045	(70 072 \$)	(7 770 \$)	0 \$	(77 842 \$)
2046	(67 377 \$)	(7 471 \$)	0 \$	(74 848 \$)
2047	(64 785 \$)	(7 183 \$)	0 \$	(71 969 \$)
2048	(62 294 \$)	(6 907 \$)	0 \$	(69 201 \$)
2049	(59 898 \$)	(6 642 \$)	0 \$	(66 539 \$)
2050	(57 594 \$)	(6 386 \$)	0 \$	(63 980 \$)
2051	(55 379 \$)	(6 140 \$)	0 \$	(61 519 \$)
2052	(53 249 \$)	(5 904 \$)	0 \$	(59 153 \$)
2053	(51 201 \$)	(5 677 \$)	0 \$	(56 878 \$)
2054	(49 232 \$)	(5 459 \$)	0 \$	(54 690 \$)
2055	(76 460 \$)	(5 249 \$)	0 \$	(81 709 \$)
2056	(73 519 \$)	(5 047 \$)	0 \$	(78 566 \$)
2057	(70 691 \$)	(4 853 \$)	0 \$	(75 544 \$)
2058	(67 972 \$)	(4 666 \$)	0 \$	(72 639 \$)
2059	(65 358 \$)	(4 487 \$)	0 \$	(69 845 \$)
2060	(62 844 \$)	(4 314 \$)	0 \$	(67 159 \$)
2061	(60 427 \$)	(4 148 \$)	0 \$	(64 576 \$)
2062	(58 103 \$)	(3 989 \$)	0 \$	(62 092 \$)
2063	(55 868 \$)	(3 835 \$)	0 \$	(59 704 \$)
2064	(53 720 \$)	7 171 \$	0 \$	(46 549 \$)
TOTAL	(4 538 745 \$)	(1 562 627 \$)	0 \$	(6 101 372 \$)

Option de protections multiples

Année	Submersion	Coûts des mesures	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(159 428 \$)	0 \$	0 \$	(159 428 \$)
2016	(153 296 \$)	(490 385 \$)	0 \$	(643 681 \$)
2017	(147 400 \$)	(157 175 \$)	0 \$	(304 575 \$)
2018	0 \$	(3 349 738 \$)	(46 924 \$)	(3 396 663 \$)
2019	0 \$	(78 779 \$)	0 \$	(78 779 \$)
2020	0 \$	(75 749 \$)	0 \$	(75 749 \$)
2021	0 \$	(72 835 \$)	0 \$	(72 835 \$)
2022	0 \$	(70 034 \$)	0 \$	(70 034 \$)
2023	0 \$	(67 340 \$)	0 \$	(67 340 \$)
2024	0 \$	(64 750 \$)	0 \$	(64 750 \$)
2025	0 \$	(62 260 \$)	0 \$	(62 260 \$)
2026	0 \$	(59 865 \$)	0 \$	(59 865 \$)
2027	0 \$	(57 563 \$)	0 \$	(57 563 \$)
2028	0 \$	(55 349 \$)	0 \$	(55 349 \$)
2029	0 \$	(70 544 \$)	0 \$	(70 544 \$)
2030	0 \$	(56 726 \$)	0 \$	(56 726 \$)
2031	0 \$	(284 594 \$)	0 \$	(284 594 \$)
2032	0 \$	(47 312 \$)	0 \$	(47 312 \$)
2033	0 \$	(45 493 \$)	0 \$	(45 493 \$)
2034	0 \$	(43 743 \$)	0 \$	(43 743 \$)
2035	0 \$	(42 061 \$)	0 \$	(42 061 \$)
2036	0 \$	(40 443 \$)	0 \$	(40 443 \$)
2037	0 \$	(38 887 \$)	0 \$	(38 887 \$)
2038	0 \$	(37 392 \$)	0 \$	(37 392 \$)
2039	0 \$	(35 954 \$)	0 \$	(35 954 \$)
2040	0 \$	(34 571 \$)	0 \$	(34 571 \$)
2041	0 \$	(33 241 \$)	0 \$	(33 241 \$)
2042	0 \$	(42 367 \$)	0 \$	(42 367 \$)
2043	0 \$	(34 068 \$)	0 \$	(34 068 \$)
2044	0 \$	(170 920 \$)	0 \$	(170 920 \$)
2045	0 \$	(28 415 \$)	0 \$	(28 415 \$)
2046	0 \$	(27 322 \$)	0 \$	(27 322 \$)
2047	0 \$	(26 271 \$)	0 \$	(26 271 \$)
2048	0 \$	(25 261 \$)	0 \$	(25 261 \$)
2049	0 \$	(24 289 \$)	0 \$	(24 289 \$)
2050	0 \$	(23 355 \$)	0 \$	(23 355 \$)
2051	0 \$	(22 457 \$)	0 \$	(22 457 \$)
2052	0 \$	(21 593 \$)	0 \$	(21 593 \$)
2053	0 \$	(20 762 \$)	0 \$	(20 762 \$)
2054	0 \$	(26 462 \$)	0 \$	(26 462 \$)
2055	0 \$	(21 279 \$)	0 \$	(21 279 \$)
2056	0 \$	(106 756 \$)	0 \$	(106 756 \$)
2057	0 \$	(17 748 \$)	0 \$	(17 748 \$)
2058	0 \$	(17 065 \$)	0 \$	(17 065 \$)
2059	0 \$	(16 409 \$)	0 \$	(16 409 \$)
2060	0 \$	(15 778 \$)	0 \$	(15 778 \$)
2061	0 \$	(15 171 \$)	0 \$	(15 171 \$)
2062	0 \$	(14 587 \$)	0 \$	(14 587 \$)
2063	0 \$	(14 026 \$)	0 \$	(14 026 \$)
2064	0 \$	577 \$	0 \$	577 \$
TOTAL	(460 125 \$)	(6 204 566 \$)	(46 924 \$)	(6 711 615 \$)

Option d'immunisation stratégique

Année	Submersion	Coûts des mesures	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(89 906 \$)	(932 787 \$)	0 \$	(1 022 693 \$)
2016	(86 448 \$)	(158 654 \$)	0 \$	(245 102 \$)
2017	(83 124 \$)	(50 851 \$)	0 \$	(133 974 \$)
2018	(79 926 \$)	(896 108 \$)	0 \$	(976 035 \$)
2019	(76 852 \$)	(21 541 \$)	0 \$	(98 393 \$)
2020	(73 897 \$)	(20 713 \$)	0 \$	(94 609 \$)
2021	(71 054 \$)	(19 916 \$)	0 \$	(90 970 \$)
2022	(68 321 \$)	(19 150 \$)	0 \$	(87 471 \$)
2023	(65 694 \$)	(18 413 \$)	0 \$	(84 107 \$)
2024	(63 167 \$)	(17 705 \$)	0 \$	(80 872 \$)
2025	(60 738 \$)	(17 024 \$)	0 \$	(77 762 \$)
2026	(58 401 \$)	(16 369 \$)	0 \$	(74 771 \$)
2027	(56 155 \$)	(15 740 \$)	0 \$	(71 895 \$)
2028	(53 995 \$)	(15 134 \$)	0 \$	(69 130 \$)
2029	(51 919 \$)	(14 552 \$)	0 \$	(66 471 \$)
2030	(27 163 \$)	(195 676 \$)	0 \$	(222 839 \$)
2031	(26 118 \$)	(13 454 \$)	0 \$	(39 573 \$)
2032	(25 114 \$)	(12 937 \$)	0 \$	(38 051 \$)
2033	(24 148 \$)	(12 439 \$)	0 \$	(36 587 \$)
2034	(23 219 \$)	(11 961 \$)	0 \$	(35 180 \$)
2035	(22 326 \$)	(11 501 \$)	0 \$	(33 827 \$)
2036	(21 467 \$)	(11 059 \$)	0 \$	(32 526 \$)
2037	(20 642 \$)	(10 633 \$)	0 \$	(31 275 \$)
2038	(19 848 \$)	(10 224 \$)	0 \$	(30 072 \$)
2039	(19 085 \$)	(9 831 \$)	0 \$	(28 916 \$)
2040	(18 350 \$)	(9 453 \$)	0 \$	(27 803 \$)
2041	(17 645 \$)	(9 089 \$)	0 \$	(26 734 \$)
2042	(16 966 \$)	(8 740 \$)	0 \$	(25 706 \$)
2043	(16 314 \$)	(8 404 \$)	0 \$	(24 717 \$)
2044	(15 686 \$)	(8 080 \$)	0 \$	(23 766 \$)
2045	(15 083 \$)	(7 770 \$)	0 \$	(22 852 \$)
2046	(14 503 \$)	(7 471 \$)	0 \$	(21 973 \$)
2047	(13 945 \$)	(7 183 \$)	0 \$	(21 128 \$)
2048	(13 409 \$)	(6 907 \$)	0 \$	(20 316 \$)
2049	(12 893 \$)	(6 642 \$)	0 \$	(19 534 \$)
2050	(12 397 \$)	(6 386 \$)	0 \$	(18 783 \$)
2051	(11 920 \$)	(6 140 \$)	0 \$	(18 061 \$)
2052	(11 462 \$)	(5 904 \$)	0 \$	(17 366 \$)
2053	(11 021 \$)	(5 677 \$)	0 \$	(16 698 \$)
2054	(10 597 \$)	(5 459 \$)	0 \$	(16 056 \$)
2055	(3 687 \$)	(21 035 \$)	0 \$	(24 722 \$)
2056	(3 545 \$)	(5 047 \$)	0 \$	(8 592 \$)
2057	(3 409 \$)	(4 853 \$)	0 \$	(8 262 \$)
2058	(3 278 \$)	(4 666 \$)	0 \$	(7 944 \$)
2059	(3 152 \$)	(4 487 \$)	0 \$	(7 639 \$)
2060	(3 031 \$)	(4 314 \$)	0 \$	(7 345 \$)
2061	(2 914 \$)	(4 148 \$)	0 \$	(7 062 \$)
2062	(2 802 \$)	(3 989 \$)	0 \$	(6 791 \$)
2063	(2 694 \$)	(3 835 \$)	0 \$	(6 530 \$)
2064	(2 591 \$)	7 171 \$	0 \$	4 580 \$
TOTAL	(1 512 021 \$)	(2 692 883 \$)	0 \$	(4 204 905 \$)

SEGMENT PÉDONCULE

Option de non-intervention

Année	Érosion	Dommages infrastructures publiques	Coûts des mesures	Impacts économiques	Somme des coûts
2015	(877 \$)	(6 696 \$)	0 \$	0 \$	(7 574 \$)
2016	(876 \$)	(6 439 \$)	0 \$	0 \$	(7 315 \$)
2017	(870 \$)	(6 191 \$)	0 \$	0 \$	(7 062 \$)
2018	(876 \$)	(5 953 \$)	0 \$	0 \$	(6 829 \$)
2019	(877 \$)	(5 724 \$)	0 \$	0 \$	(6 601 \$)
2020	(871 \$)	(5 504 \$)	0 \$	0 \$	(6 375 \$)
2021	(868 \$)	(5 292 \$)	0 \$	0 \$	(6 161 \$)
2022	(855 \$)	(5 089 \$)	0 \$	0 \$	(5 943 \$)
2023	(835 \$)	(4 893 \$)	0 \$	0 \$	(5 728 \$)
2024	(815 \$)	(4 705 \$)	0 \$	0 \$	(5 520 \$)
2025	(795 \$)	(4 524 \$)	0 \$	0 \$	(5 319 \$)
2026	(779 \$)	(4 350 \$)	0 \$	0 \$	(5 129 \$)
2027	(765 \$)	(4 183 \$)	0 \$	0 \$	(4 948 \$)
2028	(745 \$)	(4 022 \$)	0 \$	0 \$	(4 767 \$)
2029	(721 \$)	(3 867 \$)	0 \$	0 \$	(4 588 \$)
2030	(694 \$)	(3 718 \$)	0 \$	0 \$	(4 413 \$)
2031	(669 \$)	(3 575 \$)	0 \$	0 \$	(4 244 \$)
2032	(645 \$)	(3 438 \$)	0 \$	0 \$	(4 083 \$)
2033	(623 \$)	(3 306 \$)	0 \$	0 \$	(3 929 \$)
2034	(603 \$)	(3 178 \$)	0 \$	0 \$	(3 781 \$)
2035	(580 \$)	(3 056 \$)	0 \$	0 \$	(3 636 \$)
2036	(559 \$)	(2 939 \$)	0 \$	0 \$	(3 497 \$)
2037	(538 \$)	(2 826 \$)	0 \$	0 \$	(3 363 \$)
2038	(518 \$)	(2 717 \$)	0 \$	0 \$	(3 235 \$)
2039	(498 \$)	(2 612 \$)	0 \$	0 \$	(3 110 \$)
2040	(479 \$)	(2 512 \$)	0 \$	(188 265 \$)	(191 255 \$)
2041	(461 \$)	(2 415 \$)	0 \$	(181 024 \$)	(183 900 \$)
2042	(445 \$)	(2 322 \$)	0 \$	(174 061 \$)	(176 829 \$)
2043	(430 \$)	(2 233 \$)	0 \$	(167 367 \$)	(170 030 \$)
2044	(415 \$)	(2 147 \$)	0 \$	(160 930 \$)	(163 492 \$)
2045	(400 \$)	(2 065 \$)	0 \$	(154 740 \$)	(157 204 \$)
2046	(386 \$)	(1 985 \$)	0 \$	(148 788 \$)	(151 160 \$)
2047	(372 \$)	(1 909 \$)	0 \$	(143 066 \$)	(145 347 \$)
2048	(360 \$)	(1 835 \$)	0 \$	(137 563 \$)	(139 759 \$)
2049	(345 \$)	(1 765 \$)	0 \$	(132 272 \$)	(134 383 \$)
2050	(334 \$)	(1 697 \$)	0 \$	(127 185 \$)	(129 216 \$)
2051	(321 \$)	(1 632 \$)	0 \$	(122 293 \$)	(124 246 \$)
2052	(312 \$)	(1 569 \$)	0 \$	(117 590 \$)	(119 470 \$)
2053	(296 \$)	(1 509 \$)	0 \$	(113 067 \$)	(114 871 \$)
2054	(280 \$)	(1 451 \$)	0 \$	(108 718 \$)	(110 449 \$)
2055	(265 \$)	(2 790 \$)	0 \$	(104 537 \$)	(107 591 \$)
2056	(251 \$)	(2 682 \$)	0 \$	(100 516 \$)	(103 450 \$)
2057	(237 \$)	(2 579 \$)	0 \$	(96 650 \$)	(99 466 \$)
2058	(221 \$)	(2 480 \$)	0 \$	(92 933 \$)	(95 633 \$)
2059	(212 \$)	(2 385 \$)	0 \$	(89 358 \$)	(91 955 \$)
2060	(201 \$)	(2 293 \$)	0 \$	(85 922 \$)	(88 416 \$)
2061	(195 \$)	(2 205 \$)	0 \$	(82 617 \$)	(85 017 \$)
2062	(184 \$)	(2 120 \$)	0 \$	(79 439 \$)	(81 743 \$)
2063	(177 \$)	(2 038 \$)	0 \$	(76 384 \$)	(78 600 \$)
2064	(170 \$)	(1 960 \$)	0 \$	(73 446 \$)	(75 576 \$)
TOTAL	(26 101 \$)	(161 373 \$)	0 \$	(3 058 732 \$)	(3 246 207 \$)

Option recharge de plage

Année	Érosion	Dommages infrastructures publiques	Coûts des mesures	Impacts économiques	Somme des coûts
2015	(877 \$)	(6 696 \$)	0 \$	0 \$	(7 574 \$)
2016	(876 \$)	(6 439 \$)	(187 500 \$)	0 \$	(194 815 \$)
2017	(870 \$)	(6 191 \$)	(60 096 \$)	0 \$	(67 158 \$)
2018	0 \$	0 \$	(1 137 915 \$)	0 \$	(1 137 915 \$)
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 \$	(112 608 \$)	0 \$	(112 608 \$)
2030	0 \$	0 \$	(36 092 \$)	0 \$	(36 092 \$)
2031	0 \$	0 \$	(683 402 \$)	0 \$	(683 402 \$)
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 \$	(67 629 \$)	0 \$	(67 629 \$)
2043	0 \$	0 \$	(21 676 \$)	0 \$	(21 676 \$)
2044	0 \$	0 \$	(410 434 \$)	0 \$	(410 434 \$)
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 \$	(40 616 \$)	0 \$	(40 616 \$)
2056	0 \$	0 \$	(13 018 \$)	0 \$	(13 018 \$)
2057	0 \$	0 \$	(246 496 \$)	0 \$	(246 496 \$)
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 \$
TOTAL	(2 624 \$)	(19 326 \$)	(3 017 483 \$)	0 \$	(3 039 434 \$)

Option recharge de plage avec épis

Année	Érosion	Dommages infrastructures publiques	Coûts des mesures	Impacts économiques	Somme des coûts
2015	(877 \$)	(6 696 \$)	0 \$	0 \$	(7 574 \$)
2016	(876 \$)	(6 439 \$)	(230 769 \$)	0 \$	(238 085 \$)
2017	(870 \$)	(6 191 \$)	(73 964 \$)	0 \$	(81 026 \$)
2018	0 \$	0 \$	(1 386 834 \$)	0 \$	(1 386 834 \$)
2019	0 \$	0 \$	(13 677 \$)	0 \$	(13 677 \$)
2020	0 \$	0 \$	(13 151 \$)	0 \$	(13 151 \$)
2021	0 \$	0 \$	(12 645 \$)	0 \$	(12 645 \$)
2022	0 \$	0 \$	(12 159 \$)	0 \$	(12 159 \$)
2023	0 \$	0 \$	(11 691 \$)	0 \$	(11 691 \$)
2024	0 \$	0 \$	(11 241 \$)	0 \$	(11 241 \$)
2025	0 \$	0 \$	(10 809 \$)	0 \$	(10 809 \$)
2026	0 \$	0 \$	(10 393 \$)	0 \$	(10 393 \$)
2027	0 \$	0 \$	(9 994 \$)	0 \$	(9 994 \$)
2028	0 \$	0 \$	(9 609 \$)	0 \$	(9 609 \$)
2029	0 \$	0 \$	(9 240 \$)	0 \$	(9 240 \$)
2030	0 \$	0 \$	(8 884 \$)	0 \$	(8 884 \$)
2031	0 \$	0 \$	(8 543 \$)	0 \$	(8 543 \$)
2032	0 \$	0 \$	(8 214 \$)	0 \$	(8 214 \$)
2033	0 \$	0 \$	(7 898 \$)	0 \$	(7 898 \$)
2034	0 \$	0 \$	(7 594 \$)	0 \$	(7 594 \$)
2035	0 \$	0 \$	(7 302 \$)	0 \$	(7 302 \$)
2036	0 \$	0 \$	(7 021 \$)	0 \$	(7 021 \$)
2037	0 \$	0 \$	(6 751 \$)	0 \$	(6 751 \$)
2038	0 \$	0 \$	(6 492 \$)	0 \$	(6 492 \$)
2039	0 \$	0 \$	(6 242 \$)	0 \$	(6 242 \$)
2040	0 \$	0 \$	(6 002 \$)	0 \$	(6 002 \$)
2041	0 \$	0 \$	(5 771 \$)	0 \$	(5 771 \$)
2042	0 \$	0 \$	(5 549 \$)	0 \$	(5 549 \$)
2043	0 \$	0 \$	(5 336 \$)	0 \$	(5 336 \$)
2044	0 \$	0 \$	(5 130 \$)	0 \$	(5 130 \$)
2045	0 \$	0 \$	(4 933 \$)	0 \$	(4 933 \$)
2046	0 \$	0 \$	(4 743 \$)	0 \$	(4 743 \$)
2047	0 \$	0 \$	(4 561 \$)	0 \$	(4 561 \$)
2048	0 \$	0 \$	(4 386 \$)	0 \$	(4 386 \$)
2049	0 \$	0 \$	(4 217 \$)	0 \$	(4 217 \$)
2050	0 \$	0 \$	(4 055 \$)	0 \$	(4 055 \$)
2051	0 \$	0 \$	(3 899 \$)	0 \$	(3 899 \$)
2052	0 \$	0 \$	(3 749 \$)	0 \$	(3 749 \$)
2053	0 \$	0 \$	(3 605 \$)	0 \$	(3 605 \$)
2054	0 \$	0 \$	(3 466 \$)	0 \$	(3 466 \$)
2055	0 \$	0 \$	(3 333 \$)	0 \$	(3 333 \$)
2056	0 \$	0 \$	(3 204 \$)	0 \$	(3 204 \$)
2057	0 \$	0 \$	(3 081 \$)	0 \$	(3 081 \$)
2058	0 \$	0 \$	(2 963 \$)	0 \$	(2 963 \$)
2059	0 \$	0 \$	(2 849 \$)	0 \$	(2 849 \$)
2060	0 \$	0 \$	(2 739 \$)	0 \$	(2 739 \$)
2061	0 \$	0 \$	(2 634 \$)	0 \$	(2 634 \$)
2062	0 \$	0 \$	(2 533 \$)	0 \$	(2 533 \$)
2063	0 \$	0 \$	(2 435 \$)	0 \$	(2 435 \$)
2064	0 \$	0 \$	4 683 \$	0 \$	4 683 \$
TOTAL	(2 624 \$)	(19 326 \$)	(1 981 606 \$)	0 \$	(2 003 557 \$)

Option mur de béton et rehaussement de la route

Année	Érosion	Dommages infrastructures publiques	Coûts des mesures	Impacts économiques	Somme des coûts
2015	(877 \$)	(6 696 \$)	0 \$	0 \$	(7 574 \$)
2016	(876 \$)	(6 439 \$)	(576 923 \$)	0 \$	(584 238 \$)
2017	(870 \$)	(6 191 \$)	(184 911 \$)	0 \$	(191 973 \$)
2018	0 \$	0 \$	(3 484 866 \$)	0 \$	(3 484 866 \$)
2019	0 \$	0 \$	(84 113 \$)	0 \$	(84 113 \$)
2020	0 \$	0 \$	(80 878 \$)	0 \$	(80 878 \$)
2021	0 \$	0 \$	(77 767 \$)	0 \$	(77 767 \$)
2022	0 \$	0 \$	(74 776 \$)	0 \$	(74 776 \$)
2023	0 \$	0 \$	(71 900 \$)	0 \$	(71 900 \$)
2024	0 \$	0 \$	(69 135 \$)	0 \$	(69 135 \$)
2025	0 \$	0 \$	(66 476 \$)	0 \$	(66 476 \$)
2026	0 \$	0 \$	(63 919 \$)	0 \$	(63 919 \$)
2027	0 \$	0 \$	(61 460 \$)	0 \$	(61 460 \$)
2028	0 \$	0 \$	(59 096 \$)	0 \$	(59 096 \$)
2029	0 \$	0 \$	(56 824 \$)	0 \$	(56 824 \$)
2030	0 \$	0 \$	(54 638 \$)	0 \$	(54 638 \$)
2031	0 \$	0 \$	(52 537 \$)	0 \$	(52 537 \$)
2032	0 \$	0 \$	(50 516 \$)	0 \$	(50 516 \$)
2033	0 \$	0 \$	(48 573 \$)	0 \$	(48 573 \$)
2034	0 \$	0 \$	(46 705 \$)	0 \$	(46 705 \$)
2035	0 \$	0 \$	(44 908 \$)	0 \$	(44 908 \$)
2036	0 \$	0 \$	(43 181 \$)	0 \$	(43 181 \$)
2037	0 \$	0 \$	(41 520 \$)	0 \$	(41 520 \$)
2038	0 \$	0 \$	(39 923 \$)	0 \$	(39 923 \$)
2039	0 \$	0 \$	(38 388 \$)	0 \$	(38 388 \$)
2040	0 \$	0 \$	(36 911 \$)	0 \$	(36 911 \$)
2041	0 \$	0 \$	(35 492 \$)	0 \$	(35 492 \$)
2042	0 \$	0 \$	(34 127 \$)	0 \$	(34 127 \$)
2043	0 \$	0 \$	(32 814 \$)	0 \$	(32 814 \$)
2044	0 \$	0 \$	(31 552 \$)	0 \$	(31 552 \$)
2045	0 \$	0 \$	(30 339 \$)	0 \$	(30 339 \$)
2046	0 \$	0 \$	(29 172 \$)	0 \$	(29 172 \$)
2047	0 \$	0 \$	(28 050 \$)	0 \$	(28 050 \$)
2048	0 \$	0 \$	(26 971 \$)	0 \$	(26 971 \$)
2049	0 \$	0 \$	(25 934 \$)	0 \$	(25 934 \$)
2050	0 \$	0 \$	(24 936 \$)	0 \$	(24 936 \$)
2051	0 \$	0 \$	(23 977 \$)	0 \$	(23 977 \$)
2052	0 \$	0 \$	(23 055 \$)	0 \$	(23 055 \$)
2053	0 \$	0 \$	(22 168 \$)	0 \$	(22 168 \$)
2054	0 \$	0 \$	(21 315 \$)	0 \$	(21 315 \$)
2055	0 \$	0 \$	(20 496 \$)	0 \$	(20 496 \$)
2056	0 \$	0 \$	(19 707 \$)	0 \$	(19 707 \$)
2057	0 \$	0 \$	(18 949 \$)	0 \$	(18 949 \$)
2058	0 \$	0 \$	(18 221 \$)	0 \$	(18 221 \$)
2059	0 \$	0 \$	(17 520 \$)	0 \$	(17 520 \$)
2060	0 \$	0 \$	(16 846 \$)	0 \$	(16 846 \$)
2061	0 \$	0 \$	(16 198 \$)	0 \$	(16 198 \$)
2062	0 \$	0 \$	(15 575 \$)	0 \$	(15 575 \$)
2063	0 \$	0 \$	(14 976 \$)	0 \$	(14 976 \$)
2064	0 \$	0 \$	6 088 \$	0 \$	6 088 \$
TOTAL	(2 624 \$)	(19 326 \$)	(6 053 144 \$)	0 \$	(6 075 095 \$)

SEGMENT CAPS DE MARIA

Option de non-intervention

Année	Érosion	Coûts des mesures	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(11 944 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(11 944 \$)
2016	(11 496 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(11 496 \$)
2017	(38 211 \$)	(7 666 \$)	0 \$	(8 134 \$)	(54 010 \$)
2018	(10 426 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(10 426 \$)
2019	(10 004 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(10 004 \$)
2020	(12 369 \$)	(6 300 \$)	0 \$	(7 231 \$)	(25 900 \$)
2021	(78 090 \$)	(15 554 \$)	0 \$	(13 905 \$)	(107 550 \$)
2022	(36 609 \$)	(7 097 \$)	0 \$	(6 685 \$)	(50 390 \$)
2023	(7 993 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(7 993 \$)
2024	(37 517 \$)	(6 205 \$)	0 \$	(6 181 \$)	(49 903 \$)
2025	(72 552 \$)	(12 253 \$)	0 \$	(11 886 \$)	(96 691 \$)
2026	(6 686 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(6 686 \$)
2027	(6 411 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(6 411 \$)
2028	(6 143 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(6 143 \$)
2029	(78 707 \$)	(13 142 \$)	0 \$	(5 080 \$)	(96 930 \$)
2030	(5 414 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(5 414 \$)
2031	(5 191 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(5 191 \$)
2032	(4 961 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(4 961 \$)
2033	(37 169 \$)	(5 995 \$)	0 \$	(4 343 \$)	(47 507 \$)
2034	(4 541 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(4 541 \$)
2035	(92 763 \$)	(13 707 \$)	0 \$	(8 030 \$)	(114 500 \$)
2036	(3 973 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(3 973 \$)
2037	(3 817 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(3 817 \$)
2038	(3 657 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(3 657 \$)
2039	(3 482 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(3 482 \$)
2040	(3 347 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(3 347 \$)
2041	(143 514 \$)	(16 655 \$)	0 \$	(9 519 \$)	(169 688 \$)
2042	(43 410 \$)	(4 725 \$)	0 \$	(3 051 \$)	(51 186 \$)
2043	(18 643 \$)	(3 939 \$)	0 \$	0 \$	(22 582 \$)
2044	(210 138 \$)	(41 714 \$)	0 \$	(2 821 \$)	(254 673 \$)
2045	(2 535 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 535 \$)
2046	(24 016 \$)	(3 236 \$)	0 \$	(2 608 \$)	(29 859 \$)
2047	(2 405 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 405 \$)
2048	(17 628 \$)	(2 687 \$)	0 \$	(2 411 \$)	(22 726 \$)
2049	(33 235 \$)	(5 998 \$)	0 \$	(4 637 \$)	(43 870 \$)
2050	(2 217 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 217 \$)
2051	(36 219 \$)	(2 704 \$)	0 \$	0 \$	(38 923 \$)
2052	(12 919 \$)	(2 198 \$)	0 \$	0 \$	(15 117 \$)
2053	(1 952 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 952 \$)
2054	(36 125 \$)	(2 776 \$)	0 \$	(1 906 \$)	(40 806 \$)
2055	(1 765 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 765 \$)
2056	(57 142 \$)	(5 468 \$)	0 \$	(3 524 \$)	(66 134 \$)
2057	(1 586 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 586 \$)
2058	(1 515 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 515 \$)
2059	(1 453 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 453 \$)
2060	(1 388 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 388 \$)
2061	(1 339 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 339 \$)
2062	(6 448 \$)	(1 254 \$)	0 \$	(1 392 \$)	(9 095 \$)
2063	(1 180 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 180 \$)
2064	(1 133 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 133 \$)
TOTAL	(1 253 377 \$)	(181 274 \$)	0 \$	(103 344 \$)	(1 537 995 \$)

Option de relocalisation stratégique

Année	Érosion	Coûts des mesures	Impacts économiques	Impacts sociaux	Somme des coûts
2015	(11 944 \$)	(539 142 \$)	(36 727 \$)	(43 986 \$)	(631 799 \$)
2016	(10 553 \$)	(103 217 \$)	(12 501 \$)	(8 459 \$)	(134 729 \$)
2017	(10 032 \$)	(197 718 \$)	(35 555 \$)	(16 267 \$)	(259 572 \$)
2018	(9 280 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(9 280 \$)
2019	(8 919 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(8 919 \$)
2020	(8 575 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(8 575 \$)
2021	(8 242 \$)	(182 368 \$)	(56 109 \$)	(6 953 \$)	(253 672 \$)
2022	(7 573 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(7 573 \$)
2023	(7 252 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(7 252 \$)
2024	(6 951 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(6 951 \$)
2025	(6 671 \$)	(35 446 \$)	0 \$	0 \$	(42 117 \$)
2026	(6 329 \$)	(335 969 \$)	(88 560 \$)	(17 144 \$)	(448 002 \$)
2027	(5 545 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(5 545 \$)
2028	(5 313 \$)	(69 054 \$)	(8 140 \$)	(5 283 \$)	(87 790 \$)
2029	(5 042 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(5 042 \$)
2030	(4 835 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(4 835 \$)
2031	(4 636 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(4 636 \$)
2032	(4 427 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(4 427 \$)
2033	(4 231 \$)	(299 858 \$)	(49 680 \$)	(17 370 \$)	(371 138 \$)
2034	(3 639 \$)	(24 434 \$)	0 \$	0 \$	(28 073 \$)
2035	(3 512 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(3 512 \$)
2036	(3 385 \$)	(53 072 \$)	(6 105 \$)	(3 861 \$)	(66 423 \$)
2037	(3 199 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(3 199 \$)
2038	(3 065 \$)	(47 171 \$)	(6 931 \$)	(3 569 \$)	(60 736 \$)
2039	(2 862 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 862 \$)
2040	(2 752 \$)	(41 670 \$)	(8 557 \$)	(3 300 \$)	(56 279 \$)
2041	(2 552 \$)	(60 022 \$)	(6 123 \$)	(3 173 \$)	(71 870 \$)
2042	(2 384 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 384 \$)
2043	(2 345 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 345 \$)
2044	(2 286 \$)	(35 114 \$)	(1 575 \$)	0 \$	(38 975 \$)
2045	(2 219 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 219 \$)
2046	(2 158 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 158 \$)
2047	(2 139 \$)	(36 939 \$)	(3 991 \$)	(2 508 \$)	(45 576 \$)
2048	(2 109 \$)	(16 513 \$)	0 \$	0 \$	(18 622 \$)
2049	(2 065 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 065 \$)
2050	(2 047 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(2 047 \$)
2051	(1 997 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 997 \$)
2052	(1 876 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 876 \$)
2053	(1 799 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 799 \$)
2054	(1 720 \$)	(22 414 \$)	(1 651 \$)	(1 906 \$)	(27 690 \$)
2055	(1 588 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 588 \$)
2056	(1 515 \$)	(23 664 \$)	(5 139 \$)	0 \$	(30 317 \$)
2057	(1 463 \$)	(21 262 \$)	(1 554 \$)	(1 694 \$)	(25 973 \$)
2058	(1 341 \$)	(55 143 \$)	(15 756 \$)	(3 258 \$)	(75 497 \$)
2059	(1 204 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 204 \$)
2060	(1 151 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 151 \$)
2061	(1 109 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 109 \$)
2062	(1 057 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(1 057 \$)
2063	(1 014 \$)	(15 987 \$)	(1 397 \$)	(1 339 \$)	(19 737 \$)
2064	(919 \$)	0 \$	0 \$	0 \$	(919 \$)
TOTAL	(200 817 \$)	(2 216 175 \$)	(346 051 \$)	(140 070 \$)	(2 903 113 \$)