

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

# ANALYSE COÛTS-AVANTAGES DES OPTIONS D'ADAPTATION EN ZONE CÔTIÈRE À *MARIA*

Résumé exécutif  
Mars 2016



Ressources naturelles Canada / Natural Resources Canada

Canada

Fondsvert Québec



# 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 municipalité de Maria pour la collaboration exceptionnelle qui s'est installée entre l'équipe de projet et les différents intervenants. En particulier, nous voulons saluer l'aide précieuse de monsieur le maire Christian Leblanc ainsi que de Gilbert Leblanc et Serge Normandeau.

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 comprendre et d'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), Rénauld 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.

# **ANALYSE COÛTS-AVANTAGES DES OPTIONS D'ADAPTATION EN ZONE CÔTIÈRE À MARIA**

**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  
François Morneau, Ouranos  
Claude Desjarlais, Ouranos  
Ursule Boyer-Villemaire, Ouranos  
Travis Logan, Ouranos

**Principaux collaborateurs :**

Pascal Bernatchez, UQAR  
Steeve Dugas, UQAR  
Christian Fraser, UQAR  
Municipalité de Maria  
Jean-Pierre Savard, Ouranos  
Philippe Roy, Ouranos  
Frédéric Guay, 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., Boyer-Villemaire, U., Desjarlais, C. et Morneau, F. (2016) *Analyse coûts-avantages des options d'adaptation en zone côtière à Maria*. Ouranos, Montréal. 169 pages et annexes.

**Mars 2016**



# 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 cette étude, cinq sites ont fait l'objet d'analyses coûts-avantages (ACA). Il s'agit de Maria, de Percé, des Îles-de-la-Madeleine, de Carleton-sur-Mer et de Kamouraska. Le présent

rapport s'intéresse au littoral de la municipalité de Maria située dans la baie des Chaleurs.

Maria subit déjà d'importants impacts liés aux changements climatiques qui se traduisent par la montée 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. Le courant de dérive littorale d'ouest vers l'est additionné à la présence de basses terrasses de sols meubles rendent les côtes de Maria très vulnérables à l'érosion et à la submersion, comme les impacts des tempêtes de 2005 et de 2010 l'ont illustré.

## **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 Maria 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, 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**

La zone d'étude de Maria a été divisée en 4 segments : Maria Centre-Ouest, Maria Centre-Est, Pointe-Verte Ouest et Pointe-Verte Est. Les segments ont été définis selon les caractéristiques physiques de la côte et l'occupation du sol. Les limites de ces segments sont identifiées à la figure A.



**Figure A** - Localisation de la zone d'étude et des 4 segments étudiés

## OPTIONS D'ADAPTATION

Les options d'adaptation qui ont été retenues pour 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 Maria, Baird a identifié de façon préliminaire

des ouvrages qui pourraient protéger le littoral de Maria contre des événements de 500 ans de récurrence.

Les options d'adaptation étudiées dans chacun des segments sont présentées au tableau A.

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

**Tableau A** - Options d'adaptation étudiées dans chaque segment de côte

Segment	Structure côtière rigide	Intervention côtière souple	Solution sans intervention côtière
Maria Centre-Ouest	Mur de palplanche		Immunisation et relocalisation stratégique
Maria Centre-Est	Mur de béton	Recharge de plage Recharge de plage avec épis	Immunisation et relocalisation stratégique
Pointe-Verte Ouest	Mur de béton	Recharge de plage Recharge de plage avec épis	Immunisation et relocalisation stratégique
Pointe-Verte Est	Mur de béton (côté mer) Digues (côté terre)	Recharge de plage Recharge de plage avec épis	Immunisation

## MARIA CENTRE-OUEST

Le premier segment étudié à Maria est celui du Centre-Ouest, localisé à partir du point où la route 132 quitte le littoral jusqu'au parc du Vieux-Quai. Il est constitué d'une terrasse de plage sablonneuse emmurée ou enrochée sur la majorité du segment. Le taux d'érosion probable est de -0,24 m/an et le niveau de submersion de récurrence 20 ans est estimé à 3,95 m<sup>1</sup>, 4,16 m et 4,43 m, respectivement pour les périodes 2015-2029, 2030-2054 et 2055-2064. Le segment compte 17 bâtiments qui seront partiellement ou totalement touchés par l'érosion ou la submersion sur un horizon de 50 ans, dont une résidence pour personnes âgées et le magasin Coop-IGA.

Les résultats de l'ACA montrent que les dommages anticipés sont de l'ordre de 4,5 M\$, à un taux d'actualisation de 4 % sur 50 ans. La submersion est responsable de 95 % de ces

dommages. Parmi les options d'adaptation étudiées, l'immunisation combinée à la relocalisation stratégique constitue la mesure la moins coûteuse avec une VAN de - 3,5 M\$ sur 50 ans, ce qui représente un avantage net d'environ 1,0 M\$ par rapport à la non-intervention.

## MARIA CENTRE-EST

Entre le parc du Vieux-Quai et la rue des Pluviers, le segment Maria Centre-Est est constitué d'une terrasse de plage de sédiments de diverses tailles. Le segment est caractérisé par un fort taux de recul probable (-0,83 m/an) et une grande vulnérabilité à la submersion, puisque l'élévation moyenne y est sous les 3 mètres alors que les niveaux de récurrence 20 ans sont estimés à 2,81 m, 3,02 m et 3,29 m, respectivement pour les périodes 2015-2029, 2030-2054 et 2055-2064.

<sup>1</sup> Toutes les valeurs de submersion sont exprimés en mètre (m) géodésique soit l'élévation par rapport au zéro géodésique.



Puisque la majeure partie du segment est occupé par le parc du Vieux-Quai, seuls neuf bâtiments résidentiels seront touchés par l'érosion ou la submersion au cours de la période d'étude. Dans l'ensemble, le coût de la non-intervention est évalué à 1,4 M\$ sur 50 ans, lorsqu'actualisé à 4 %.

En raison du faible nombre de bâtiments menacés, les options d'adaptation basées sur des structures d'ingénierie mobiles ou rigides, telles que la recharge de plage et un mur de béton, ne sont pas justifiées économiquement dans ce segment. L'immunisation combinée à la relocalisation stratégique apparaît être l'option à privilégier par rapport à la non-intervention, ce que confirment les différentes analyses de sensibilité. Toutefois, les avantages nets de cette option par rapport à la non-intervention sont relativement faibles, soit de l'ordre de 25 000 \$ sur 50 ans.

### **POINTE-VERTE OUEST**

Situé entre la rue des Pluviers et le début de la zone où la plage commence à s'élargir (après la courbe sur la rue des Tournepierres), le segment Pointe-Verte Ouest est composé pour un quart d'une terrasse de plage et pour les trois quarts d'une flèche littorale dominée par les graviers.

Du côté de la submersion, les niveaux de récurrence 20 ans sont de 2,81 m, 3,02 m et 3,29 m, respectivement pour les périodes 2015-2029, 2030-2054 et 2055-2064. L'évolution du trait de côte y est assez importante, avec un taux de recul probable de -0,76 m/an. Ce segment présente d'ailleurs le plus haut niveau d'artificialisation de la ligne de rivage.

Pointe-Verte Ouest compte le plus grand nombre de bâtiments directement exposés à l'érosion ou à la submersion sur 50 ans, soit

35. En l'absence d'intervention, les dommages attendus sont de l'ordre de 4,5 M\$, actualisés à 4 % sur 50 ans. Pour ce segment, la recharge de plage avec épis est l'option privilégiée d'un point de vue économique, avec des avantages nets de 1,2 M\$ par rapport à la non-intervention. Toutefois, l'analyse des options optimales dans les segments voisins suggère que l'immunisation combinée à la relocalisation stratégique devrait aussi être considérée dans un souci de cohérence. Les avantages nets de l'option d'immunisation et de relocalisation stratégique par rapport à la non-intervention sont d'environ 430 000 \$.

### **POINTE-VERTE EST**

Commençant à la limite de la zone d'accrétion et s'étendant jusqu'au bout de la Pointe Verte, ce quatrième segment est caractérisé par sa dynamique de flèche littorale. En effet, contrairement aux autres segments, cette flèche devrait accumuler des sédiments à un taux de 0,51 m/an durant les prochaines années, en raison des apports associés au courant de dérive littorale. Par contre, le recul maximal pouvant être enregistré en un seul événement y est très élevé, puisqu'il atteint -17,2 m/événement. Quant à la submersion, les niveaux de récurrence 20 ans sont les mêmes que dans les deux segments précédents, soit 2,81 m, 3,02 m et 3,29 m, respectivement pour les périodes 2015-2029, 2030-2054 et 2055-2064.

Les dommages attendus en l'absence d'intervention sur 50 ans, actualisés à 4 %, sont de 865 000 \$. L'analyse économique ne permet pas d'établir qu'il est mieux d'intervenir que de ne rien faire en laissant les propriétés subir les assauts de la mer. Cela s'explique essentiellement par le fait que la valeur foncière du cadre bâti à protéger, soit 9 bâtiments, et les dommages

potentiellement évités sont relativement faibles. De plus, l'option d'adaptation la moins coûteuse, soit l'immunisation, ne protégerait que 2 bâtiments des dommages de submersion compte tenu du critère d'intervention retenu qui est d'immuniser un bâtiment lorsque le rez-de-chaussée pourrait être atteint par un événement de récurrence 20 ans. Les analyses de sensibilité sur les niveaux d'eau et sur le taux d'évolution de la côte indiquent cependant que des aléas plus sévères favoriseraient largement l'intervention par rapport à la non-intervention.

## APPROCHE SYSTÉMIQUE

Dans les quatre segments à l'étude à Maria, 70 bâtiments résidentiels ou commerciaux sont vulnérables à l'érosion ou à la submersion sur un horizon de 50 ans. L'inaction pourrait engendrer des coûts et dommages chiffrés à 11,3 M\$, à un taux d'actualisation de 4 %. Les trois quarts de ce montant (8,8 M\$) sont attribuables aux dommages de submersion causés aux bâtiments.

Un scénario présentant des options de protection rigide sur l'ensemble des segments au coût de 16,0 M\$, impliquerait des coûts nets de 4,7 M\$ par rapport à l'inaction, ce qui rend un tel scénario non viable économiquement. Par contre, favoriser l'immunisation et la relocalisation stratégique sur l'ensemble des segments conduirait à des avantages nets actualisés de 1,3 M\$ par rapport à la non-intervention.

L'immunisation et la relocalisation sur tous les segments est un peu moins avantageuse que la mise en œuvre des options optimales pour chacun d'entre eux pris individuellement. Par ailleurs, la mise en œuvre de l'option d'immunisation et de relocalisation stratégique dans l'ensemble de la zone d'étude préviendrait

les impacts négatifs que pourrait avoir la recharge de plage avec épis du segment Pointe-Verte Ouest sur le segment Pointe-Verte Est. D'un point de vue systémique, l'implantation de la même option sur l'ensemble des quatre segments étudiés à Maria devrait être considérée.

## CONCLUSION

La figure B résume les résultats de l'ACA pour Maria. Ces résultats permettent de déterminer que la solution la plus avantageuse économiquement pour l'ensemble de la société est l'immunisation combinée à la relocalisation stratégique pour Maria Centre-Ouest, Maria Centre-Est et Pointe-Verte Est. Pour ces segments, l'immunisation et la relocalisation stratégique est l'option qui entraîne le moins de coûts et de pertes économiques, sociales ou environnementales. Toutefois, pour les segments Maria Centre-Est et Pointe-Verte Est, les avantages nets de cette option sont de moins de 25 000 \$ par rapport à la non-intervention. Les analyses de sensibilité indiquent que si les aléas côtiers étaient plus sévères que ceux projetés dans le cadre de cette étude, alors l'immunisation combinée à la relocalisation stratégique serait l'option à privilégier.

Enfin, d'un point de vue systémique, l'option qui se classe deuxième dans le segment Pointe-Verte Ouest devrait être privilégiée par rapport à la recharge de plage avec épis. La dimension systémique sera importante à prendre en considération lorsque les décideurs devront choisir les meilleures options d'adaptation pour les quatre segments à l'étude à Maria..

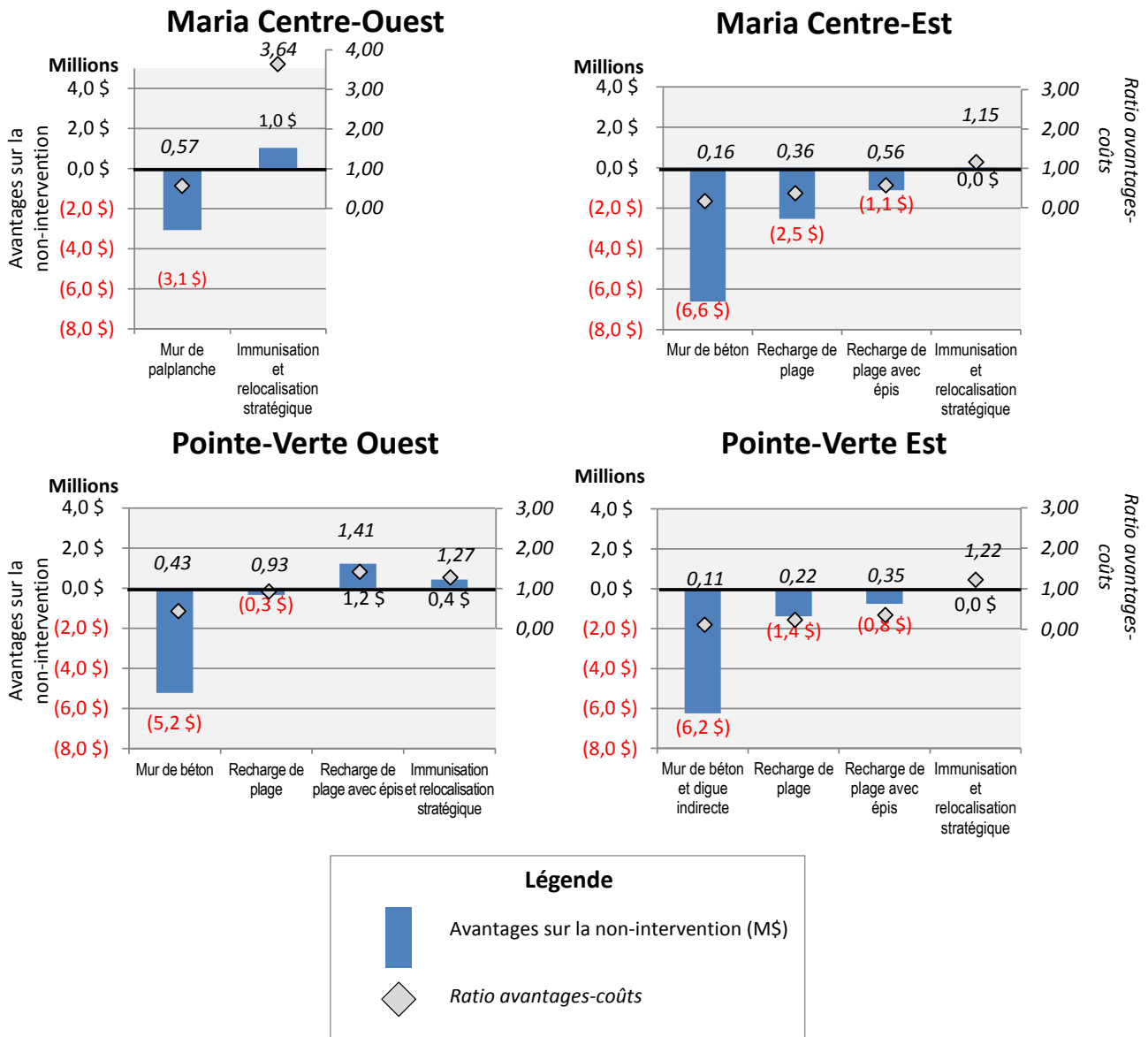


Figure B- VAN par rapport à la non-intervention et ratio avantages-coûts pour chaque segment

# LISTE DES ACRONYMES

ACA :	Analyse coûts-avantages
CC :	Changements climatiques
LDGIZC :	Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières
MAMOT :	Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire
MAPAQ :	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
MCC :	Ministère de la Culture et des Communications
MDDELCC :	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
MPO :	Ministère des Pêches et Océans
MRC :	Municipalité régionale de comté
UNB :	Université du Nouveau-Brunswick
UPEI :	Université de l'Île-du-Prince-Édouard
UQAM :	Université du Québec à Montréal
UQAR :	Université du Québec à Rimouski
VAN :	Valeur actualisée nette