Exposition des bâtiments et des infrastructures à l'érosion côtière : Développement d'un outil de planification de l'aménagement côtier Municipalités régionales de comté d'Avignon et de Bonaventure

Présenté au ministère de la Sécurité publique du Québec

Sous la direction de

Pascal Bernatchez, Ph.D.

Juin 2014

Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières | UQAR

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Direction et recherche

Pascal Bernatchez, Ph.D. Géomorphologie côtière et télédétection
Responsable du projet
Professeur titulaire de la Chaire du Québec en géoscience côtière
Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières (LDGIZC)
Département de biologie, chimie et géographie
Université du Québec à Rimouski
Courriel : pascal_bernatchez@uqar.qc.ca

Équipe de recherche

Christian Fraser, M.Sc., Professionnel de recherche, LDGIZC, UQAR
Co-direction, recherche, traitement de données, réalisation d'entrevues, analyse de l'exposition, rédaction

Steeve Dugas, B.Sc., Professionnel de recherche, LDGIZC, UQAR
Traitement des données, cartographie

Marie-Noel Juneau, M.Sc., Professionnelle de recherche, LDGIZC, UQAR
Traitement des données

Maude Corriveau, M.Sc., Professionnelle de recherche, LDGIZC, UQAR
Traitement des données

Thomas Jaegler, MSc.**,** Professionnel de recherche, LDGIZC, UQAR
Traitement des données

David Lacombe, BSc., Professionnel de recherche, LDGIZC, UQAR
Traitement des données, cartographie

Susan Drezja, M.Sc., Professionnelle de recherche, LDGIZC, UQAR
Traitement des données

REMERCIEMENTS

L'équipe de recherche tient à remercier le gouvernement du Québec pour son soutien financier ainsi que pour l'utilisation des données du rôle d'évaluation municipale. Merci aux MRC d'Avignon et de Bonaventure pour l'utilisation des données cadastrales. Merci aux aménagistes de chaque MRC, aux responsables de l'aménagement de chaque municipalité (directeur(trice) général(e), directeur(trice) des travaux publics, inspecteur(trice) municipal(e)) ainsi qu'aux conseillers du ministère de la Sécurité publique du Québec et du ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du Territoire du Québec pour leur participation aux entrevues et pour avoir fourni plusieurs documents et informations pertinentes pour l'étude. Merci à Josée Desgagné du ministère de la Sécurité publique du Québec pour les commentaires apportés au texte.

RÉFÉRENCE COMPLÈTE

Fraser, C., Bernatchez, P. et Dugas, S. (2014). Exposition des bâtiments et des infrastructures à l'érosion côtière : Développement d'un outil de planification de l'aménagement côtier - Municipalités régionales de comté d'Avignon et de Bonaventure. Chaire de recherche en géoscience côtière, Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport remis au ministère de la Sécurité publique du Québec, 108 p. et annexes cartographiques.

SYNTHÈSE

Cette analyse de l'*exposition*[1] des bâtiments et des infrastructures à l'*érosion côtière* répond à un besoin exprimé par les autorités municipales locales et régionales responsables de l'aménagement du territoire et de la sécurité civile. Ce travail constitue la première étape d'une étude sur la *vulnérabilité* des communautés côtières face à l'érosion côtière. Les secteurs analysés comprennent 199 km de côte, 16 municipalités, 10 *unités hydrosédimentaires*, 28 *cellules hydrosédimentaires* et 434 *unités géomorphologiques homogènes* sur le territoire des MRC d'Avignon et de Bonaventure.

L'enquête auprès des autorités municipales locales et régionales révèle que le phénomène de l'érosion côtière est très préoccupant. En effet, 91% des répondants observent le phénomène sur leur territoire et 85% de ceux-ci ont noté une augmentation de l'importance de l'érosion dans le temps. Les répondants indiquent que l'outil cartographique sur l'exposition développé dans cette étude servira principalement pour la planification du développement (73%) et aussi pour informer et sensibiliser les citoyens (45%).

L'exposition des bâtiments et des infrastructures (routes, chemin de fer, réseaux d'aqueduc et d'égout, sentiers pédestres et pistes cyclables) a été calculée selon 7 horizons de temps : 2015, 2020, 2030, 2040, 2050, 2060 et 2100. Le calcul de l'exposition se base sur deux paramètres : 1) le taux probable de déplacement de la *ligne de rivage* ou du *trait de côte* estimé pour chaque unité géomorphologique homogène et *2)* le *recul événementiel* maximal possible pour chaque type de côte.

L'évaluation de l'exposition tient ainsi compte des incertitudes relatives aux événements de tempête qui sont imprévisibles et ponctuels. L'évaluation n'est donc pas basée sur des certitudes mais sur des probabilités que les bâtiments et les infrastructures soient affectés par l'érosion côtière.

La démarche a permis non seulement d'obtenir un portrait actuel et futur de l'exposition des bâtiments et des infrastructures à l'érosion côtière, mais procure surtout un outil cartographique de planification de l'aménagement et des interventions en bordure du littoral. La démarche s'inscrit aussi dans le cadre de la mise en œuvre d'un processus de gestion des *risques* initié par le gouvernement du Québec. Les données sur l'exposition sont directement utilisables dans un système d'information géographique (SIG) et un recueil cartographique (136 cartes) a aussi été produit afin d'assurer l'accessibilité des données aux intervenants n'ayant pas accès à un SIG. De plus, 63 fiches d'informations documentent les secteurs comprenant une forte concentration d'éléments exposés.

Pour la MRC d'Avignon, 61 cartes et 34 fiches ont été produites. L'analyse de l'exposition indique que 17,3 km d'infrastructures linéaires et 148 bâtiments sont exposés à court terme (d'ici 2020), représentant une valeur de 24,6 millions de dollars. A long terme (d'ici 2100), en supposant qu'aucune solution d'adaptation n'est mise en place, c'est 25,5 km d'infrastructures linéaires et 384 bâtiments qui seront exposés pour une valeur de 46,6 millions de dollars.

Pour la MRC de Bonaventure, 75 cartes et 28 fiches ont été produites. L'analyse indique que 15,8 km d'infrastructures linéaires et 72 bâtiments sont exposés à court terme (d'ici 2020), représentant une valeur de 19 millions de dollars. A long terme (d'ici 2100), c'est 33,3 km d'infrastructures linéaires et 310 bâtiments qui seront exposés pour une valeur de 47,4 millions de dollars. Pour les bâtiments, c'est la valeur foncière de 2010 qui est utilisée et pour les infrastructures linéaires, c'est la valeur de reconstruction actuelle qui est utilisée.

[1] Les mots en *italique* dans le texte réfèrent à une définition au glossaire de la page 104.

TABLE DES MATIÈRES

ÉQUIPE DE RÉALISATION ..... **I**

SYNTHÈSE ..... **II**

TABLE DES MATIÈRES ..... **III**

LISTE DES FIGURES ..... **IV**

LISTE DES TABLEAUX ..... **V**

LISTE DES ANNEXES ..... **V**

1. INTRODUCTION **1**

1.1 Mise en contexte et objectifs 1

1.2 Territoire d'étude 2

2. MÉTHODOLOGIE **3**

2.1 Enquête auprès des autorités municipales locales et régionales responsables de l'aménagement du territoire et de la sécurité civile 3

2.2 Traitement des données ponctuelles (bâtiments) 5

2.3 Traitement des données linéaires (infrastructures) 6

2.4 Calcul de l'exposition 7

2.5 Cas spécifiques 9

2.5.1 Ouvrages de protection côtière 9

2.5.2 Bâtiments ou infrastructures dans une falaise 9

2.5.3 Secteurs de côtes en accumulation 9

3. RÉSULTATS D'ENTREVUES AUPRÈS DES AUTORITÉS MUNICIPALES LOCALES ET RÉGIONALES RESPONSABLES DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE LA SÉCURITÉ CIVILE **10**

4. MRC D'AVIGNON **13**

4.1 Localisation de la zone d'étude 13

4.2 Portrait de l'exposition des bâtiments et des infrastructures à l'érosion côtière dans la MRC d'Avignon 15

4.2.1 Portrait général 15

4.2.2 Bâtiments 16

4.2.3 Routes 20

4.2.4 Aqueduc et égout 22

4.2.5 Chemin de fer 24

4.2.6 Sentiers récréotouristiques 24

4.3 Description des principaux secteurs comprenant des bâtiments et des infrastructures exposés 25

5. MRC DE BONAVENTURE **60**

5.1 Localisation de la zone d'étude 60

5.2 Portrait de l'exposition des bâtiments et des infrastructures à l'érosion côtière dans la MRC de Bonaventure 62

5.2.1 Portrait général 62

5.2.2 Bâtiments 63
5.2.3 Routes 68
5.2.4 Aqueduc et égout 70
5.2.5 Chemin de fer 72
5.2.6 Sentiers récréotouristiques 73
5.3 Description des principaux secteurs comprenant des bâtiments et des infrastructures exposés 75
6. CONCLUSION 103
GLOSSAIRE 104
RÉFÉRENCES 106

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Définition schématique de la vulnérabilité 4
Figure 2. Équation pour calculer l'exposition des bâtiments et des infrastructures à l'érosion côtière 8
Figure 3. Réponses à la question : « Quels bâtiments et infrastructures sont-ils affectés par l'érosion ou la submersion côtière? » 10
Figure 4. Réponses à la question : « Quelle sorte d'outil auriez-vous besoin pour faciliter le choix des solutions d'adaptation à l'érosion et à la submersion côtières et améliorer la planification du développement du territoire dans un contexte de changements climatiques? » 11
Figure 5. Réponses à la question : « A quoi peut vous servir l'outil sur l'exposition des bâtiments et des infrastructures? » 12
Figure 6. Localisation de la MRC d'Avignon 13
Figure 7. Territoire côtier à l'étude – MRC d'Avignon 14
Figure 8. Valeur des bâtiments et des infrastructures exposés à l'érosion côtière d'ici 2100 pour chaque municipalité de la MRC d'Avignon 16
Figure 9. Nombre et valeur des bâtiments exposés à l'érosion côtière d'ici 2100 – MRC d'Avignon 17
Figure 10. Nombre et valeur des bâtiments exposés à l'érosion côtière d'ici 2100 pour chacune des municipalités de la MRC d'Avignon. 19
Figure 11. Longueur et valeur des routes exposées à l'érosion côtière d'ici 2100 – MRC d'Avignon 20
Figure 12. Longueur de route exposée à l'érosion côtière d'ici 2100 pour chacune des municipalités de la MRC d'Avignon. 21
Figure 13. Longueur et valeur du réseau d'aqueduc et d'égout exposé à l'érosion côtière d'ici 2100 – MRC d'Avignon 22
Figure 14. Longueur du réseau d'aqueduc et d'égout exposé à l'érosion côtière d'ici 2100 par municipalité de la MRC d'Avignon 23
Figure 15. Longueur et valeur du chemin de fer exposé à l'érosion côtière d'ici 2100 – MRC d'Avignon 24
Figure 16. Longueur et valeur de piste cyclable exposée à l'érosion côtière d'ici 2100 – Carleton-sur-Mer - MRC d'Avignon 24
Figure 17. Localisation de la MRC de Bonaventure 60
Figure 18. Territoire côtier à l'étude – MRC de Bonaventure 61
Figure 19. Valeur des bâtiments et des infrastructures exposés à l'érosion côtière d'ici 2100 pour chaque municipalité de la MRC de Bonaventure 63
Figure 20. Nombre et valeur des bâtiments exposés à l'érosion côtière d'ici 2100 – MRC de Bonaventure 64

Figure 21. Nombre et valeur des bâtiments exposés à l'érosion côtière d'ici 2100 pour chacune des municipalités de la MRC de Bonaventure 67
Figure 22. Longueur de route exposée à l'érosion côtière d'ici 2100 – MRC de Bonaventure 68
Figure 23. Longueur de route exposée à l'érosion côtière d'ici 2100 pour chacune des municipalités de la MRC de Bonaventure. 69
Figure 24. Longueur et valeur du réseau d'aqueduc et d'égout exposé à l'érosion côtière d'ici 2100 – MRC d'Avignon 71
Figure 25. Longueur du réseau d'aqueduc et d'égout exposé à l'érosion côtière d'ici 2100 par municipalité de la MRC de Bonaventure 71
Figure 26. Chemin de fer exposé à l'érosion côtière d'ici 2100 – MRC de Bonaventure 72
Figure 27. Longueur de chemin de fer exposé à l'érosion côtière d'ici 2100 par municipalité de la MRC de Bonaventure 73
Figure 28. Longueur de sentier récréotouristique exposé à l'érosion côtière d'ici 2100 – MRC de Bonaventure 74
Figure 29. Longueur de sentier récréotouristique exposé à l'érosion côtière d'ici 2100 par municipalité de la MRC de Bonaventure 74

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Caractéristiques du territoire d'étude 2
Tableau 2. Intervenants rencontrés 4
Tableau 3. Paramètres utilisés pour déterminer l'exposition 5
Tableau 4. Valeur estimée des infrastructures 7
Tableau 5. Classes de temps pour l'exposition des bâtiments et des infrastructures 8
Tableau 6. Portrait général des bâtiments et des infrastructures exposés à l'érosion côtière à court, moyen et long terme pour la MRC d'Avignon 15
Tableau 7. Nombre, valeur et type de bâtiments exposés à l'érosion côtière d'ici 2100 pour la MRC d'Avignon 18
Tableau 8. Longueur de routes provinciales et municipales selon l'horizon d'exposition pour chaque municipalité de la MRC d'Avignon 21
Tableau 9. Longueur du réseau d'aqueduc et d'égout exposé à l'érosion côtière d'ici 2100 par municipalité de la MRC d'Avignon 23
Tableau 10. Portrait général des bâtiments et des infrastructures exposées à court, moyen et long terme pour la MRC de Bonaventure 62
Tableau 11. Nombre, valeur et type de bâtiments exposés à l'érosion côtière entre 2015 et 2100 pour la MRC de Bonaventure 65
Tableau 12. Longueur de routes provinciales et municipales selon l'horizon d'exposition pour chaque municipalité de la MRC de Bonaventure 70
Tableau 13. Longueur du réseau d'aqueduc et d'égout exposé à l'érosion côtière d'ici 2100 par municipalité de la MRC de Bonaventure 72

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1. Questionnaire d'entrevue
Annexe 2. Localisation des unités homogènes pour les MRC d'Avignon et de Bonaventure
Annexe 3. Recueil cartographique des infrastructures exposées à l'érosion côtière dans la MRC d'Avignon
Annexe 4. Recueil cartographique des infrastructures exposées à l'érosion côtière dans la MRC de Bonaventure

1. Introduction

1.1 Mise en contexte et objectifs

Les zones côtières sont naturellement en constante modification. Elles subissent notamment l'effet des vagues, des courants marins et des interventions humaines. Lorsque la *ligne de rivage* ou le *trait de côte* recule vers l'intérieur des terres, on parlera d'érosion côtière. L'érosion côtière est un *aléa* naturel dont l'évolution s'inscrit dans une dynamique côtière spécifique à chaque système côtier et est souvent inhérent à l'équilibre du milieu. Cependant, l'urbanisation du littoral peut amener un conflit entre la présence de bâtiments et d'infrastructures et le recul de la ligne de rivage (Meur-Férec et Morel, 2004). La construction d'ouvrages par les propriétaires fonciers pour lutter contre la perte de terrain due à l'érosion côtière se fait trop souvent individuellement, sans concertation ni vision à long terme. L'artificialisation de la côte par une multitude d'ouvrages de protections souvent mal adaptés accentue généralement le phénomène. Ces interventions influencent la dynamique côtière et induisent souvent une diminution de la *résilience* côtière face aux événements de tempête (Bernatchez *et al.*, 2011; Dawson *et al.*, 2009; Hill *et al.,* 2004). Ironiquement, l'artificialisation permet de poursuivre le développement à proximité du littoral, ce qui amplifie la problématique à long terme.

La problématique de l'érosion côtière n'est pourtant pas nouvelle au Québec. La mise en place d'ouvrages de protection a connu une forte croissance à partir du milieu du siècle dernier et ne cesse de s'amplifier d'année en année (Bernatchez *et al.,* 2008). Jusque dans les années 2000, les communautés côtières et les différents niveaux de gouvernement au Québec ont plutôt été en réaction face à cet *aléa* et moins en mode préventif. Le manque de connaissances sur les *aléas* côtiers ainsi que le manque d'outils pour l'aménagement, la prévention et le choix de stratégies d'adaptation sont au premier plan des raisons évoquées par les communautés côtières et les gestionnaires du territoire (Bernatchez *et al.,* 2008; Drejza, 2011; Friesinger et Bernatchez, 2010; Fraser et Desmeules, 2006).

Depuis le début des années 2000, plusieurs démarches de suivi de l'évolution côtière ont été mises en place au Québec maritime afin de palier à ces manques. Plusieurs régions ont été étudiées afin d'évaluer l'évolution historique de la ligne de rivage et de projeter son évolution future. Un zonage, accompagné de normes, a été intégré dans plusieurs schémas d'aménagement et règlements d'urbanisme. L'identification des zones soumises à l'érosion côtière est une information très demandée par les responsables de l'aménagement du territoire (Bernatchez *et al.,* 2012; Fraser *et al.,* 2012; Bernatchez *et al.,* 2008; Dubois *et al.*, 2006). Quelques municipalités ont aussi fait l'objet d'une analyse coûts-avantages permettant de faire un choix éclairé sur les stratégies d'adaptation à préconiser (Tecsult, 2008; Leclerc et Dupuis, 2008). Cependant, ces outils ne permettent pas d'évaluer l'*exposition* de toutes les infrastructures côtières à l'échelle d'une MRC.

Plusieurs études sur la *vulnérabilité* côtière dressent un portrait sur de grands territoires, mais les données sont souvent peu utilisables concrètement par les décideurs à l'échelle des communautés et par conséquent les résultats sont peu opérationels (Boruff *et al.,* 2005; Yoo *et al.,* 2011; Thieler et Hammar-Klose, 2000; Vafeidis *et al.*, 2008; Hinkel, 2011). Une étude sur l'exposition des routes nationales à l'érosion et à la submersion côtière dans l'Est du Québec (Drejza *et al.*, 2014) représente la seule autre étude du genre au Québec. Dans le contexte où les communautés côtières et le gouvernement du Québec manquent d'outils pour faire face aux *aléas* côtiers, il est primordial que la recherche sur la vulnérabilité côtière vienne concrètement en support à la gestion côtière. Basé sur l'analyse de l'évolution côtière et de la sensibilité des côtes à l'érosion dans les MRC d'Avignon et de

Bonaventure, (Bernatchez *et al.,* 2012; Fraser *et al.,* 2012), cette étude permet d'évaluer l'*exposition* actuelle du cadre bâti, ce qui est une information essentielle pour évaluer la vulnérabilité.

L'objectif principal de la présente étude est ainsi d'améliorer la planification de l'aménagement du territoire en fonction de l'*aléa* érosion côtière et de faciliter le choix des solutions d'adaptation à court, moyen et long terme. L'originalité de l'étude repose d'abord sur une excellente collaboration avec les gouvernements locaux, régionaux et provinciaux. Ensuite, l'étude présente des données de haute résolution spatiale sur l'ensemble des routes, des bâtiments, des réseaux d'aqueduc et d'égout, du chemin de fer, des sentiers pédestres et des pistes cyclables du territoire, permettant de définir l'exposition des éléments jusqu'en 2100. Enfin, la base de données est structurée afin d'offrir un outil concret, facilement utilisable par les autorités municipales locales et régionales responsables de l'aménagement du territoire et de la sécurité civile.

Cette étude comprend: 1) une analyse spatiale du nombre et de la valeur des bâtiments et des infrastructures exposées, 2) des fiches descriptives pour chaque secteur comprenant des bâtiments et des infrastructures exposés et 3) un recueil cartographique (136 cartes au 1:5000) permettant de visualiser les infrastructures exposées. Ce rapport constitue la première étape d'une étude sur la vulnérabilité des communautés côtières face à l'érosion côtière et s'inscrit dans un processus de gestion des *risques* initié par le ministère de la Sécurité publique du Québec.

1.2 Territoire d'étude

Le territoire couvre 14 municipalités des MRC d'Avignon et de Bonaventure totalisant 199 km de côte (tableau 1).

Tableau 1. Caractéristiques du territoire d'étude

MRC	Longueur de côte (km)	Municipalités	Unités hydrosédimentaires	Cellules hydrosédimentaires	Unités homogènes
Avignon	94,5	4	5	11	183
Bonaventure	104,9	11	5	17	251
Total	**199,4**	**15**	**10**	**28**	**434**

Les cartes de localisation se trouvent au début des chapitres 3 et 4 qui traitent de chaque MRC (figures 6 et 17).

2. Méthodologie

L'étude de l'*exposition* des bâtiments et des infrastructures à l'*érosion côtière* repose dans un premier temps sur la dynamique côtière et sur la sensibilité des côtes à l'érosion côtière. La méthodologie concernant ces aspects est déjà présentée en détails dans les rapports sur les marges de sécurité en érosion côtière élaborés à la demande du ministère de la Sécurité publique du Québec pour le territoire des MRC d'Avignon et de Bonaventure (Bernatchez *et al*., 2012; Fraser *et al,* 2012). Ces étapes préalables à l'étude de l'exposition ont permis d'obtenir un taux probable du déplacement futur de la *ligne de rivage* pour chaque *unité géomorphologique homogène*. La localisation des unités géomorphologiques homogènes et des *unités et cellules hydrosédimentaires* est présentée à l'annexe 2.

2.1 Enquête auprès des autorités municipales locales et régionales responsables de l'aménagement du territoire et de la sécurité civile

Des entrevues ciblées avec les autorités municipales locales et régionales ont été réalisées afin 1) de présenter le concept d'*exposition* et de *vulnérabilité*, 2) de récolter des informations sur leurs connaissances des phénomènes naturels et de leurs *impacts* ainsi que sur les *enjeux* qui y sont associés, 3) de récolter de l'information sur les mesures d'adaptation et d'urgence et sur la gouvernance et 4) de préciser leurs besoins d'outils pour la gestion des *risque*s liés à l'*érosion côtière*. Le questionnaire d'entrevue est disponible à l'annexe 1.

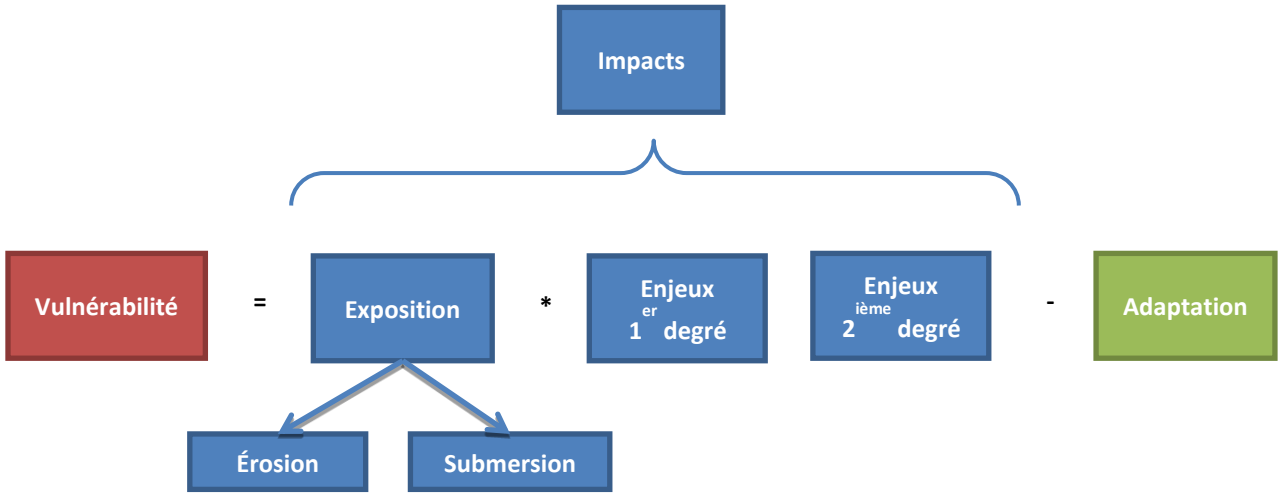
L'enquête s'est déroulée entre le 3 et le 27 septembre 2013 pour les MRC d'Avignon et de Bonaventure. Au total, 24 personnes ont été rencontrées (tableau 2) dont 22 qui ont complété le questionnaire. Pour les municipalités, il s'agit de tous les directeurs (trices) des municipalités, parfois accompagnés de leur responsable de l'aménagement. Les aménagistes des MRC ainsi qu'un conseiller en sécurité civile du ministère de la Sécurité publique du Québec (MSP) et d'un conseiller aux opérations régionales du ministère des Affaires municipales et occupation du territoire (MAMOT) ont aussi été rencontrés.

Dans un premier temps, ces rencontres ont surtout permis d'acquérir des informations sur leur territoire, de bien orienter la cueillette et l'analyse des données pour s'assurer que l'étude réponde aux besoins exprimés. Les résultats d'entrevues sur les solutions d'adaptation et la gouvernance seront utilisés plus en détails ultérieurement dans une étude sur la vulnérabilité.

Le premier objectif a permis de s'entendre sur les définitions d'*exposition* et de *vulnérabilité* lors de chaque rencontre avec les intervenants. Ces termes sont associés à plusieurs domaines et peuvent être interprétés de différentes façons. Les répondants ont d'abord été invités à donner leur propre définition. Ensuite, basé sur la littérature et sur l'expérience de l'équipe de la Chaire de recherche en géoscience côtière et du Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, une définition de la vulnérabilité et de l'exposition a été présentée et discutée (figure 1 et tableau 3). La figure 1 illustre que la vulnérabilité d'un système est fonction du degré d'exposition et de sensibilité du système aux *aléas* (ou perturbations), mais aussi des *enjeux* présents et de la *capacité d'adaptation* du système. La notion d'*enjeu* a été bien saisie par les intervenants qui en ont soulevé plusieurs pour définir la vulnérabilité, telles la modification ou la perte d'usage, la sécurité des personnes et les dommages aux infrastructures. Les notions de *risque* et de danger ont aussi beaucoup été utilisées par les répondants.

Tableau 2. Intervenants rencontrés

Organisme	Poste
MRC d'Avignon	Aménagiste et directeur général
MRC de Bonaventure	Aménagiste
MSP - Direction régionale du MSP	Conseiller en sécurité civile
MAMROT - Direction régionale	Conseiller aux opérations régionales
Municipalité d'Escuminac	Inspecteur municipal
Municipalité de Nouvelle	Directeur général
Municipalité de Carleton-sur-Mer	Responsable de l'urbanisme
Municipalité de Maria	Directeur général
	Directeur des travaux publics et inspecteur municipal
Municipalité de Caplan	Directeur général
Municipalité de New-Richmond	Urbaniste
	Directeur général
Municipalité de Saint-Siméon	Directeur général
	Conseiller municipal
Municipalité de Bonaventure	Directeur général
	Inspectrice municipale
Municipalité de New-Carlisle	Directrice générale
Municipalité de Paspébiac	Directeur général
Municipalité de Hope	Directrice générale
Municipalité de Hopetown	Directrice générale
	Inspectrice municipale
Municipalité de Saint-Godefroi	Directrice générale
	Maire
Municipalité de Shigawake	Directrice générale



Enjeux de 1er degré: enjeux tangibles et cartographiables liés à l'exposition directe aux aléas
Enjeux de 2ième degré: enjeux reliés aux usages et vocations, aux activités, aux conditions socio-économiques et culturelles ainsi qu'aux modes de gouvernance

* Tous les termes utilisés dans le schéma sont définit dans le glossaire (page 104)

Figure 1. Définition schématique de la vulnérabilité

Tableau 3. Paramètres utilisés pour déterminer l'exposition

EXPOSITION	
Érosion côtière	***Submersion***
Distance de l'infrastructure à la côte	Altitude de la ligne de rivage
Taux d'évolution de la côte	Cote de submersion
Recul événementiel	Niveau des pleines mers supérieures
Volume sédimentaire de la *plage*	Niveau d'eau extrême
Volume de sédiments meubles entre l'infrastructure et la côte	Surcote
	« Connectivité » à l'eau
	Volume sédimentaire de la *plage*

Les répondants ont sans exception compris et accepté la définition de *vulnérabilité* et d'*exposition*. Le schéma a été bien utile pour illustrer les concepts. Il a été convenu que les *enjeux* de 1er degré, c'est-à-dire les éléments exposés tangibles et cartographiables, seront considérés dans ce rapport pour l'étude de l'exposition. Ces derniers sont plus facilement utilisables de manière opérationnelle pour la gestion de *risque* et la planification de l'aménagement du territoire. Les paramètres utilisés pour déterminer l'exposition à l'*érosion côtière* ont unanimement été jugés complets et pertinents. Bien que non traités dans le cadre du projet actuel, les paramètres de l'exposition à la *submersion* ont été présentés car ce thème sera abordé dans un projet à venir.

2.2 Traitement des données ponctuelles (bâtiments)

Les données ponctuelles comprennent tous les bâtiments sur le territoire. La base de données du rôle d'évaluation foncière du Québec pour 2010 a été utilisée pour répertorier les bâtiments et ainsi obtenir le type d'utilisation et la valeur inscrite au rôle. Cette valeur est souvent en deçà de la valeur marchande et de la valeur de reconstruction, mais la valeur foncière permet tout de même de dégager un portrait régional et un estimé de la valeur des bâtiments exposés si aucune mesure d'adaptation n'est mise en place. Les données de chaque MRC ont été extraites (clip) dans un fichier de forme pour le traitement avec le système d'information géographique ArcGIS. À l'aide des images de 2007, chaque point centroïde situé dans la zone d'exposition a été déplacé sur la façade côté mer des bâtiments et ce, à l'échelle du 1 :500. Lorsque les images infrarouges n'étaient pas disponibles, comme pour le secteur de Pointe-à-la-Garde à Pointe-Escuminac et le secteur du barachois de Nouvelle, le déplacement des points s'est fait à partir des orthophotos 2001 à l'échelle du 1 : 2000. Les images obliques (prises à vol d'hélicoptère le 12 septembre 2010) ont aussi été utilisées afin d'obtenir plus de précision et de se situer spatialement avec la base de données. L'identification et l'utilisation des bâtiments ont été validées à l'aide des bases de données cadastrales fournies par chacune des MRC.

Puisque les bâtiments secondaires n'ont pas d'entrée individuelle dans la base de données du rôle d'évaluation, ils ont été géoréférencés à l'aide de l'imagerie. Aucune valeur n'est associée à ces points; elle est cependant incluse dans la valeur du bâtiment principal correspondant. Plusieurs bâtiments non inventoriés dans les données du rôle 2010 ont été observés sur l'imagerie oblique 2010. Ces bâtiments font aussi partie de la base de données mais n'ont pas de valeur foncière associée. Enfin, une validation sur le terrain a été nécessaire pour bien associer le centroïde de la matrice foncière avec le bon bâtiment.

Il est à noter que la classification du rôle d'évaluation peut occasionner certaines erreurs d'interprétation. Par exemple, les résidences principales, les chalets, les maisons mobiles et les roulottes

sont classés séparément. Or, un chalet peut être occupé à l'année comme une résidence principale tout comme une maison mobile peut être utilisée comme un chalet. Cependant, la classification originale du rôle a été maintenue, car le type de bâtiments est généralement très différent, ce qui implique des stratégies d'adaptation différentes pour faire face à l'érosion côtière. Par exemple, les maisons mobiles et les roulottes se déplacent facilement et, en cas d'obligation de déplacement, occasionnent un défi moins important qu'un chalet qui est souvent ancré au sol. De même, une résidence principale est généralement un bâtiment plus important avec une fondation et il est souvent occupé à l'année. Nous croyons donc que la classification du rôle se prête bien pour l'analyse de l'*exposition* car elle permet de distinguer de façon générale les types de bâtiments.

Il est aussi possible qu'un bâtiment secondaire ou un bâtiment non inventorié dans le rôle corresponde à un chalet ou à une maison mobile, ce qui peut occasionner une erreur d'interprétation des statistiques globales. Ils sont maintenus séparés dans l'analyse car ils n'ont pas de valeur foncière déterminée. La base de données du système d'information géographique permet cependant de visualiser facilement l'information reliée à chaque bâtiment cartographié.

2.3 Traitement des données linéaires (infrastructures)

Les infrastructures linéaires considérées dans cette étude comprennent les routes (provinciales et municipales), les réseaux d'aqueduc et d'égout, le chemin de fer et les sentiers récréotouristiques (sentiers pédestres et pistes cyclables). Les routes et le chemin de fer ont été numérisés à l'aide des images de 2007. Les tracés des routes longent le côté mer de l'infrastructure sur la ligne blanche de l'accotement lorsque présente, sinon, à la limite de la chaussée. Le tracé du chemin de fer longe la bordure de l'emprise du côté mer. Les tracés pour les réseaux d'aqueduc et d'égout ainsi que les sentiers récréotouristiques de la MRC de Bonaventure ont été fournis par la MRC de Bonaventure. Pour Maria et Carleton-sur-Mer, des plans ont été fournis par les municipalités et la numérisation a été effectuée par l'équipe de réalisation.

À la suite de la validation de tous les tracés, une segmentation a été effectuée afin d'obtenir des tronçons de 10 m. Cette segmentation a été effectuée automatiquement à l'aide d'une fonction du logiciel ArcGis.

La valeur de construction ou de remplacement d'une infrastructure linéaire n'est pas uniforme le long des tracés; chaque tronçon présente des caractéristiques et des contraintes variées qui influencent les coûts. De plus, dans le cas des routes, il existe plusieurs catégories allant du chemin secondaire non pavé à la route provinciale. Il a été convenu pour les fins de l'étude de créer deux classes : routes provinciales (route 132) et routes municipales. L'objectif ici est de donner un ordre de grandeur pour apprécier l'importance économique de chaque type d'infrastructure. Afin d'obtenir une valeur plausible, des personnes ressources compétentes ont été interpelées. Le tableau 4 présente la valeur retenue pour chaque type d'infrastructure et la source de l'information.

Tableau 4. Valeur estimée des infrastructures

Type d'infrastructure	Valeur en $ pour le mètre linéaire	Commentaire	Source
Route municipale	1000	Moyenne des différents types de routes locales	Donald Labbé, ingénieur MTQ, (comm. pers., 2007) et Progest experts conseils (comm. pers., 2007)
Route provinciale	1200	Route 132	Donald Labbé, ingénieur MTQ, (comm. pers., 2007)
Égout et aqueduc	1000	Valeur de l'infrastructure et de sa mise en place sans compter la valeur de la route.	Raynald Méthot, conseiller aux affaires municipales. Information obtenue auprès de la Direction des infrastructures du MAMOT (comm. pers., 2013)
Égout seulement	500		
Aqueduc seulement	500		
Chemin de fer	620	C'est le coût minimum étant donné que la voie est déjà en place et au niveau.	Olivier Demers, Corporation des Chemin de fer de la Gaspésie (comm. pers., 2007)
Piste cyclable Pointe Taylor (New-Richmond)	75	Piste qui fait une boucle près de l'embouchure de la rivière Petite Cascapédia	Richard Cormier, urbaniste, Municipalité de New-Richmond (comm. pers., 2013)
Piste cyclable barachois de Carleton	135	Piste qui longe la route du camping (de la 132 jusqu'au bout de la pointe sur 2425 m de long)	Karl Leblanc, directeur des travaux publics, Municipalité de Carleton-sur-Mer (comm. pers., 2013)
Autres sentiers pédestres et multisports	30	Sentiers à Hope, Paspébiac et Caplan; moyenne approximative	Municipalités de Hope, Paspébiac et Caplan (comm. pers., 2013)

2.4 Calcul de l'exposition

Pour chaque point représentant un bâtiment et pour chaque ligne représentant un tronçon de 10 m d'une infrastructure linéaire, la distance la plus proche à la *ligne de rivage* ou au *trait de côte* a été calculée automatiquement à l'aide d'une fonction du logiciel ArcGIS (« Near »). Une validation manuelle a été réalisée. L'*exposition* est basée sur deux paramètres : 1) le taux probable de déplacement de la ligne de rivage ou du trait de côte estimé pour chaque *unité géomorphologique homogène* et 2) sur le *recul événementiel* maximal possible pour chaque type de côte. Ces paramètres sont basés sur les données d'évolution historique (voir détails méthodologiques dans Bernatchez *et al.*, 2012). Toutes les données du rapport ainsi que les cartes d'exposition incluent ces deux paramètres. Le taux de déplacement projeté dans le futur est le taux le plus probable en tenant compte des modifications récentes du climat. Le recul événementiel est basé sur des mesures concrètes obtenues par le LDGIZC suite à des événements de tempête. Il y a donc la possibilité à tout moment qu'un recul de cette envergure se produise. L'équation pour calculer l'exposition est présentée à la figure 2.

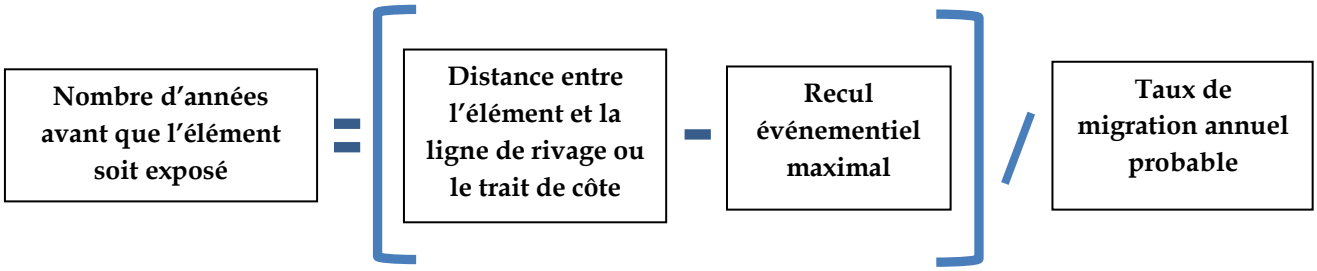


Figure 2. Équation pour calculer l'exposition des bâtiments et des infrastructures à l'érosion côtière

L'*exposition* est calculée selon 7 classes de temps (tableau 5). Les classes 2007-2015 et 2015-2020 représentent l'exposition à court terme. Les 3 classes suivantes permettent d'évaluer l'exposition à moyen terme jusqu'en 2050. Enfin, les classes 2050-2060 et 2060-2100 représentent un horizon à long terme. Les couleurs présentées dans le tableau 5 sont celles utilisées pour la cartographie. Cette approche permet donc de faire un portrait d'ensemble des bâtiments et des infrastructures exposées à l'*érosion côtière* selon différents horizons de temps. Chaque horizon de temps peut aussi être associé à un degré d'exposition (tableau 5). Cependant, dans une optique de planification de l'aménagement et des activités côtières, l'horizon de temps est très concret pour les gestionnaires et permet d'identifier ce qui est exposé actuellement (2007-2015) ou très prochainement (2015-2020) versus ce qui sera seulement exposé en 2040. Il devient ainsi intéressant de faire le lien avec des plans de développement sur plusieurs années. Sur les cartes, l'exposition est ainsi présentée selon les horizons de temps. Le nombre et la valeur foncière des bâtiments ainsi que la longueur des infrastructures linéaires et la valeur de reconstruction sont déterminés pour chaque horizon.

Tableau 5. Classes de temps pour l'exposition des bâtiments et des infrastructures

Horizon de temps	Degré d'exposition
2007-2015	Très élevé
2015-2020	Élevé
2020-2030	Modéré à élevé
2030-2040	Modéré
2040-2050	Faible
2050-2060	Très faible
2060-2100	Très faible à nul

2.5 Cas spécifiques

2.5.1 Ouvrages de protection côtière

À la différence de l'analyse de la *vulnérabilité* qui tient compte des solutions d'adaptation, les projections pour l'analyse de l'*exposition* ne tiennent pas compte des ouvrages de protection contre l'érosion qui sont actuellement présents sur les côtes. Le taux probable est basé sur l'évolution historique de chaque *unité géomorphologique homogène* comprenant ou non des ouvrages de protection. Il est ainsi possible que des bâtiments et des infrastructures situés dans une zone protégée soient considérés comme exposés à court, moyen ou long terme. La date réelle d'exposition dépendra de la qualité et de l'entretien de l'ouvrage.

Ce choix méthodologique a été fait pour trois raisons :

1) Il n'est pas possible de connaître hors de tout doute le degré d'entretien des ouvrages existants tout comme la construction de nouveaux ouvrages dans le futur;
2) Même si des bâtiments et des infrastructures considérés comme exposés ne sont pas réellement affectés dans l'horizon indiqué, cette information est cependant pertinente pour mettre en lumière l'importance de l'ouvrage de protection; ce qui peut être utile pour planifier l'aménagement du secteur;
3) Les ouvrages de protection, même récents et solides, sont sujets à un *recul événementiel*. Tel qu'observé lors de l'événement du 6 décembre 2010 (Quintin *et al.*, 2013), il est fréquent qu'un mur ou un enrochement soit ponctuellement détruit lors d'une tempête. Certains sont réparés ou reconstruits et d'autres sont abandonnés laissant la côte reprendre son profil naturel.

2.5.2 Bâtiments ou infrastructures dans une falaise

Le *trait de côte* situé en haut de la falaise présente souvent un taux de recul et presque toujours une mesure de *recul événementiel* applicable aux bâtiments ou aux infrastructures situés en haut de la falaise. Cependant, aucun calcul ne permet de mesurer l'exposition des bâtiments ou des infrastructures situés dans la pente ou au pied d'une falaise. Considérant la combinaison des processus marins et des processus de pente, ces éléments ont été classés dans l'horizon 2007-2015.

2.5.3 Secteurs de côtes en accumulation

Bien que l'évolution à long terme soit une accumulation de terrain pour certains secteurs, il est possible qu'un événement de tempête produise un recul ponctuel de la ligne de rivage. Dans ces secteurs, les bâtiments et les infrastructures étant à une distance inférieure au *recul événementiel* sont classés dans l'horizon 2007-2015.

3. Résultats d'entrevues auprès des autorités municipales locales et régionales responsables de l'aménagement du territoire et de la sécurité civile

Les entrevues avec les 22 acteurs locaux et régionaux ont permis de comprendre l'importance des préoccupations vécues au niveau local et régional en lien avec les *aléas* côtiers. Les résultats montrent que les répondants sont conscients de la présence du phénomène de l'*érosion côtière* et y accordent déjà beaucoup d'attention. En effet, 91% des répondants observent le phénomène sur leur territoire et 85% de ceux-ci constatent une augmentation du processus d'érosion dans le temps. Les répondants affirment d'ailleurs à 91% que leur territoire est affecté par les vagues de tempête et les trois quarts d'entre eux observent une augmentation de ce processus. La même proportion de répondants observe aussi une diminution du couvert de glace. L'érosion côtière fait donc partie des préoccupations actuelles et prioritaires pour les intervenants. Ils font déjà mention de plusieurs types de bâtiments et d'infrastructures ayant subi des dommages par les *aléas* côtiers, dont, en ordre d'importance, les routes, les infrastructures municipales, les chalets, les bâtiments historiques et les résidences (figure 3).

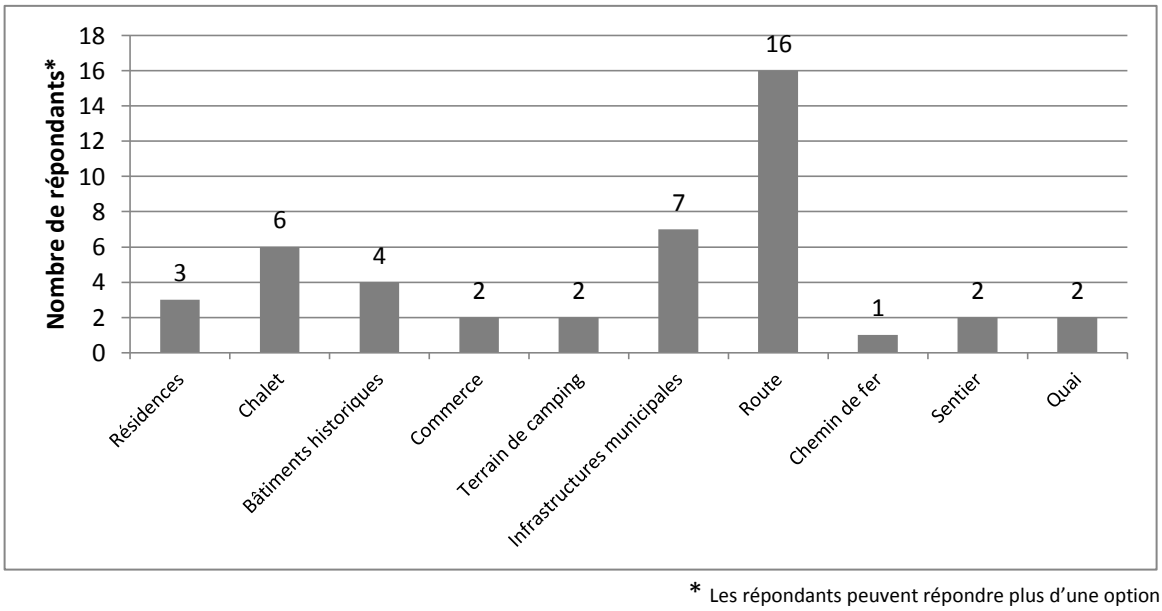


Figure 3. Réponses à la question : « Quels bâtiments et infrastructures sont-ils affectés par l'érosion ou la submersion côtière? »

Les entrevues ont permis de connaître les rôles des répondants dans la prévention, dans le choix et la mise en place des mesures de protection et/ou d'adaptation et dans les mesures d'urgences lors de *sinistres*. Ces données feront l'objet d'une analyse dans une phase ultérieure de l'étude qui inclura les *enjeux* de deuxième degré. Enfin, les entrevues ont permis de connaître les besoins des répondants pour faciliter la gestion du territoire en fonction des *aléas* côtiers. Les réponses obtenues ont été utiles afin d'orienter le développement de l'outil cartographique qui fait l'objet de ce rapport. A la question : « Êtes-vous assez outillés pour que votre communauté puisse s'adapter aux *aléas* côtiers? », la réponse fut négative pour la totalité des répondants. Le manque d'outils est donc généralisé autant pour les intervenants locaux que régionaux. Lorsqu'interrogés sur le type d'outil qu'ils auraient besoin, neuf répondants sur vingt-deux ont répondu avoir besoin d'un outil réglementaire (figure 4).

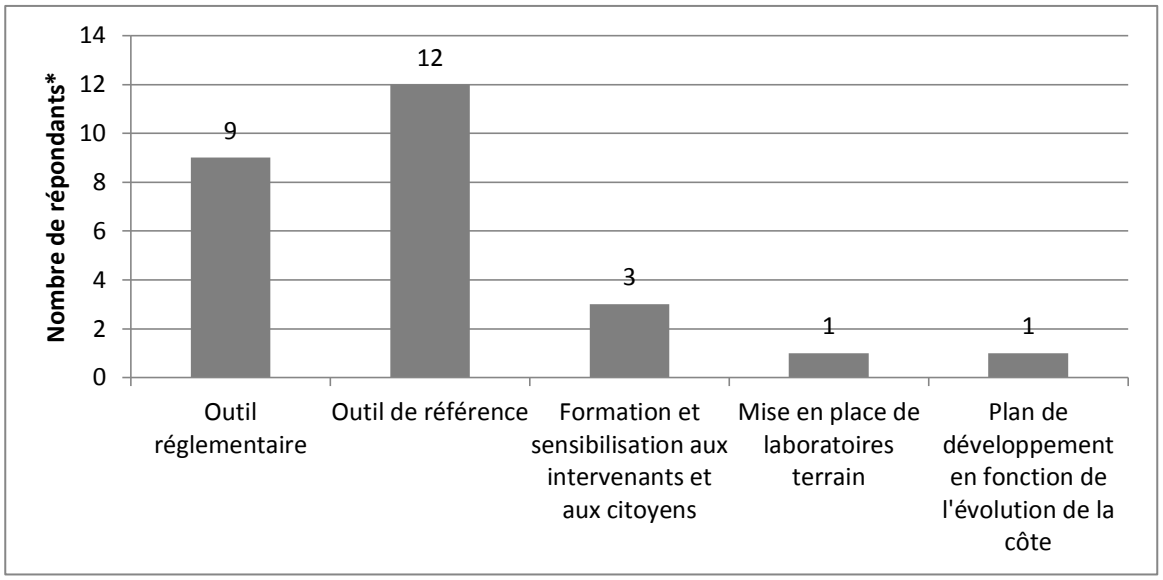
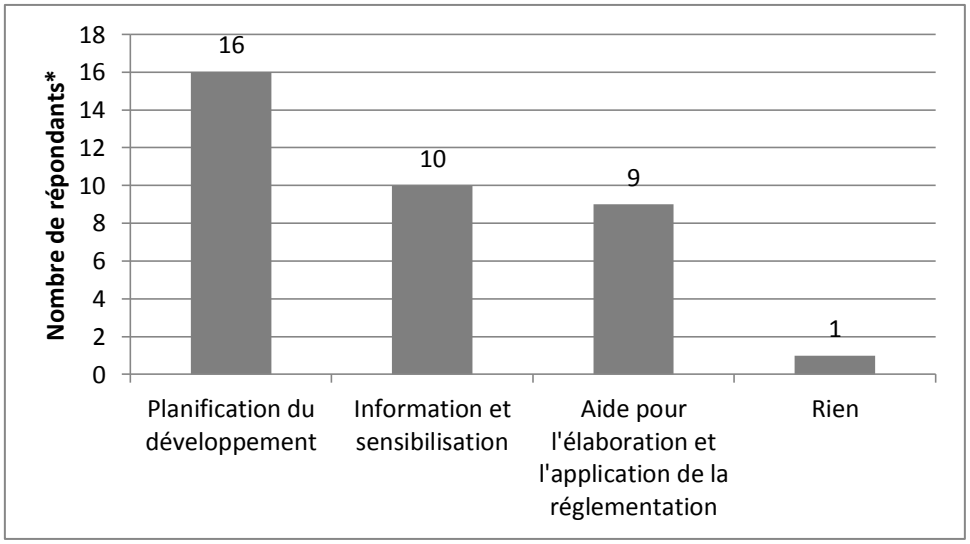


Figure 4. Réponses à la question : « Quelle sorte d'outil auriez-vous besoin pour faciliter le choix des solutions d'adaptation à l'érosion et à la submersion côtières et améliorer la planification du développement du territoire dans un contexte de changements climatiques? »

Le principal outil réglementaire mentionné est la mise en place d'un zonage du *risque* d'érosion. Les répondants ayant manifesté ce besoin affirment qu'ils ne peuvent pas intervenir pour limiter le développement en zone à risque et que la Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables n'est pas bien adaptée à l'*aléa* érosion côtière. Le processus de mise en place d'un zonage du risque d'érosion est en cours depuis quelques années. En août 2011, le ministère de la Sécurité publique du Québec a transmis des cartes de type de côtes avec un cadre normatif qui pouvait être intégré au schéma d'aménagement ou au règlement d'urbanisme. Cependant, les MRC d'Avignon et de Bonaventure n'ont toujours pas modifié le schéma d'aménagement car elles attendent d'avoir en main une cartographie plus détaillée qui propose des marges mieux adaptées à chaque portion de côte de leur territoire.

Les répondants sont d'avis qu'un règlement ne suffit pas et plus de la moitié (12/22) ont répondu avoir besoin d'un outil de référence. Les outils de référence mentionnés comprennent la cartographie précise de l'évolution de la côte, l'accès à une base de données côtières (sensibilité, vulnérabilité, risque, usages) et l'accès à des études scientifiques concrètes et adaptées au milieu local. Ces outils permettraient selon eux d'avoir une fine connaissance du phénomène de l'érosion côtière sur leur territoire pour mieux planifier, mieux intervenir et mieux renseigner la population. L'outil développé dans la présente étude répond ainsi à ces besoins et va même plus loin avec des projections dans le futur. Quelques répondants ont aussi fait mention de formation et de sensibilisation, de mise en place de laboratoire terrain pour tester des méthodes de protection et aussi d'un plan de développement en fonction de l'évolution de la côte (figure 4).

L'outil cartographique sur l'*exposition* des bâtiments et des infrastructures, qui était en cours de développement lors de l'entrevue, a été présenté aux répondants afin de recueillir leurs commentaires et intégrer leurs suggestions. Lorsque questionnés sur l'utilité d'un tel outil, ils ont répondu que l'outil pourrait d'abord servir pour la planification du développement (16/22), ensuite pour informer et sensibiliser les citoyens (10/22) et en troisième lieu pour l'aide à l'élaboration et à l'application de la réglementation (9/22) (figure 5).



* Les répondants peuvent répondre plus d'une option

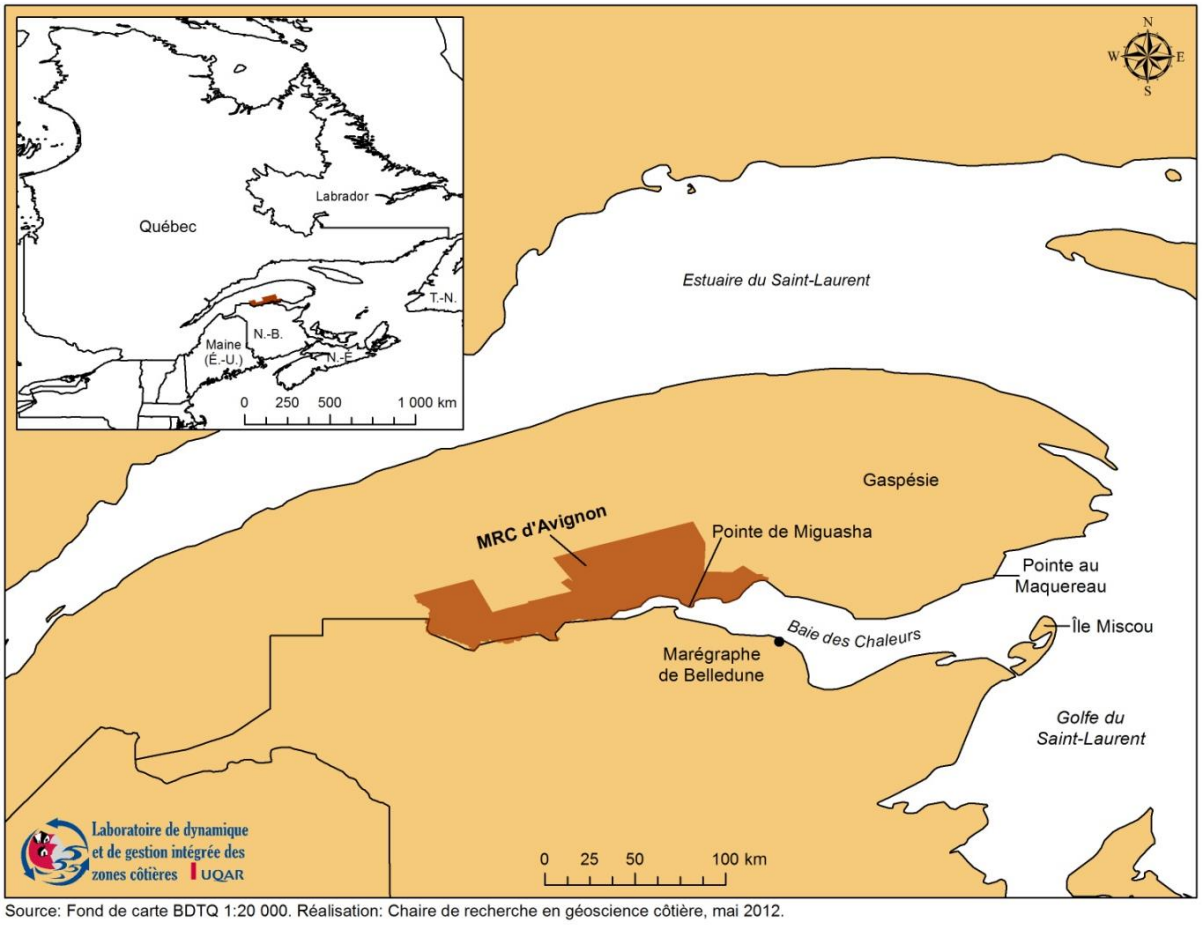
Figure 5. Réponses à la question : « A quoi peut vous servir l'outil sur l'exposition des bâtiments et des infrastructures? »

Donc l'outil répond directement à un besoin exprimé et, jumelé à un outil réglementaire, permettra de bien encadrer les projets de développement à moyen et à long terme.

4. MRC d'Avignon

4.1 Localisation de la zone d'étude

La MRC d'Avignon se situe dans le sud-ouest de la Gaspésie, sur la rive nord de la baie des Chaleurs (figure 6). Le territoire de la MRC analysé dans cette étude comprend **94,5 km de côte** linéaire situés dans les municipalités d'Escuminac, de Nouvelle, de Carleton-sur-Mer et de Maria (figure 7). Le territoire de Gesgapegiag est aussi compris dans l'étude. Le territoire se limite à l'ouest par la pointe à la Garde et à l'est par la rivière Cascapédia et comprend cinq *unités hydrosédimentaires*.



Source: Fond de carte BDTQ 1:20 000. Réalisation: Chaire de recherche en géoscience côtière, mai 2012.

Figure 6. Localisation de la MRC d'Avignon

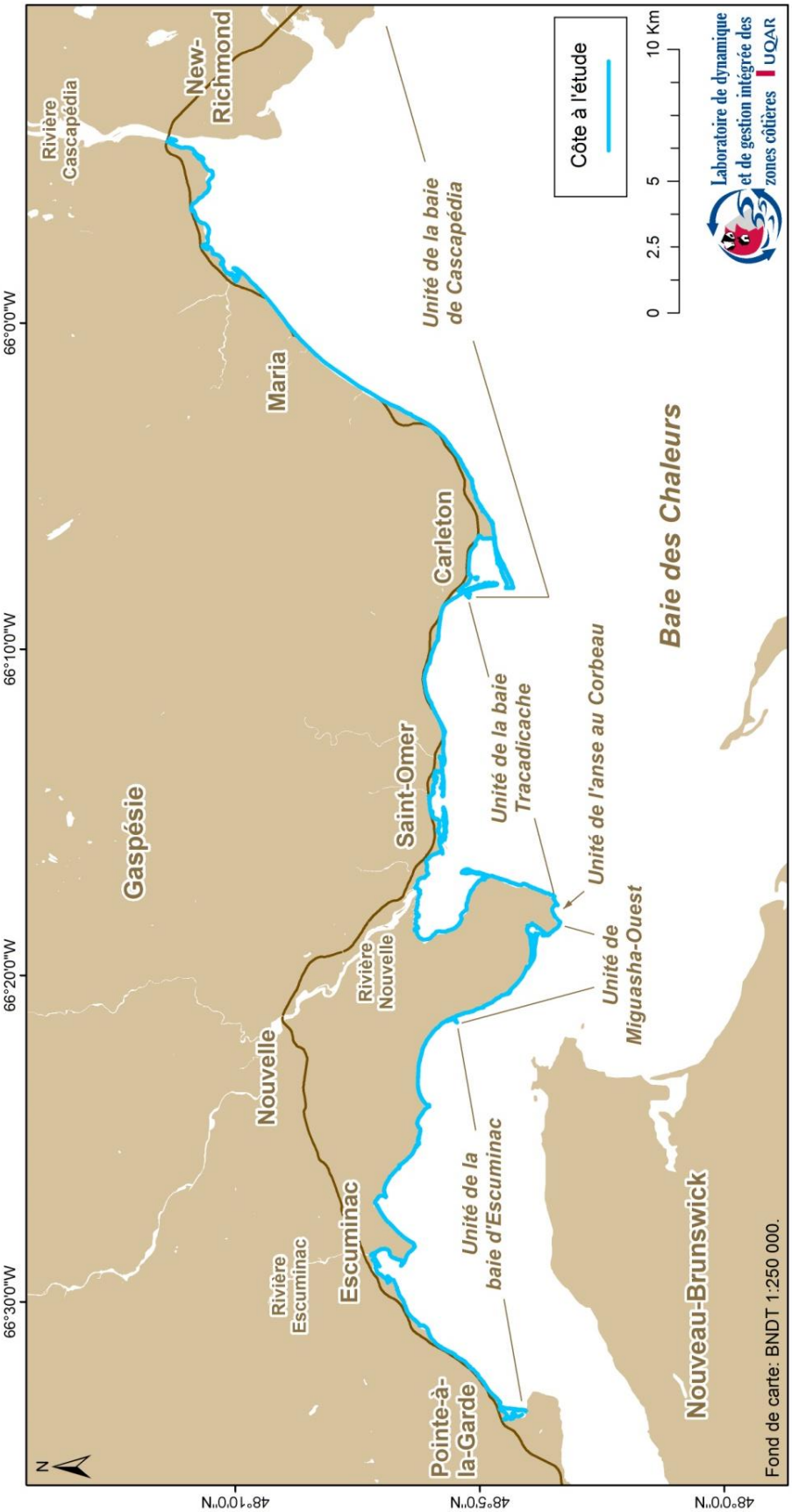


Figure 7. Territoire côtier à l'étude – MRC d'Avignon

4.2 Portrait de l'exposition des bâtiments et des infrastructures à l'érosion côtière dans la MRC d'Avignon

4.2.1 Portrait général

Tel que présenté dans le rapport sur les marges de sécurité en *érosion côtière* (Bernatchez *et al*., 2012), les taux de recul sont plutôt faibles historiquement dans la MRC d'Avignon. La forte proportion de falaise rocheuse et la position abritée du territoire au fond de la baie des Chaleurs diminuent la sensibilité des côtes à l'érosion. Toutefois, les préoccupations liées à l'érosion côtière sont grandissantes car le cadre bâti est important en bordure du littoral et 23% des côtes sont déjà artificialisées par des ouvrages de protection (Bernatchez *et al*., 2012). L'analyse de l'*exposition* indique que 17,3 km d'infrastructures linéaires et 148 bâtiments sont exposés à court terme (d'ici 2020), représentant une valeur de 24,6 millions de dollars (tableau 6). A long terme (d'ici 2100), en supposant qu'aucune solution d'adaptation n'est mise en place, c'est 25,5 km d'infrastructures linéaires et 384 bâtiments qui seront exposés pour une valeur de 46,6 millions de dollars.

Tableau 6. Portrait général des bâtiments et des infrastructures exposés à l'érosion côtière à court, moyen et long terme pour la MRC d'Avignon

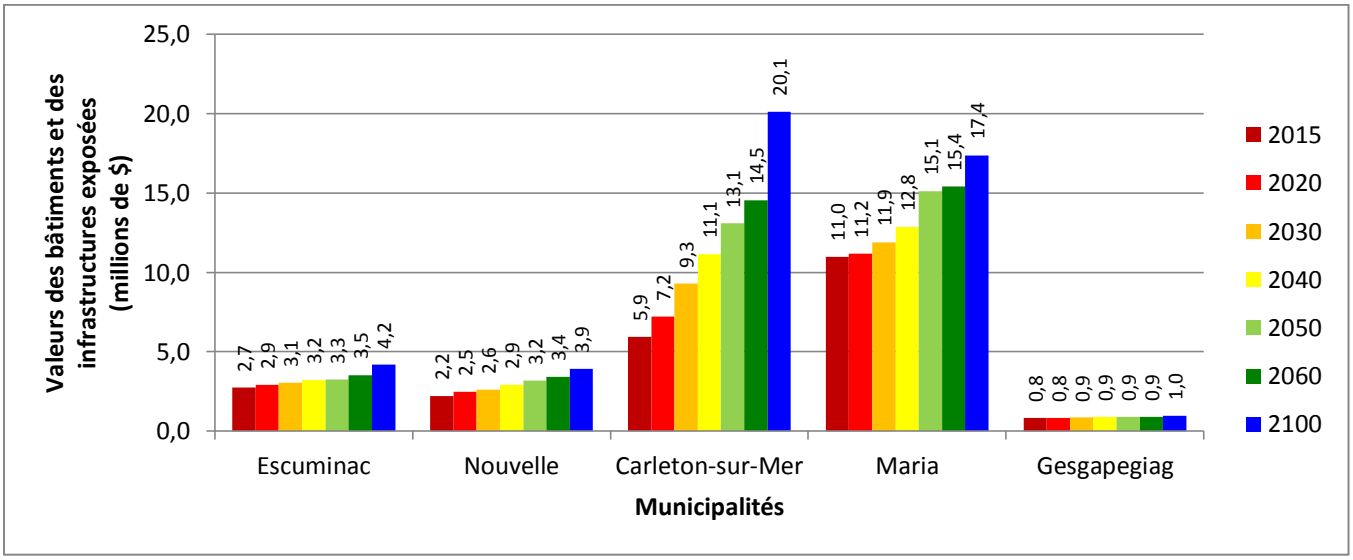
	2020 – Court terme			2050 – Moyen terme			2100 – Long terme		
Type d'éléments	Longueur (km)	Nombre	Valeur (millions $)	Longueur (km)	Nombre	Valeur (millions $)	Longueur (km)	Nombre	Valeur (millions $)
Bâtiments	na	148	7,5	na	249	14,9	na	384	22,1
Routes	12	na	13,3	14,2	na	15,6	16,8	na	18,3
Aqueduc et égout	3,1	na	2,7	4,5	na	3,9	5,7	na	4,9
Chemin de fer	1,6	na	1,0	1,7	na	1,1	1,8	na	1,1
Sentiers récréotouristiques	0,6	na	0,1	0,6	na	0,1	1,2	na	0,2
TOTAL	17,3	148	24,6	21,0	249	35,6	25,5	384	46,6

* Les chiffres sont cumulatifs dans le temps

A court terme, ce sont les routes qui représentent le plus gros *enjeu* financier avec 54% de la valeur totale et presque le double de la valeur des bâtiments. Cependant, à long terme, la valeur des bâtiments exposés dépasse celle des routes. En 2100, le nombre de bâtiments exposés va presque tripler par rapport à 2020 tandis que la longueur de routes exposées augmente par moins de 30% pour la même période. Les réseaux d'aqueduc et d'égout de Maria et de Carleton-sur-Mer représentent le troisième *enjeu* en importance. Les tronçons exposés atteignent 3,1 km en 2020 et vont presque doubler en 2100 selon une évolution linéaire et constante dans le temps. La longueur de chemin de fer exposée en 2020 est de 1,6 km et se concentre sur un seul tronçon à Carleton-sur-Mer. La longueur augmente légèrement à 1,8 km en 2100. Les sentiers récréotouristiques ne comptent que la piste cyclable du barachois de Carleton et la distance exposée double dans le temps (0,6 km en 2020 et 1,2 km en 2100).

La municipalité la plus touchée à court terme est Maria avec une valeur totale des bâtiments et des infrastructures exposés de 11 millions de dollars en 2015 (figure 8). Cette valeur grimpe à 17,4 millions en 2100 avec une courbe linéaire constante. Carleton-sur-Mer présente une valeur moins élevée en 2015 (5,9 millions), mais augmente de façon plus prononcée jusqu'à dépasser Maria en 2100 atteignant 20,1

millions de dollars. Escuminac et Nouvelle ont des valeurs équivalentes dans le temps (respectivement 2,7 et 2,2 millions de dollars en 2015; 4,2 et 3,9 millions en 2100). Gesgapegiag augmente légèrement de 0,8 en 2015 à 1 millions de dollars en 2100.



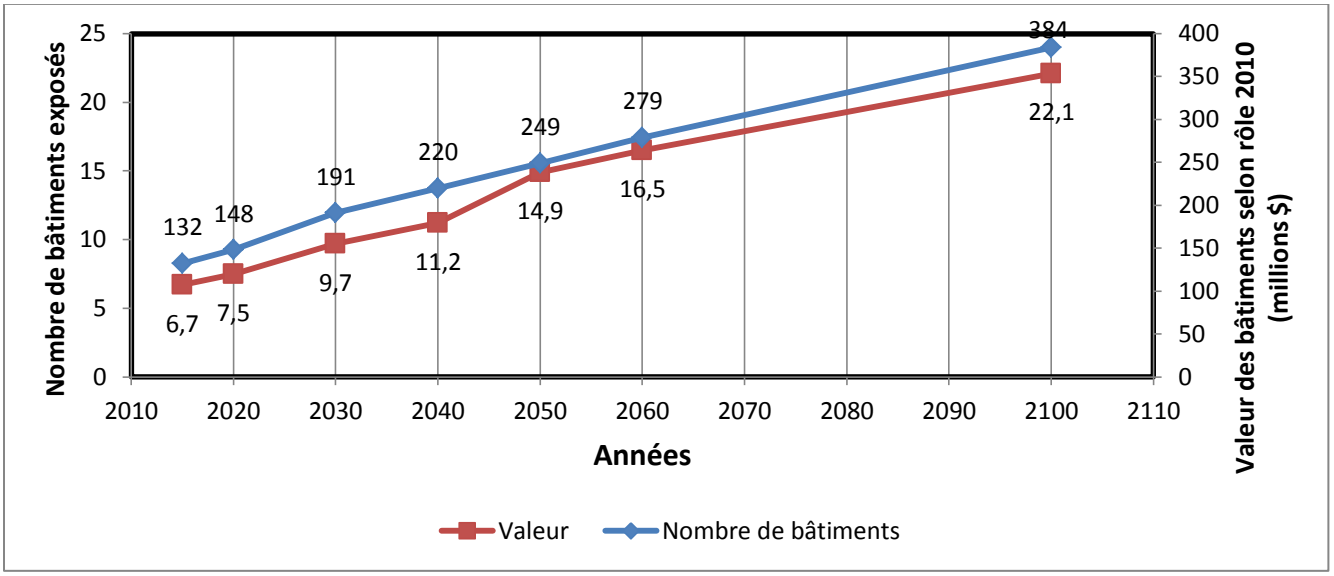
* Les chiffres sont cumulatifs dans le temps

Figure 8. Valeur des bâtiments et des infrastructures exposés à l'érosion côtière d'ici 2100 pour chaque municipalité de la MRC d'Avignon

Un portrait de chaque type d'éléments exposés est présenté dans les sections suivantes et la section 3.3 offre une description des secteurs comprenant une plus forte concentration de bâtiments et d'infrastructures exposés sous forme de fiche descriptive.

4.2.2 Bâtiments

Les mesures de l'*exposition* des bâtiments à l'*érosion côtière* indiquent que 132 bâtiments d'une valeur de 6,7 millions sont exposés en 2015 et augmentent de façon linéaire à 384 en 2100 pour une valeur de 22,1 millions (figure 9). Cette augmentation constante indique une répartition des bâtiments bien étalée dans l'espace sans concentration particulière en fonction d'un horizon de temps. L'augmentation plus marquée de la valeur entre 2040 et 2050 est attribuable à deux maisons pour personnes retraitées autonomes qui deviennent exposées à cette période (tableau 7).



* Les chiffres sont cumulatifs dans le temps

Figure 9. Nombre et valeur des bâtiments exposés à l'érosion côtière d'ici 2100 – MRC d'Avignon

Le tableau 7 présente les types de bâtiments selon la classification du rôle d'évaluation foncière du Québec (MAMROT, 2010). La majorité des bâtiments exposés sont des chalets (65 en 2015), ce qui est significatif de l'importance de la villégiature dans la MRC. Les résidences principales viennent ensuite avec 25 bâtiments en 2015. Entre 2015 et 2100, le nombre de résidences principales exposées est multiplié par 5 tandis que le nombre de chalets augmente seulement du double. On observe ainsi que la valeur des résidences principales est semblable à celle des chalets en 2015 mais devient trois fois supérieure en 2100. Les bâtiments secondaires occupent le troisième rang pour le nombre (24 en 2015), mais aucune valeur individuelle ne leur est associée; tel qu'expliqué dans la méthodologie (section 2.2), leur valeur est incluse dans celle du bâtiment principal du même lot. Il s'agit souvent de garages, de hangars, de granges, de cabines et de chalets qui n'ont pas été identifiés ou inventoriés dans la base de données du rôle. Dans les bâtiments commerciaux ou de services, on note une épicerie à Maria qui est déjà exposée en 2015, trois hôtels dont deux à Carleton-sur-Mer déjà exposés en 2015 et trois maisons pour personnes retraitées autonomes dont une exposée en 2015 à Carleton-sur-Mer.

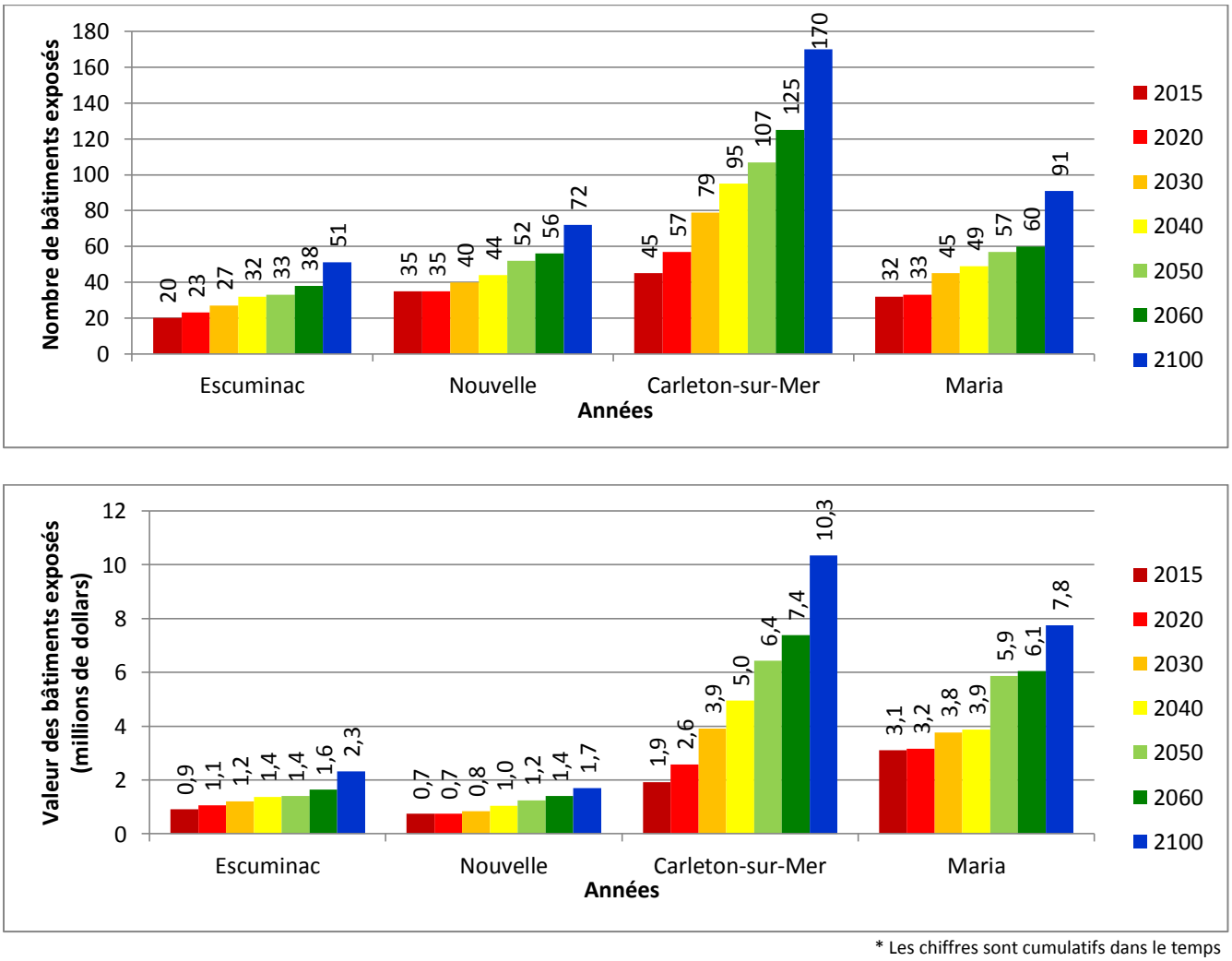
Tableau 7. Nombre, valeur et type de bâtiments exposés à l'érosion côtière d'ici 2100 pour la MRC d'Avignon

Code du rôle d'évaluation et type de bâtiment	2015		2020		2030		2040		2050		2060		2100	
	Nb	Valeur ($)	Nb	Valeur ($)	Nb	Valeur ($)	Nb	Valeur ($)	Nb	Valeur ($)	Nb	Valeur ($)	Nb	Valeur ($)
1000 – Logement (résidence principale)**	25	1 955 490	30	2 442 880	43	4 120 240	54	5 254 010	66	6 386 970	77	7 400 890	123	12 035 200
1100 - Chalet ou maison de villégiature	65	1 772 360	74	2 116 250	87	2 580 210	97	2 944 090	105	3 127 650	116	3 640 000	138	4 411 140
1211 - Maison mobile	2	70 900	3	97 980	4	129 700	5	151 170	7	203 270	7	203 270	8	223 850
1212 - Roulotte résidentielle	1	13 120	1	13 120	1	13 120	1	13 120	1	13 120	1	13 120	1	13 120
1543 - Maison pour personnes retraitées autonomes	1	440 850	1	440 850	1	440 850	1	440 850	3	2 762 630	3	2 762 630	3	2 762 630
1990 - Autres immeubles résidentiels	4	9 780	4	9 780	6	14 950	9	20 900	9	20 900	10	21 220	12	23 700
4299 - Autres transports par véhicule automobile	1	17 060	1	17 060	1	17 060	1	17 060	1	17 060	1	17 060	1	17 060
5020 - Entreposage de tout genre	1	17 900	1	17 900	1	17 900	1	17 900	1	17 900	1	17 900	1	17 900
5411 - Vente au détail de produits d'épicerie	1	1 476 600	1	1 476 600	1	1 476 600	1	1 476 600	1	1 476 600	1	1 476 600	1	1 476 600
5831 - Hôtel (incluant les hôtels-motels)	2	589 670	2	589 670	2	589 670	2	589 670	2	589 670	2	589 670	3	757 060
6376 - Entreposage et service d'entreposage	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	14 610	1	14 610
7113 - Musée (patrimoine culturel)	1	60 320	1	60 320	1	60 320	1	60 320	1	60 320	1	60 320	1	60 320
7199 - Autres expositions d'objets culturels	1	40 610	1	40 610	1	40 610	1	40 610	1	40 610	1	40 610	1	40 610
7441 - Marina, port de plaisance et quai d'embarquement	1	179 060	1	179 060	1	179 060	1	179 060	1	179 060	1	179 060	1	179 060
7491 - Camping (excluant le caravaning)	1	2 130	1	2 130	1	2 130	1	2 130	1	2 130	1	2 130	1	2 130
7612 - Belvédère, halte routière ou station d'interprétation	1	40 200	1	40 200	1	40 200	1	40 200	1	40 200	1	40 200	1	40 200
8100 - Agriculture / maison	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	45 510
(vide) - Bâtiment secondaire ou non inventorié	24	0	25	0	39	0	43	0	48	0	54	0	86	0
Total général :	132	6 686 050	148	7 544 410	191	9 722 620	220	11 247 690	249	14 938 090	279	16 479 290	384	22 120 700

* Les chiffres sont cumulatifs dans le temps.

** Les types de bâtiments qui se démarquent par leur nombre important ou leur valeur foncière élevée sont surlignés en couleur associée à l'horizon de temps correspondant.

La répartition géographique des bâtiments exposés montre que c'est à Carleton-sur-Mer que l'on retrouve le plus grand nombre de bâtiments exposés en 2015, suivi de Nouvelle et Maria qui présentent un nombre semblable et puis d'Escuminac où les bâtiments exposés sont un peu moins nombreux (figure 10). En 2015, la valeur totale des bâtiments exposés est la plus importante à Maria et la moins importante à Nouvelle. Sur les 35 bâtiments exposés à Nouvelle, seulement 1 correspond à une résidence principale tandis que sur les 32 à Maria, on retrouve 15 résidences principales. C'est tout de même à Carleton-sur-Mer que le nombre et la valeur des bâtiments deviennent les plus élevés avec le temps pour atteindre 170 bâtiments en 2100 d'une valeur de 10 millions de dollars. Les graphiques de la figure 10 font ressortir deux réalités différentes. Pour Escuminac et Nouvelle, le nombre de bâtiments exposés est important à court terme et n'augmente pas de façon significative dans le temps, ce qui indique que les bâtiments sont principalement implantés au front de mer et que peu de bâtiments se retrouvent actuellement légèrement en retrait. À Carleton-sur-Mer et Maria, on observe plutôt une augmentation marquée du nombre de bâtiments exposés dans le temps, ce qui est caractéristique d'une plus forte densité de la zone urbanisée et de la présence de quartiers d'habitations où on retrouve des bâtiments pas seulement au front de mer.

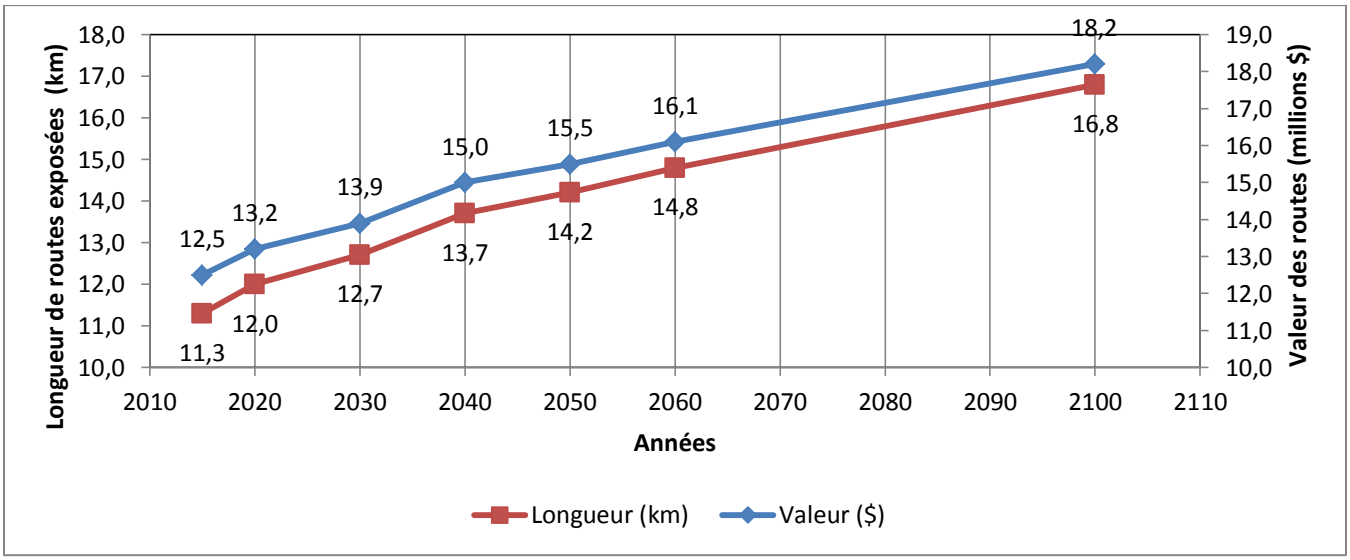


* Les chiffres sont cumulatifs dans le temps

Figure 10. Nombre et valeur des bâtiments exposés à l'érosion côtière d'ici 2100 pour chacune des municipalités de la MRC d'Avignon.

4.2.3 Routes

L'*exposition* des routes représente l'*enjeu* financier le plus important à court terme dans la MRC d'Avignon avec une valeur de 12,5 millions en 2015 (figure 11). La longueur de routes exposées, qui est de 11,3 km en 2015, augmente de façon un peu plus marquée en 2020 et reste constante dans le temps par la suite pour atteindre près de 17 km en 2100.

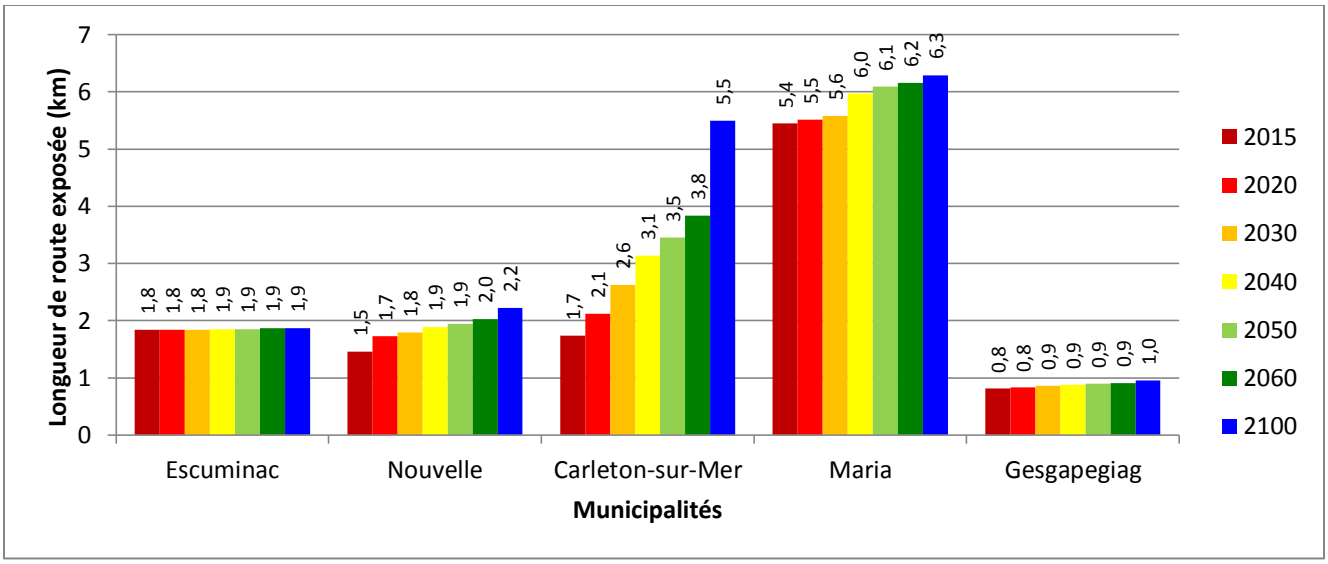


* Les chiffres sont cumulatifs dans le temps

Figure 11. Longueur et valeur des routes exposées à l'érosion côtière d'ici 2100 – MRC d'Avignon

Les routes exposées se situent principalement à Maria et Carleton-sur-Mer (figure 12). À Maria, c'est la route 132 qui compte pour la plus grande longueur avec près de 5 km, représentant 84% des routes provinciales exposées de la MRC pour 2015 (tableau 8). Les routes municipales exposées de Maria vont quant à elles plus que doubler entre 2015 et 2100 avec un saut considérable en 2040 attribuable à la présence de la rue des Tournepierres. A Carleton-sur-Mer, la longueur des routes municipales et provinciales exposées en 2015 est semblable. On remarque cependant que l'exposition des routes municipales va augmenter de façon plus importante jusqu'en 2100. A cette date, on retrouve presque la même longueur de route exposée à Maria et à Carleton-sur-Mer.

A Escuminac, la totalité des routes exposées fait partie du même tronçon de la route d'Escuminac Flats. C'est une route secondaire asphaltée qui est déjà exposée en 2015. Enfin, à Nouvelle et Gesgapegiag, il s'agit de quelques segments de routes secondaires pour la plupart non asphaltées et qui sont déjà exposées en 2015 sans augmentation notable d'autres tronçons exposés dans le temps.



* Les chiffres sont cumulatifs dans le temps

Figure 12. Longueur de route exposée à l'érosion côtière d'ici 2100 pour chacune des municipalités de la MRC d'Avignon.

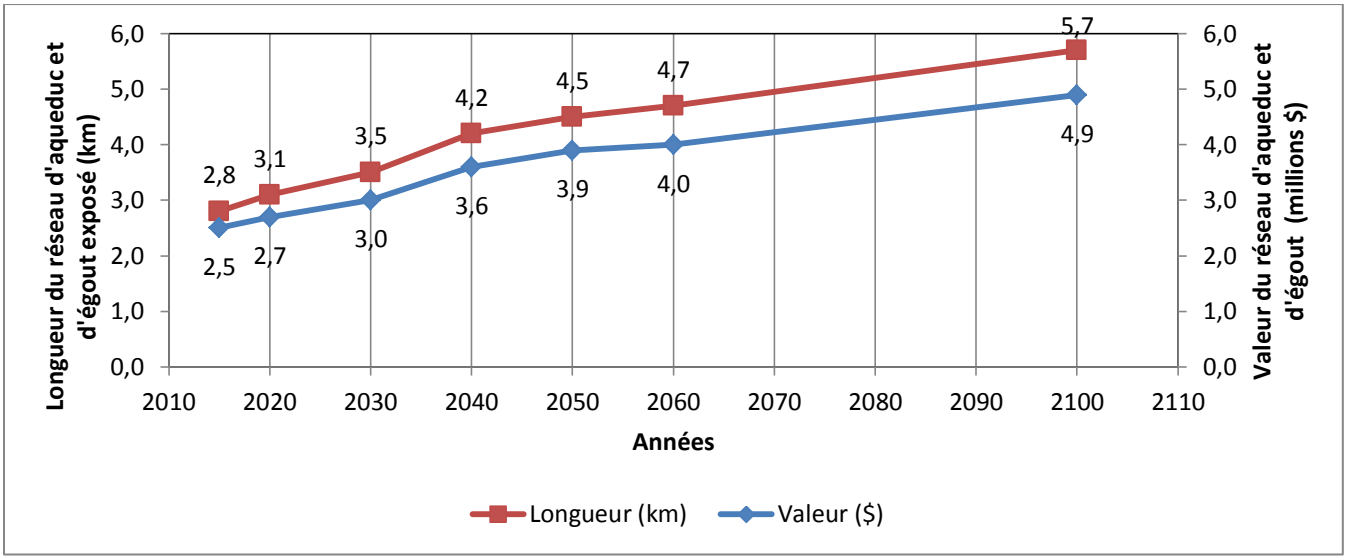
Tableau 8. Longueur de routes provinciales et municipales selon l'horizon d'exposition pour chaque municipalité de la MRC d'Avignon

	2015 Longueur (m)	2020 Longueur (m)	2030 Longueur (m)	2040 Longueur (m)	2050 Longueur (m)	2060 Longueur (m)	2100 Longueur (m)
Carleton-sur-Mer	1742	2119	2620	3134	3456	3833	5491
Provinciale	976	1156	1356	1496	1587	1637	2186
Municipale	766	963	1265	1638	1869	2196	3305
Escuminac	1842	1842	1842	1852	1852	1872	1872
Municipale	1842	1842	1842	1852	1852	1872	1872
Gesgapegiag	815	835	864	882	902	912	958
Municipale	815	835	864	882	902	912	958
Maria	5446	5516	5583	5972	6092	6152	6291
Provinciale	4970	4980	4986	4996	4996	5016	5049
Municipale	476	536	597	976	1096	1136	1243
Nouvelle	1454	1725	1794	1888	1942	2028	2221
Municipale	1454	1725	1794	1888	1942	2028	2221
Provinciale totale	**5946**	**6136**	**6341**	**6492**	**6583**	**6653**	**7235**
Municipale totale	**5353**	**5902**	**6362**	**7237**	**7661**	**8145**	**9598**
Total général	**11299**	**12038**	**12703**	**13729**	**14245**	**14798**	**16833**

* Les chiffres sont cumulatifs dans le temps

4.2.4 Aqueduc et égout

Le réseau d'aqueduc et d'égout suit, à quelques exceptions près, le tracé des routes municipales et provinciales. Ainsi, partout où une route est exposée, le réseau d'aqueduc et d'égout est aussi exposé. Pour l'ensemble de la MRC d'Avignon, on compte 2,8 km de réseau exposé en 2015, pour une valeur de 2,5 millions de dollars (figure 13). La valeur du réseau exposé atteint 4 millions en 2060 et près de 5 millions de dollars en 2100. L'augmentation est graduelle et linéaire dans le temps.

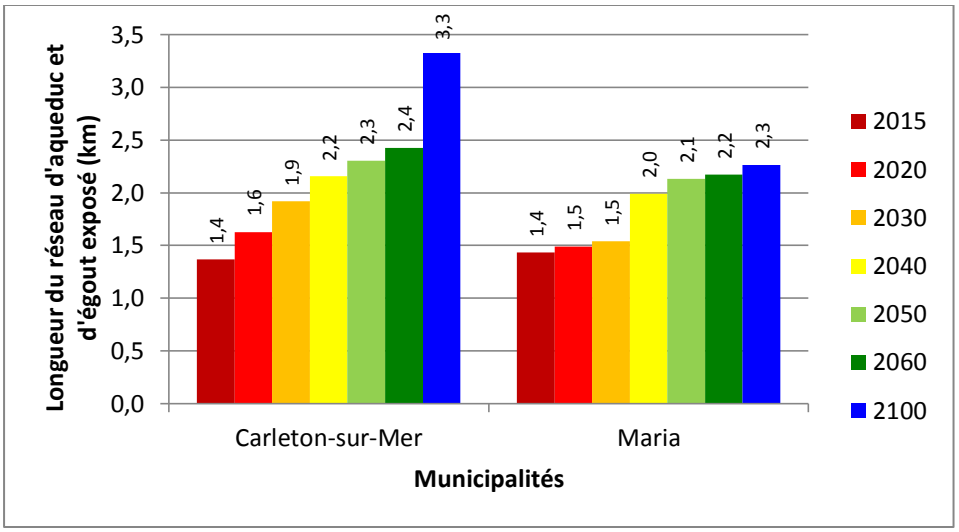


* Les chiffres sont cumulatifs dans le temps

Figure 13. Longueur et valeur du réseau d'aqueduc et d'égout exposé à l'érosion côtière d'ici 2100 – MRC d'Avignon

Les tronçons du réseau d'aqueduc et d'égout exposés se situent à Carleton-sur-Mer et à Maria. Les longueurs exposées sont équivalentes pour les deux municipalités se situant autour de 1,4 km exposé en 2015 (figure 14). Par la suite, le réseau est légèrement plus exposé à Carleton-sur-Mer et culmine à 3,3 km en 2100 comparativement à 2,4 km à Maria.

A Carleton-sur-Mer, on retrouve sensiblement la même longueur d'aqueduc seul que d'égout seul (tableau 9). En effet, une bonne partie du territoire n'est pas desservie par le service d'égout (secteur de Saint-Omer). A Maria, l'ensemble du système comprend les deux services.



* Les chiffres sont cumulatifs dans le temps

Figure 14. Longueur du réseau d'aqueduc et d'égout exposé à l'érosion côtière d'ici 2100 par municipalité de la MRC d'Avignon

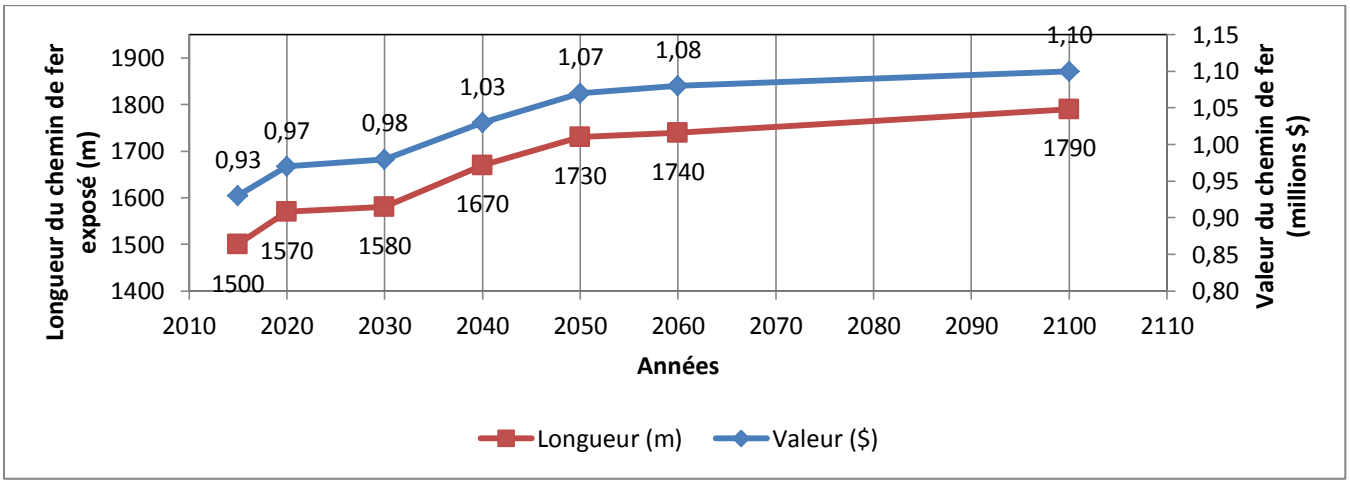
Tableau 9. Longueur du réseau d'aqueduc et d'égout exposé à l'érosion côtière d'ici 2100 par municipalité de la MRC d'Avignon

	2015 Longueur (m)	2020 Longueur (m)	2030 Longueur (m)	2040 Longueur (m)	2050 Longueur (m)	2060 Longueur (m)	2100 Longueur (m)
Carleton-sur-Mer	1368	1627	1917	2155	2305	2425	3327
Aqueduc	611	801	951	1061	1161	1211	1533
Aqueduc et égout	757	826	966	1094	1144	1214	1794
Maria	1433	1491	1539	2000	2164	2224	2374
Égout	0	0	0	5	15	25	55
Aqueduc	0	0	0	6	16	26	56
Aqueduc et égout	1433	1491	1539	1989	2133	2173	2263
Total général	2801	3118	3456	4155	4469	4649	5701

* Les chiffres sont cumulatifs dans le temps

4.2.5 Chemin de fer

Le chemin de fer exposé se concentre en un seul secteur à Carleton-sur-Mer, le long des caps de Carleton. La majeure partie de ce tronçon est exposée en 2015 avec 1,5 km et seulement 290 m s'ajoutent dans le temps aux extrémités du tronçon pour une valeur totale de 1,1 millions de dollars en 2100 (figure 15).

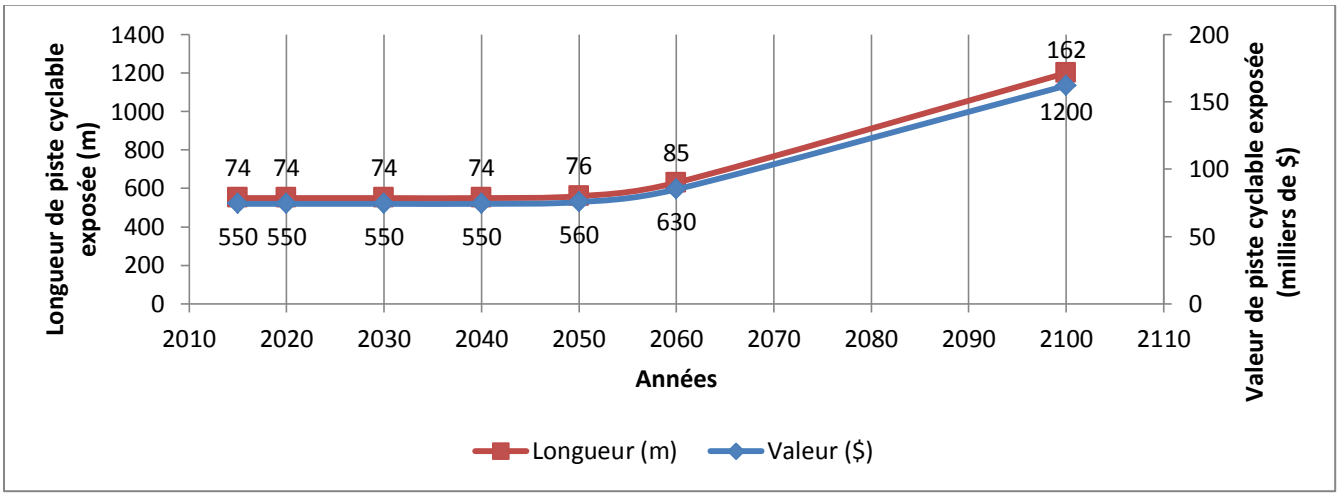


* Les chiffres sont cumulatifs dans le temps

Figure 15. Longueur et valeur du chemin de fer exposé à l'érosion côtière d'ici 2100 – MRC d'Avignon

4.2.6 Sentiers récréotouristiques

La seule infrastructure récréotouristique exposée dans la MRC d'Avignon est la piste cyclable qui longe le bord de mer à Carleton-sur-Mer. En 2015, on compte 550 m de piste exposée pour une valeur de 74 000 $ (figure 16). Aucun tronçon supplémentaire ne s'ajoute avant 2050. En 2100, on compte 1,2 km de piste exposée d'une valeur de 162 000 $.



* Les chiffres sont cumulatifs dans le temps

Figure 16. Longueur et valeur de piste cyclable exposée à l'érosion côtière d'ici 2100 – Carleton-sur-Mer - MRC d'Avignon

4.3 Description des principaux secteurs comprenant des bâtiments et des infrastructures exposés

Les bâtiments et les infrastructures exposées sont concentrés en 34 principaux secteurs. D'ouest en est, voici un portrait de la dynamique côtière des secteurs sous forme de fiche descriptive. Les statistiques pour chaque municipalité associées aux types de bâtiment et d'infrastructure sont présentées dans les sections 4.2.1 à 4.2.6. Chaque fiche comprend le numéro du secteur, le nom du lieu, la municipalité, les *unités géomorphologiques homogènes* concernées et le numéro de la carte qui lui correspond en annexe 3. Les photos aériennes obliques, qui illustrent un exemple du segment, ont été prises le 13 septembre 2010 par l'équipe du Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières de l'UQAR pour le ministère de la Sécurité publique du Québec.

Secteur 1	Pointe-à-la-Garde	Escuminac	Unité homogène B-ESC-05	Carte 01
Éléments exposés : résidences principales et bâtiments secondaires				

Ce secteur a connu un recul de -0,49 m/an dans le passé, ce qui est utilisé comme taux probable d'ici 2100. Cependant, le secteur adjacent à l'est (B-ESC-06A) est une terrasse de plage en accumulation (0,55 m/an) associé à un cordon littoral qui migre lentement vers l'est, ce qui devrait limiter le recul et même créer une accumulation dans les prochaines décennies. Les bâtiments exposés à court et moyen terme devraient donc profiter de cette accumulation et leur exposition pourrait être retardée.

Secteur 2	Ruisseau Mongo	Escuminac	Unité homogène B-ESC-10	Cartes 03 et 04
Éléments exposés : chalets et une résidence principale				

Ce secteur de villégiature comprend 18 chalets et une résidence principale implantés près du talus d'une basse falaise meuble. Presque tous les terrains privés sont protégés par un enrochement ou un muret, ce qui indique que malgré un taux faible de -0,18 m/an, le recul des terrains a été préoccupant dans le passé. Les ouvrages de protection sont partiellement endommagés, les côtes naturelles sont actives et la *plage* est généralement étroite. Le maintien des bâtiments actuels en place nécessitera certainement d'autres interventions dans le futur.

Secteur 3	Escuminac Flats	Escuminac	Unité homogène B-ESC-24	Carte 07 et 08
Éléments exposés : route secondaire asphaltée				

Ce secteur est constitué d'une basse falaise meuble de sédiments fins. La route d'Escuminac Flats longe le bord de mer. Le tronçon de route exposé fait près de 2 km de longueur et est entièrement enroché. Des travaux ont été effectués en 2013 afin de renforcer la protection dans la partie sud-ouest. La route est donc protégée et la côte ne présente aucun taux de recul. Cependant, l'étroite *plage* devant l'enrochement ne permet pas d'atténuer l'énergie des vagues et advenant que la route soit affectée lors d'un *sinistre*, plusieurs résidences pourraient se retrouver sans accès routier.

Secteur 4	Pointe Fleurant	Escuminac	Unité homogène B-ESC-34 et 36B	Carte 11
Éléments exposés : chalets et route secondaire non asphaltée				

La résidence principale implantée sur la pointe rocheuse n'est pas exposée (photo d'en haut). Cependant, une portion de la route d'accès est exposée en 2015 car elle est sujette à un *recul événementiel* qui pourrait couper la route et isoler la résidence. Ce tronçon de route est cependant protégé des vagues de tempête du sud-est et un fort *recul événementiel* est peu probable. A l'est de la pointe se trouve une concentration de chalets et de résidences principales accessibles par la route de la Baie (photo d'en bas). Toutes les propriétés sont protégées de l'*érosion côtière* par un muret de bois. Dans ce secteur, le taux de recul historique est de -0,1 m/an, ce qui est très faible. Ce n'est donc pas un fort taux de recul qui est problématique mais bien un fort recul ponctuel lors d'une tempête. Les bâtiments sont pour la plupart implantés trop près de la ligne de rivage. Les murets ont pour effet de réduire la largeur de la *plage* et ainsi provoquer le déferlement des vagues directement sur les murets, favorisant le franchissement par les vagues et des dommages lors des tempêtes. Si les bâtiments étaient plus éloignés, la plage naturelle pourrait encaisser les reculs ponctuels et retrouverait rapidement son profil pré-tempête.

Secteur 5	Pointe Yacta	Nouvelle	Unité homogène MIG-04, 05 et 06	Carte 15
Éléments exposés : chalets				

Cette section comprend une dizaine de chalets concentrés à l'est de la pointe Yacta. Ils sont exposés entre 2015 et 2100 sur le haut d'une falaise meuble à base rocheuse. Les bâtiments sont pour la plupart éloignés du talus, mais le taux probable est de -0,4 m/an pour l'unité MIG-06, ce qui représente un taux moyen. Ce taux est mesuré à partir de mesures récentes entre 2006 et 2011. La *dérive littorale* principale va vers l'est, mais est compensée en bonne partie par une dérive secondaire vers l'ouest. L'érosion des falaises constitue donc la principale source de sédiments pour alimenter la *plage*. Le maintien du talus naturel est ainsi un atout pour l'ensemble de cette zone.

Secteur 6	Chemin Victorien	Nouvelle	Unité homogène MIG-08A	Carte 16
Éléments exposés : chalets et route secondaire non asphaltée				

Ce secteur représente la plus forte concentration de chalets en bordure de mer de la MRC d'Avignon. Les chalets sont implantés sur une flèche littorale qui abrite un vaste marais. La majorité des chalets est exposée en 2015 car le *recul événementiel* est important sur les flèches littorales. Une route secondaire non asphaltée longe la rangée de chalets sur toute la longueur de la flèche. Le bris de la route en tout lieu peut isoler plusieurs bâtiments d'un accès routier.

La *dérive littorale* est vers l'est. La source de sédiments qui alimente la flèche vient donc des falaises adjacentes à l'ouest. Le taux probable pour l'ensemble de la flèche est de -0,38 m/an. La flèche présente cependant plus de stabilité dans sa partie ouest. La partie vers l'est a connu de forts reculs historiquement et une forte accumulation à son extrémité.

La totalité des propriétés du côté mer ont un muret de protection en bois, parfois jumelé à des épis en bois. La présence des murets, qui limite le recul lors des événements mineurs, a un effet inverse face aux grosses vagues de tempête. La *plage* est plus étroite devant les murets et l'énergie des vagues est déployée directement sur le mur permettant le franchissement des vagues. Lorsque le mur cède, les dommages sont importants car le retour à une pente d'équilibre implique alors un recul de la ligne de rivage. L'ensemble de cette flèche littorale a été durement touchée par la tempête du 6 décembre 2010. Plusieurs chalets ont été détruits et les protections n'ont pas été efficaces pour limiter les dégâts.

L'évolution future devrait être semblable au passé avec un recul moyen sur l'ensemble de la flèche, une plus forte dynamique, une accrétion à son extrémité est et des reculs ponctuels importants lors d'événements de tempête. Ces reculs événementiels seront cependant rapidement compensés si l'apport sédimentaire se maintient.

Secteur 7	Pointe de Miguasha	Nouvelle	Unité homogène B-TRA-02A et 02B	Carte 19
Éléments exposés : chalets, résidences principales et route secondaire				

Ce secteur présente une basse falaise meuble constituée de sédiments fins à la base et de gravier en surface. La falaise est active avec un taux de recul constant de -0,31 m/an depuis les années 30. La *dérive littorale* est vers le nord et les sédiments érodés à la falaise alimentent la flèche littorale de la pointe Labillois. Quelques résidences principales et plusieurs chalets sont exposés à moyen et long terme. Quelques protections ont été mises en place. Il s'agit d'enrochements, de murets de bois et de combinaisons des deux dans un état partiellement endommagé.

Secteur 8	Pointe Labillois	Nouvelle	Unité homogène B-TRA-03A	Carte 20
Éléments exposés : route secondaire non asphaltée				

Cette flèche littorale a un taux de recul de -1,33 m/an dans sa partie sud, ce qui représente un déplacement de près de 100 m au total entre 1934 et 2007. Les sédiments arrachés ensablent en partie le marais derrière et se déposent aussi à son extrémité nord dont la largeur a triplé formant une large pointe.

Une résidence principale a été construite sur cette pointe en 2011. La fondation en place en 2010 est visible sur la photo d'en bas (flèche rouge). Cette structure n'est pas exposée à l'érosion mais le chemin d'accès est exposé à court terme sur presque toute sa longueur. La première partie du chemin a été construite dans le marais derrière la flèche et se prolonge ensuite sur la flèche. Ce chemin pose un *enjeu* de sécurité car les brèches fréquentes dans ce secteur peuvent couper le chemin à différents moments de l'année. Il sera très difficile de maintenir un accès routier fiable sur cette flèche.

Secteur 9	Robitaille Saint-Omer-ouest	Carleton-sur-Mer	Unités homogènes B-TRA-11, 12A et 14A	Carte 24
Éléments exposés : résidences principales et bâtiments secondaires (garages)				

Ce secteur est constitué d'une basse falaise meuble avec une petite flèche littorale marquant la limite du barachois de Nouvelle. Quelques résidences principales et bâtiments secondaires sont implantés sur le haut du talus et seront exposés entre 2015 et 2100. Bien que le taux de recul soit faible (-0,16 m/an) et qu'un système de barres sableuses protège la ligne de rivage, les reculs ponctuels ont forcé les propriétaires à mettre en place des murets de bois et des enrochements qui sont en 2010 dans un état de bon à partiellement endommagé. Ce secteur a été particulièrement touché lors de la tempête du 6 décembre 2010. L'érosion de cette falaise pourrait cependant ralentir dans le futur étant donné la migration rapide de l'Île Laviolette (15 m/an) vers l'ouest qui offrirait une réelle barrière aux vagues de tempête. Cette île-barrière protège le secteur adjacent (10) qui était autrefois plus exposé aux vagues.

Secteur 10	Barachois Saint-Omer	Carleton-sur-Mer	Unités homogènes B-TRA-15A et 16	Carte 25
Éléments exposés : chalets, résidences principales et une résidence pour personnes retraitées autonomes				

Plusieurs bâtiments seront exposés entre 2020 et 2100 en fonction de l'importante érosion (-0,63 m/a) qui a eu lieu historiquement. La côte a effectivement reculé de plus de 100 m à cet endroit. Cependant, l'île Laviolette a migré vers l'ouest et protège ce secteur depuis les années 70. Il est donc probable que la *ligne de rivage* reste protégée pendant encore quelques décennies. Le taux probable issu des données historiques a tout de même été maintenu car l'île-barrière est sujette à des brèches, comme celle qui est survenue en 1989 et qui a permis la formation d'une ouverture permanente.

Secteur 11	Barachois de Saint-Omer	Saint-Omer	Unité homogène B-TRA-17	Cartes 25 et 25-b
Éléments exposés : route 132 (avec aqueduc)				

Le fond de la lagune est globalement en progradation historiquement avec un taux de +0,16 m/an. Cependant, depuis qu'une brèche s'est produite dans la flèche littorale en 1989, cette portion de côte jusque-là protégée des vagues de tempête est devenue exposée à l'érosion (photo). C'est un segment routier (avec aqueduc) de 50 m qui est exposé en 2015 en raison d'un possible *recul événementiel*. Le segment est court mais il n'existe aucune voie de contournement en cas de bris à la route, ce qui représente un *enjeu* important.

Secteur 12	Route Caissy Barachois de Saint-Omer	Saint-Omer	Unité homogène B-TRA-22	Cartes 26 et 26-b
Éléments exposés : route secondaire non asphaltée (avec aqueduc) et une résidence principale				

Le barachois de Saint-Omer est la zone littorale la plus dynamique de la MRC d'Avignon. Le transit sédimentaire est important avec une migration du sable et du gravier vers l'ouest. L'apport principal est la rivière Stewart qui a une charge sédimentaire importante avec plusieurs bancs d'accumulation. La côte à l'est a fourni une bonne quantité de sédiments à ce système par le passé mais contribue de moins en moins à cause de l'artificialisation. La flèche de la rivière Stewart (photo ci-bas), dont la pointe s'est avancée à un rythme de 30 m/an entre 2001 et 2013, se coupe de façon cyclique (à chaque 20 an en moyenne) et les sédiments migrent ensuite rapidement vers la côte, ce qui offre une protection temporaire en aval, telle une recharge naturelle récurrente. La flèche se construit et se coupe donc en fonction des dynamiques fluviales et côtières (tempêtes, crues, courants côtiers) et en fonction des apports sédimentaires.

L'apport sédimentaire important ne permet pourtant pas à la flèche littorale du banc de Saint-Omer de se stabiliser; elle présente un taux de recul historique très élevé avec -1,9 m/a et les vagues franchissent régulièrement le cordon littoral formant d'importants lobes dans le marais, tel qu'observé sur la photo de la page suivante à gauche. A l'attache de la flèche, là où la route Caissy donne accès au banc, le recul est moins important avec -0,3 m/an. Un enrochement a tout de même été mis en place pour limiter les dommages à la route et protéger la résidence derrière. Bien que ce secteur comprenne une seule

résidence et seulement 50 m de route secondaire (avec aqueduc), il représente l'accès au banc de Saint-Omer qui est un *enjeu* local très important (photo ci-bas à droite). En effet, c'est un des rares accès publics à la mer pour la baignade, la pêche, la cueillette de coques et l'observation d'oiseaux.

Les travaux de linéarisation du chenal de la rivière Stewart et de construction d'une digue réalisés en 2013 ont pour effet de couper la flèche littorale et de créer une nouvelle embouchure. Ces travaux récents viennent accélérer la dynamique naturelle. Si la flèche s'était maintenue encore quelques années, elle aurait continué sa progression rapide vers l'ouest et aurait protégé le terrain au bout de la route Caissy. Cependant, le courant de la rivière aurait continué à éroder la rive terrestre. Cette érosion n'est cependant pas sévère et surtout passagère avec la migration de l'embouchure vers l'ouest, au rythme de l'allongement de la flèche.

Le cordon nouvellement isolé va migrer vers l'ouest et vers l'arrière pour venir s'accoler à la côte (d'ici 2030) grâce aux vagues de tempêtes qui permettront le franchissement des vagues par-dessus le cordon qui est désormais privé d'apports directs. Une nouvelle flèche va se former à la nouvelle embouchure et retrouvera la forme équivalente à celle coupée en 2013 autour de 2030. Et ainsi va le cycle. L'intervention vient donc accélérer le processus de quelques années. Par contre, la digue va amener les sédiments de la rivière plus vers le large, ce qui risque de retarder l'apport direct pour les terrains situés vers l'ouest, entre l'embouchure et le barachois de St-Omer. Il existe cependant beaucoup de sédiments disponibles devant ces terrains et les vagues vont les remodeler pour alimenter la *plage*.

Secteur 13	Secteur à l'ouest du site du Vieux Quai – Saint-Omer	Carleton-sur-Mer	Unité homogène B-TRA-24	Carte 27
Éléments exposés : résidences principales				

Cette basse falaise meuble présente un taux de recul historique d'environ -0,45 m/an. Le taux probable pour le futur est de -0,72 m/an. La *dérive littorale* est vers l'ouest. L'apport sédimentaire principal vient donc de l'érosion de la terrasse de plage du site du Vieux Quai. Bien que les résidences soient exposées seulement entre 2030 et 2100, des enrochements ont été mis en place pour limiter la perte de terrain. Ces ouvrages sont pour la plupart très endommagés.

Secteur 14	Site du Vieux quai Saint-Omer	Carleton-sur-Mer	Unités homogènes B-TRA-25, 26A et 26B	Carte 27 et 27-b
Éléments exposés : route 132 (avec aqueduc) et résidences principales				

Le quai de Saint-Omer a été construit en 1908 et détruit en 1968. Sa présence a eu l'effet d'accumuler des sédiments du côté est et d'accélérer l'érosion en aval du courant de dérive du côté ouest. Depuis son démantèlement, la terrasse de plage est en érosion et les sédiments se sont déplacés vers l'ouest, colmatant en partie la zone d'érosion en aval de l'ancien quai. Le taux de recul de la terrasse de plage a été de -0,19 m/an entre 1963 et 2007 et de -0,79 m/an selon les données mesurées sur le terrain entre 2005 et 2010. Il y a ainsi eu une accélération de l'érosion. Les portions de route 132 à l'est et à l'ouest ont été construites en empiétant sur la *plage*. La présence du mur de béton vertical et lisse augmente la turbulence et la vitesse des courants de dérive, favorisant la perte de la plage. A mesure que la terrasse s'érode, les vagues viennent en contact direct avec le mur derrière et le phénomène s'accélère. Bien que le mur soit solide et en bon état, l'énergie déployée par les vagues déferlantes pourrait endommager la route et aucune voie de contournement n'existe pour ce secteur. Il est peu probable que les bâtiments exposés à moyen et long terme derrière la route soient touchés si la route est maintenue en place et si la structure de protection est entretenue.

Photos : Christian Fraser, novembre 2003

Photo : Christian Fraser octobre 2005

Secteur 15	Rue Berthelot Saint-Omer	Carleton-sur-Mer	Unité homogène B-TRA-27	Cartes 28 et 28-b
Éléments exposés : résidences principales, chalets et route secondaire asphaltée (avec aqueduc)				

Photo : Christian Fraser, mai 2005

Ce segment est constitué d'une basse falaise meuble qui présente un taux probable de -0,22 m/an. Les enrochements en place ont permis de ralentir le recul mais ont entrainé la perte de la *plage*. Les vagues de tempêtes frappent ainsi avec plus de force et peuvent endommager les enrochements. Les photos anciennes montrent qu'une large plage existait avant la mise en place des protections. De plus, les falaises à l'est sont pour la plupart enrochées afin de protéger le chemin de fer, ce qui réduit l'apport sédimentaire.

Photo : Christian Fraser, novembre 2003

Secteur 16	Caps de Carleton Saint-Omer	Carleton-sur-Mer	Unités homogènes B-TRA-28, 29 et 30	Cartes 28 et 29
Éléments exposés : chemin de fer				

Ce secteur présente une haute falaise meuble dans sa portion ouest et une haute falaise rocheuse dans sa portion est. L'ensemble du talus est généralement stable. Cependant, le pied de falaise subit les assauts de la mer. La *plage* est étroite et l'apport sédimentaire est faible. Le chemin de fer longe le pied de falaise et est exposé à court terme car un *recul événementiel* peut atteindre le rail. L'enrochement, qui est présent sur presque toute la longueur est affaissé et endommagé à quelques endroits et nécessite des travaux d'entretien. A noter que sur la carte 28, pour des raisons cartographiques, le symbole de l'artificialité est associé au *trait de côte* qui se situe sur le haut de la falaise, mais l'enrochement est bel et bien à la base de la falaise.

Photos : Ville de Carleton-sur-Mer, juin 2004

Secteur 17	Ruisseau de l'Éperlan ouest	Carleton-sur-Mer	Unités homogènes B-TRA-31A, 31B et 32	Cartes 29 et 29b
Éléments exposés : chalets, roulottes, routes secondaires et aqueduc				

Plusieurs chalets et roulottes sont installés sur le haut de cette basse falaise meuble. 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 probable est de -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 des Éperlans, ce qui contribue à la stabilité de la côte sur environs 200 m à l'ouest de l'embouchure. Les bâtiments exposés sont pour la plupart petits et ainsi faciles à déplacer si l'érosion devient trop sévère.

Photos : Ville de Carleton-sur-Mer, juin 2004

Secteur 18	Ruisseau de l'Éperlan est	Carleton-sur-Mer	Unité homogène B-TRA-34	Carte 30
Éléments exposés : résidences principales				

À l'est du ruisseau de l'Éperlan, on retrouve six résidences principales exposées entre 2015 et 2060. Elles sont implantées sur une falaise meuble qui présente un taux probable 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 moins la *plage* est large. La *dérive littorale* est vers l'est et les sédiments en provenance du ruisseau de l'Éperlan ne sont pas retenus sur la plage et s'accumulent plus en aval sur la plage municipale. Les flèches littorales du barachois de Carleton offrent une protection de 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 secteur.

Photo : LDGIZC, UQAR, juillet 2008

Secteur 19	Route Landry et Secteur des hôtels	Carleton-sur-Mer	Unité homogène B-TRA-35	Cartes 30 et 30-b
Éléments exposés : route municipale asphaltée (avec aqueduc et égout) et route 132 (avec aqueduc et égout)				

Ce segment est constitué d'une basse falaise meuble sur laquelle sont construites la route Landry et la route 132. La route Landry longe le bord de mer sur 240 m et est exposée entre 2015 et 2100. Un enrochement en bon état protège la route et une portion de terrain sépare la route du haut de l'enrochement. La route 132 est exposée sur 360 m en 2015 et est protégée par un mur de béton en bon état. Les taux de recul mesurés pour cette zone sont très faibles (taux probable : - 0,05 m/an) car les protections sont en place depuis plusieurs décennies. L'emprise de la route 132 constitue un empiètement sur la *plage*. Même si les protections sont solides, un *recul événementiel* pourrait survenir et endommager la route. La plage est étroite, voire absente devant le mur de béton et les vagues provenant du sud ont ainsi beaucoup de force en déferlant directement sur l'ouvrage de protection. L'*enjeu* routier de ce secteur est important d'autant plus que les services d'aqueduc et d'égout y sont associés.

A noter que sur la plage municipale immédiatement à l'est du présent secteur, on retrouve trois bâtiments exposés en 2015 (hôtels et kiosque de location nautique). La plage municipale est historiquement en accumulation et un taux positif est prévu dans le futur (+ 0,18 m/an). Cependant, cette côte peut subir des reculs ponctuels lors d'événements majeurs.

Secteur 20	Route du Quai	Carleton-sur-Mer	Unité homogène B-TRA-36	Carte 31
Éléments exposés : route municipale, aqueduc et égouts, un chalet et une galerie d'art				

La turbulence créée par le quai maintient une zone d'érosion sur une portion adjacente de la route du Quai. La présence d'un enrochement et de caissons pour protéger la route contribue aussi à augmenter la turbulence, ce qui a pour effet de réduire la largeur de la *plage*, voire de la faire disparaître. Les vagues formées par les vents dominants d'ouest déferlent ainsi directement sur les ouvrages de protection et submergent régulièrement la route. Ce secteur est cependant protégé des vents de tempête du sud-est, ce qui limite les chances de forts reculs événementiels. A noter qu'un petit bâtiment accessoire au port est exposé à l'entrée du quai. Au nord du segment routier exposé, un chalet et une galerie d'art sont aussi exposés.

Secteur 21	Banc de Carleton	Carleton-sur-Mer	Unité homogène B-CAS-01B	Carte 32
Éléments exposés : bâtiments historiques et tour d'observation				

Le banc de Carleton est une flèche étonnamment stable. Malgré sa forme indiquant une *dérive littorale* vers le sud, la portion au sud du quai est plutôt alimentée par l'extrémité du banc Larocque au sud. Les sédiments migrant vers l'ouest sur le banc Larocque s'accumulent à l'extrémité et les vagues formées par les vents dominants de l'ouest remanient ces sédiments. Une portion importante est captée par les courants de marée et vient alimenter le delta de flot à l'intérieur du barachois et une portion reste disponible pour alimenter le banc de Carleton. Ce dernier présente dans son ensemble un taux probable de -0,22 m/an. Les deux bâtiments historiques situés près de la *ligne de rivage* sont ainsi exposés en 2015. La tour d'observation est quant à elle seulement exposée en 2100.

Secteur 22	Route du Camping côté lagune	Carleton-sur-Mer	Unité homogène B-CAS-04	Cartes 32 et 32b
Éléments exposés : route municipale, piste cyclable et aqueduc et égouts				

Bien que l'énergie des vagues soit faible à l'intérieur du barachois de Carleton, la *ligne de rivage* qui longe le banc Larocque indique un taux probable de -0,17 m/an. Les courants de marée ainsi que le sapement des petites vagues à marée haute sont responsables de ce recul. Le taux de recul est faible mais puisque la route du camping et la piste cyclable longent la lagune, ces dernières sont exposées, comme en témoignent les microfalaises actives (photo de gauche) et les enrochements (photo de droite) le long de la route. Aucun *recul événementiel* ne peut causer de dégâts car les vagues ne sont pas assez puissantes.

Secteur 23	Route du Camping portion étroite	Carleton-sur-Mer	Unité homogène B-CAS-06	Cartes 33 et 33b
Éléments exposés : route municipale, piste cyclable, chalets et bâtiments historiques				

Dans la portion mince de la flèche littorale (banc Larocque), la route a été endommagée 4 fois entre 2003 et 2010. Des murets, des enrochements et plus récemment une recharge de plage ont été les techniques utilisées afin de stabiliser la ligne de rivage. Ce segment est d'autant plus critique qu'il est le seul accès au camping municipal. Le taux probable est de -0,27 m/an, ce qui, avec le *recul événementiel* rend toutes les infrastructures en place exposées en 2015. Bien que l'apport sédimentaire soit important et constant venant des falaises des caps de Maria à l'est, la dynamique ne permet pas aux sédiments de s'accumuler et de former une large *plage* à cet endroit. Les ouvrages de protection rigides amplifient ce phénomène en augmentant la turbulence et la vitesse du courant de dérive, ce qui a pour effet de réduire la largeur de la plage.

Secteur 24	Caps de Maria Route Saint-Onge - route Marcel	Carleton-sur-Mer	Unité homogène B-CAS-07B	Cartes 34 et 35
Éléments exposés : chalets, résidences principales et route secondaire (avec aqueduc et égout)				

Cette portion de falaise meuble figure parmi les plus actives de la MRC avec un taux probable de -0,45 m/an. On y retrouve plusieurs chalets et quelques résidences principales exposées entre 2015 et 2100 sur plus de 2 km de longueur. La *dérive littorale* principale est vers l'ouest (vagues de tempête) avec une composante secondaire vers l'est (vents dominants). Les vagues de tempête attaquent la base de la falaise et la présence de couches d'argile dans le dépôt meuble favorise les mouvements de terrain tels les glissements superficiels, les glissements rotationnels et la suffosion. Les ouvrages de protection mis en place au pied de la pente sont souvent insuffisants car les vagues de tempête atteignent tout de même la falaise. De plus, les ouvrages ont pour effet de réduire la largeur de la *plage* et ne permettent pas de limiter les mouvements de terrain. Il est donc difficile de freiner l'érosion à long terme dans ce type de côte. Au centre du secteur se trouve l'embouchure d'un ruisseau entourée par une zone de basse falaise meuble plus stable. L'apport sédimentaire du cours d'eau et l'effet de barrière de la *dérive littorale* favorise une plage plus large et protège ainsi le talus.

Secteur 25	Caps de Maria – secteur de l'Auberge des Caps	Carleton-sur-Mer	Unité homogène B-CAS-07B	Carte 36 et 36-b
Éléments exposés : établissement hôtelier, résidences principales et route 132 (avec aqueduc et égouts)				

Ce secteur présente la falaise meuble la plus haute de la baie des Chaleurs. Le dépôt est constitué de sable, de gravier, de galets et de blocs ce qui le rend très perméable et qui limite l'action du gel-dégel. Le taux de recul historique est d'environ -0,1 m/an. Le pied de falaise étant cependant très actif, il se produit occasionnellement des glissements superficiels pouvant affecter le haut du talus. Le principal bâtiment de ce secteur était en 2010 une résidence pour personnes âgées exposée en 2015 (photo). La vocation de ce bâtiment a récemment été modifiée en établissement hôtelier. La route 132 est exposée seulement entre 2060 et 2100.

Secteur 26	Caps de Maria – secteur à l'ouest de la route Thibodeau	Carleton-sur-Mer	Unité homogène B-CAS-08	Cartes 36 et 37
Éléments exposés : chalets				

Ce secteur comprend une haute falaise meuble à l'ouest et une basse falaise meuble à l'est, jusqu'à la route Thibodeau. Le taux probable est de -0,18 m/an et la *dérive littorale* est vers l'est. C'est donc une source de sédiments pour la zone du banc de Maria à l'est. Les vagues de tempête attaquent la base de la falaise et emportent les matériaux, ce qui maintient une pente abrupte et dénudée de végétation, plus sensible aux glissements superficiels. L'alternance d'unités argileuses et sableuses ainsi que l'écoulement d'eau souterraine sont des conditions propices au processus de suffosion. Des grandes cavités de suffosion se sont formées en 2008 et l'effondrement du plafond d'une cavité a nécessité le déménagement d'une bâtisse sur le haut de la falaise (voir photo). Depuis, d'autres cavités de suffosion sont apparues sur cette portion de côte, ce qui peut accélérer le recul ponctuellement. Cette falaise fait partie des secteurs qui se sont récemment réactivés. Stable durant plusieurs décennies, les arbres ont pu y croitre sur la majeure partie de la pente. Les observations et les mesures récentes de l'érosion indiquent que la base de la falaise s'est d'abord réactivée entraînant par la suite des glissements superficiels. La pente nouvellement dénudée est plus sensible au ruissellement et au processus de gel-dégel. On peut donc s'attendre à une évolution plus rapide dans les prochaines années.

Secteur 27	Caps de Maria – secteur à l'est de la route Thibodeau	Carleton-sur-Mer	Unités homogènes B-CAS-09A, 09B, 09C et 09D	Cartes 37,37-b et 38,38-b
Éléments exposés : chalets, une résidence principale, un établissement hôtelier, route 132 et aqueduc et égouts				

Ce secteur présente une basse falaise meuble composée d'une unité silteuse à la base et d'une unité de gravier et sable en surface. Les vagues de tempête qui atteignent la falaise dénudent la base de la falaise, ce qui rend le talus plus sensible aux processus de pente causés par le gel-dégel. On observe plusieurs glissements superficiels. Le taux probable est de -0,2 m/an. Ce secteur profite d'une *plage* de largeur moyenne qui protège la base de la falaise des vagues de tempête de moyenne ampleur. Ce milieu peu artificialisé mérite donc de rester le plus naturel possible afin de conserver la plage. L'unité supérieure du dépôt constitue une source sédimentaire pour le secteur du banc de Maria à l'est. Le bâtiment le plus imposant est un hôtel et il est exposé en 2015 car un événement de tempête pourrait entraîner une portion importante de terrain. Du remblai a été mis en place devant un des bâtiments (photo ci-haut). La route 132, qui est exposée en 2015 sur le banc de Maria, s'éloigne graduellement du *trait de côte* et devient exposée entre 2020 et 2100 (photo ci-bas).

Secteur 28	Banc de Maria	Maria	Unités homogènes B-CAS-10, 11A, 11B et 12	Cartes 38, 39, 40, 40-b, 41 et 41-b
Éléments exposés : route 132, aqueduc et égouts et bâtiments municipaux pour la halte routière				

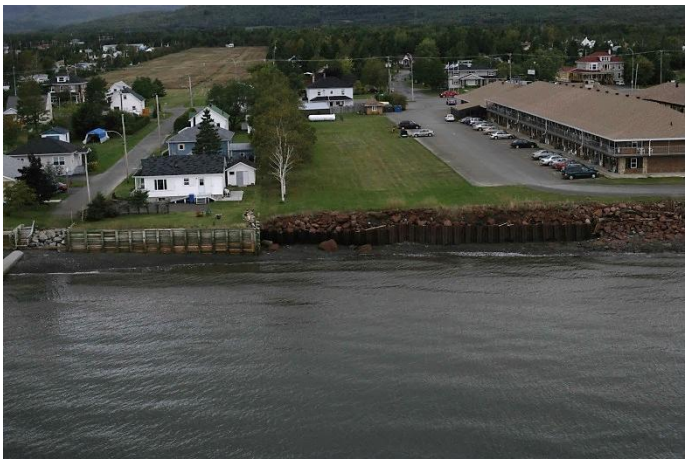
La route 132 à Maria longe la mer et est directement soumise aux vagues de tempête. La presque totalité de cette portion de route est donc exposée en 2015 et seulement 80 mètres de longueur de route s'ajoutent entre 2015 et 2100. Bien qu'un mur de protection est en place et bien entretenu, un événement important pourrait causer des dommages en plusieurs lieux. Les tempêtes d'automne ont à plusieurs reprises causé des dommages à la route et aux équipements municipaux dans les dernières années.

Cette longue terrasse de plage est globalement restée stable dans le temps avec une alternance de zones de faible recul et de zones de faible accumulation. La végétation de haute plage est présente à plusieurs endroits devant le muret de protection, ce qui indique que les sédiments sont en partie retenus sur la *plage*. Cependant, dans les zones sans haute plage, la présence du mur crée une forte réflexion des vagues et augmente la turbulence, ce qui accélère le courant de dérive et empêche la rétention du sable. C'est à ces endroits que le franchissement des vagues se produit. La situation devient plus critique dans la portion est, à l'approche du village. La plage devient de plus en plus étroite et la paroi du mur de plus en plus haute. L'énergie des vagues n'est pas dissipée et le déferlement se fait directement sur le mur, ce qui provoque régulièrement le franchissement des vagues et la *submersion* de la route.

Secteur 29	Village de Maria	Maria	Unités homogènes B-CAS-13	Cartes 41 et 41-b
Éléments exposés : résidences principales, épicerie, maison pour personnes retraitées autonomes, route 132 et aqueduc et égouts				

Ce segment de terrasse de plage a un taux probable de -0,24 m/an. La *dérive littorale* est vers l'est et l'apport sédimentaire est faible. Pour pallier au recul de la côte, des murets de protection et des enrochements ont été mis en place, et ce depuis plusieurs décennies. Les murets ont eu pour effet d'accélérer la vitesse du courant de dérive et ainsi de réduire fortement la largeur de la *plage*, ce qui fait déferler les vagues directement sur le mur. Le phénomène est bien décrit et analysé dans une étude sur cette zone (Bernatchez *et al*., 2011).

L'épicerie de Maria (voir photo de gauche) est exposée en 2015 à Maria. Le mur de protection est robuste mais n'empêche pas les vagues de tempête de détériorer sa partie supérieure et de projeter des débris par-dessus. La bâtisse n'est donc pas hors d'atteinte lors de tempêtes. La maison pour personnes retraitées autonomes (voir photo de droite) sera exposée en 2050. Suite à la tempête de 2010, 3 résidences principales ont été déplacées ou détruites. C'est un secteur critique car le cadre bâti est important et que le bilan sédimentaire est négatif. Il faudrait une importante recharge ou un recul volontaire pour retrouver une plage dans ce secteur.



Secteur 30	Rue des Tournepierres	Maria	Unités homogènes B-CAS-14 et 15	Cartes 42 et 42-b
Éléments exposés : résidences principales, chalets, bâtiments secondaires, route municipale (avec aqueduc et d'égout)				

Cette côte, comprenant une portion de terrasse de plage et une portion de flèche littorale, présente un taux probable moyen de -0,8 m/an. Les sédiments arrachés dans ce secteur se sont déplacés vers l'est pour s'accumuler sur la flèche littorale de la pointe Verte, qui présente un taux d'accumulation historique de +0,51 m/an. La forte concentration de résidences principales et secondaires dans cette zone à *risque* d'*érosion côtière* et de *submersion* en fait l'un des secteurs les plus critiques de la MRC d'Avignon. Les ouvrages de protection mis en place ont limité le recul de la côte mais ont engendré la réduction de la largeur de la plage et favorisé la submersion par le franchissement des vagues. Le phénomène est bien décrit et analysé dans une étude sur cette zone (Bernatchez *et al*., 2011).

Une autre étude sur les risques d'érosion et de submersion dans ce secteur, commandée par le ministère de la Sécurité publique (Fraser et Bernatchez, 2006), recommande 1) de proscrire la construction de nouveaux bâtiments et d'encourager le retrait progressif des résidences et des infrastructures à moyen et long terme, 2) d'éviter la mise en place de nouvelles structures fortes verticales et rectilignes sur le haut estran et la haute plage (murs et enrochements) et 3) d'envisager une recharge de *plage* avec mise en place d'un système d'épis perpendiculaires à la ligne de rivage afin de ralentir le recul de la côte.

Secteur 31	Secteur Rivière Verte au ruisseau Kilmore	Maria	Unités homogènes B-CAS-18A, 18B, 18C et 20	Carte 43
Éléments exposés : résidences principales				

Malgré sa position abritée au fond de la baie de Cascapédia, cette côte présente un taux probable de -0,57 m/an. Ce secteur a connu des reculs entre 20 et 45 m depuis 1934, comme en témoignent plusieurs murets de protection pour freiner l'érosion. Le faible transport sédimentaire s'effectue vers l'est et permet l'accumulation sur une petite flèche littorale à l'embouchure du ruisseau Kilmore. Sept résidences principales seront exposées entre 2020 et 2100.

Secteur 32	Intersection route Droken et route 132	Maria	Unités homogènes B-CAS-25CA et 25	Carte 44
Éléments exposés : route 132, une résidence principale et un bâtiment secondaire				

La végétation de marais présente au fond de l'anse Sainte-Hélène témoigne d'un milieu de faible énergie. Cependant, les vagues de tempête provenant du sud et le courant créé à l'embouchure du ruisseau lors de pluies diluviennes rendent la route et la résidence exposées. Les ouvrages de protection ont été mis en place pour limiter le *recul événementiel*.

Secteur 33	Gesgapegiag	Gesgapegiag	Unités homogènes B-CAS-28 et 29A	Carte 45
Éléments exposés : routes secondaires non asphaltées				

Cette terrasse de plage située près de l'embouchure de la rivière Cascapédia présente un faible taux de recul de -0,16 m/an. Cependant, la route secondaire qui donne accès au littoral longe de près la *ligne de rivage* et est sujette à des dommages par les vagues de tempête. Le déplacement de la route devrait être la solution envisagée le cas échéant.

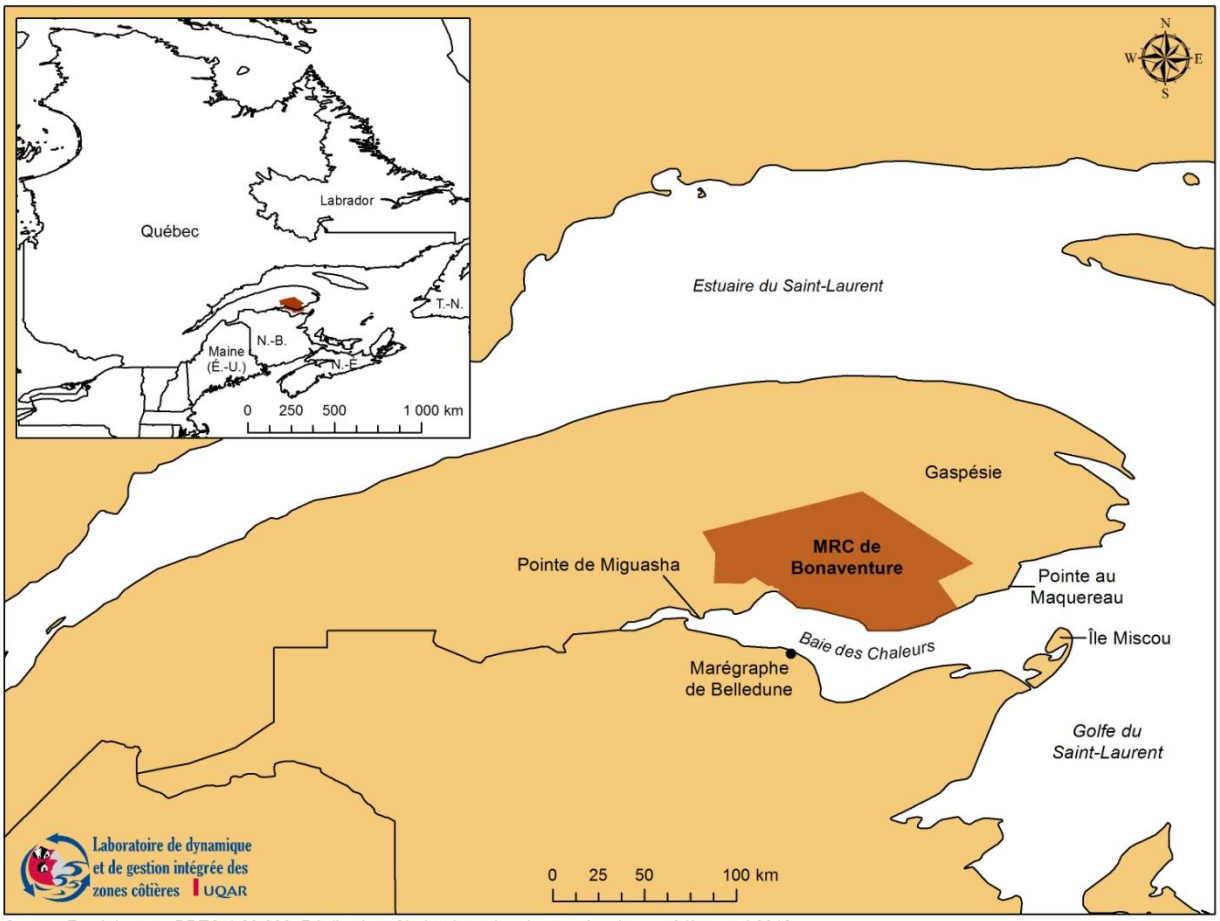
Secteur 34	Route Dimock Creek	Gesgapegiag	Unités homogènes B-CAS-31, 32, 33, 34, 35, et 36	Carte 46
Éléments exposés : route municipale asphaltée				

Cette portion de basse falaise rocheuse est assez stable avec des taux probables variant entre -0,01 et -0,14 m/an. La présence de surplombs indique cependant que le bas de la falaise est actif et qu'un effondrement pourrait se produire et affecter la route. Ce segment est davantage affecté par le courant de la rivière Cascapédia que par les vagues.

5. MRC de Bonaventure

5.1 Localisation de la zone d'étude

La MRC de Bonaventure se situe dans le sud de la Gaspésie, sur la rive nord de la baie des Chaleurs (figure 17). Le territoire de la MRC analysé dans cette étude comprend **104,9 km de côte** linéaire (figure 18) entre la rivière Cascapédia à l'ouest et les limites de Port-Daniel à l'est et comprend cinq *unités hydrosédimentaires*.



Source: Fond de carte BDTQ 1:20 000. Réalisation: Chaire de recherche en géoscience côtière, mai 2012.

Figure 17. Localisation de la MRC de Bonaventure

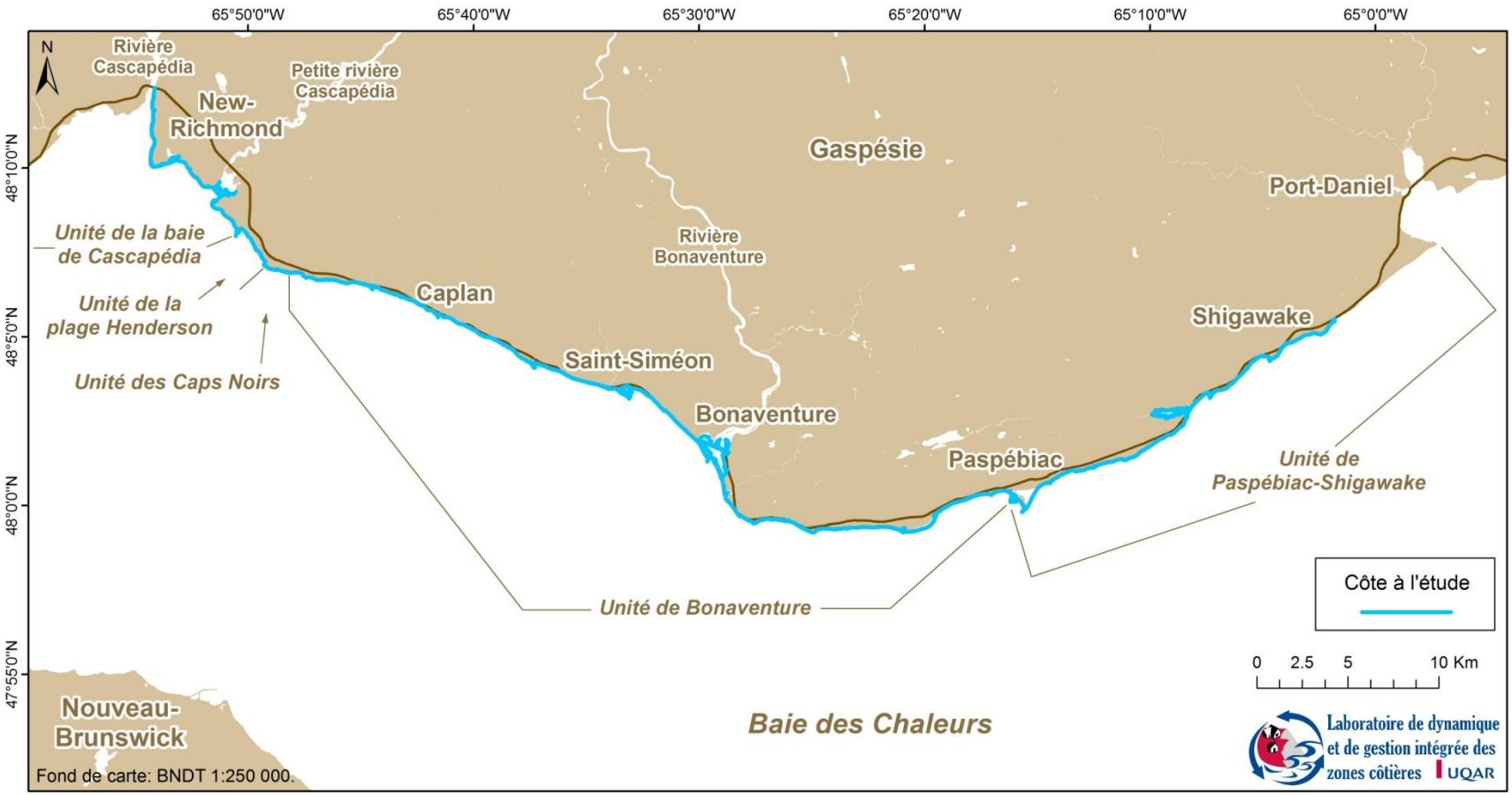


Figure 18. Territoire côtier à l'étude – MRC de Bonaventure

5.2 Portrait de l'exposition des bâtiments et des infrastructures à l'érosion côtière dans la MRC de Bonaventure

5.2.1 Portrait général

Tel que présenté dans le rapport sur les marges de sécurité en *érosion côtière* (Fraser *et al*., 2012), les taux de recul sont plutôt faibles historiquement dans la MRC de Bonaventure. La forte proportion de falaise rocheuse diminue la sensibilité des côtes à l'érosion. La problématique est cependant grandissante car le cadre bâti est important en bordure du littoral et 18% des côtes est déjà artificialisé par des ouvrages de protection (Fraser *et al*., 2012). L'analyse de l'*exposition* indique que 15,8 km d'infrastructures linéaires et 72 bâtiments sont exposés à court terme (d'ici 2020), représentant une valeur de 19 millions de dollars (tableau 10). A long terme (d'ici 2100), en supposant qu'aucune solution d'adaptation n'est mise en place, c'est 33,3 km d'infrastructures linéaires et 310 bâtiments qui seront exposés pour une valeur de 47,4 millions de dollars.

Tableau 10. Portrait général des bâtiments et des infrastructures exposées à court, moyen et long terme pour la MRC de Bonaventure

	2020 - Court terme			2050 - Moyen terme			2100 - Long terme		
Type d'éléments	Longueur (km)	Nombre	Valeur (millions $)	Longueur (km)	Nombre	Valeur (millions $)	Longueur (km)	Nombre	Valeur (millions $)
Bâtiments	na	72	3,8	na	161	8,6	na	310	18,8
Routes	8,3	na	9,4	12,4	na	14,0	15,9	na	17,8
Aqueduc et égouts	5,6	na	5,3	6,9	na	6,6	7,9	na	7,4
Chemin de fer	0,8	na	0,5	2,8	na	1,7	5,5	na	3,4
Sentiers récréotouristiques	1,0	na	0,01	2,5	na	0,01	4,0	na	0,02
TOTAL	15,7	72	19,01	24,6	161	30,91	33,3	310	47,42

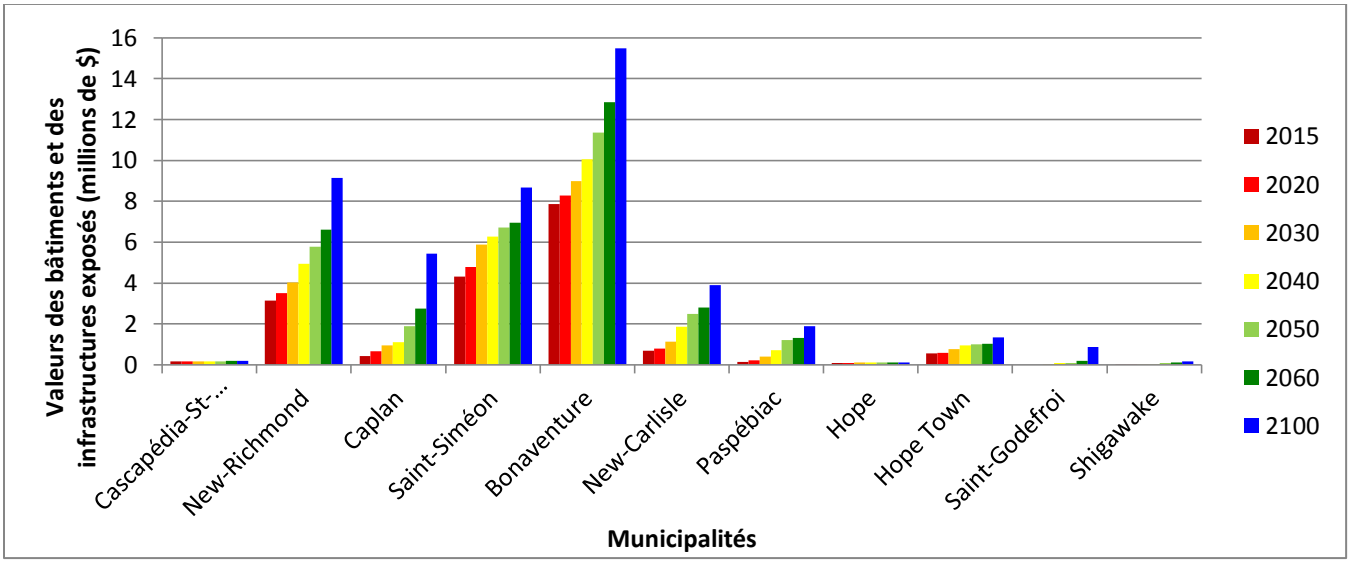
* Les chiffres sont cumulatifs dans le temps

A court terme, ce sont les routes qui représentent le plus gros *enjeu* financier avec 49% de la valeur totale et plus du double de la valeur des bâtiments. Cependant, à long terme, la valeur des bâtiments exposés dépasse celle des routes. En 2100, la valeur des bâtiments va se multiplier par cinq par rapport à 2020 pour atteindre près de 19 millions de dollars tandis que la valeur des routes exposées va seulement doubler pour la même période.

Les réseaux d'aqueduc et d'égout représentent le deuxième *enjeu* en importance à court terme et le troisième à long terme. Les tronçons exposés atteignent 5,6 km en 2020 et près de 8 km en 2100. La longueur de chemin de fer exposée en 2020 est de 0,8 km et va se multiplier par quatre en 2100 pour atteindre près de 4 km. Les sentiers récréotouristiques ne représentent pas un *enjeu* financier important mais les tronçons exposés vont se multiplier par 4 entre 2020 et 2100, atteignant une longueur de 4 km.

Trois municipalités sont nettement plus affectées que les autres dans la MRC de Bonaventure : Bonaventure, Saint-Siméon et New-Richmond (figure 19). La municipalité la plus touchée à court terme est Bonaventure avec une valeur totale des bâtiments et des infrastructures exposés de 8 millions de dollars en 2015. Cette valeur grimpe à 15,5 millions en 2100 avec une courbe légèrement exponentielle. Ensuite, New-Richmond et Saint-Siméon ont globalement des valeurs semblables, mais avec des

courbes d'évolution différentes. New-Richmond compte pour 3,1 millions de dollars en 2015 et augmente doucement de façon linéaire jusqu'à 9,1 millions en 2100. Saint-Siméon, a une plus forte valeur d'éléments exposées en 2015 avec 4,3 millions et augmente aussi plus rapidement en 2030 pour atteindre 8,7 millions de dollars en 2100. Caplan et New-Carlisle ont des portraits semblables à court terme avec 0,4 et 0,7 millions en 2015, mais se distinguent entre 2040 et 2060 par une plus forte valeur pour New-Carlisle. En 2100, c'est Caplan qui revient en tête et atteint une valeur de 5,4 millions. Paspebiac et Hope-Town atteignent entre 1 et 2 millions en 2100 et les municipalités de Cascapédia – Saint-Jules, Hope, Saint-Godefroi et Shigawake ont quelques éléments exposées qui se maintiennent sous les 200 000 dollars en 2015 et ne dépassent pas le million en 2100. Shigawake et Cascapédia - Saint-Jules ne dépassent pas 200 000 dollars en 2100.



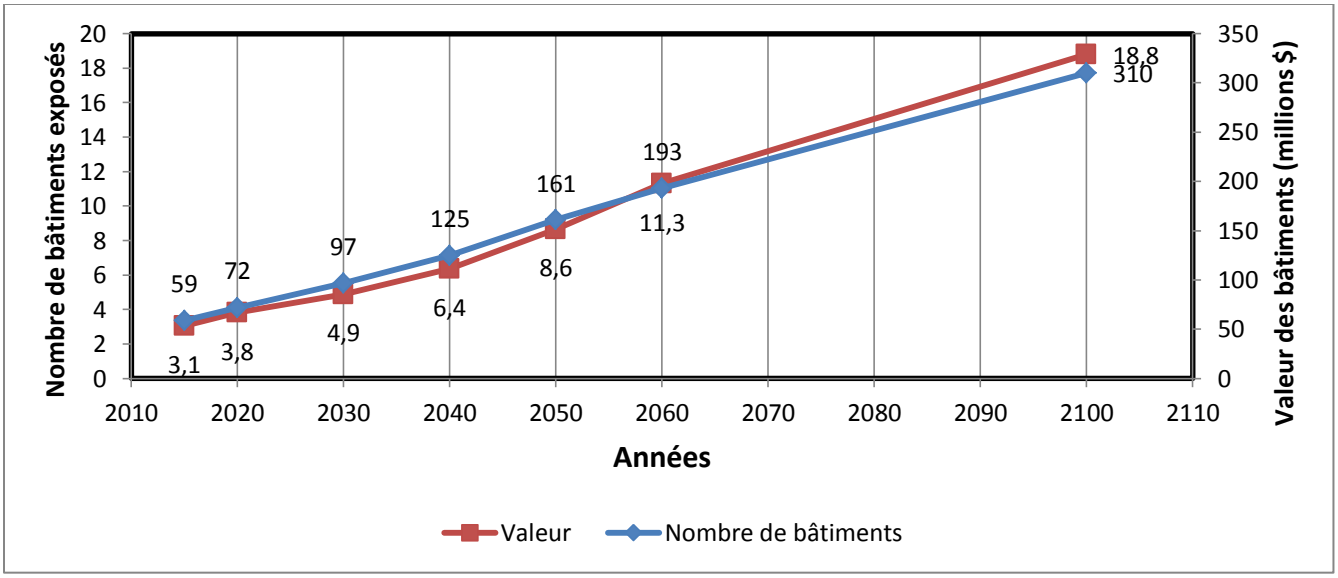
* Les chiffres sont cumulatifs dans le temps

Figure 19. Valeur des bâtiments et des infrastructures exposés à l'érosion côtière d'ici 2100 pour chaque municipalité de la MRC de Bonaventure

Un portrait de chaque type d'éléments exposés est présenté dans les sections suivantes et la section 5.3 offre une description des secteurs comprenant une plus forte concentration de bâtiments et d'infrastructures exposés.

5.2.2 Bâtiments

Les mesures de l'*exposition* des bâtiments à l'*érosion côtière* indiquent que 59 bâtiments d'une valeur de 3,1 millions sont exposés en 2015 et augmentent de façon linéaire à 310 en 2100 pour une valeur de 18,8 millions (figure 20). Cette augmentation constante indique une distribution des bâtiments bien étalée dans l'espace sans concentration particulière en fonction d'un horizon de temps.



* Les chiffres sont cumulatifs dans le temps

Figure 20. Nombre et valeur des bâtiments exposés à l'érosion côtière d'ici 2100 – MRC de Bonaventure

Le tableau 11 présente les types de bâtiments selon la classification du rôle d'évaluation foncière du Québec (MAMROT, 2010). Les types de bâtiments exposés sont très variés dans la MRC de Bonaventure et sont répartis dans 38 classes. Les résidences principales et les chalets représentent les classes les plus nombreuses en 2015 avec 13 bâtiments chacune. Les résidences principales ont cependant une valeur 4 fois plus élevée que les chalets avec 1,2 millions de dollars. L'augmentation des résidences principales exposées dans le temps est aussi beaucoup plus forte atteignant 119 bâtiments pour une valeur de 11 millions de dollars en 2100. Pour la même période, les chalets ont atteint 44 bâtiments pour une valeur de 1 millions. La villégiature est ainsi importante mais le littoral de la MRC est d'abord prisé pour les habitations permanentes. Les bâtiments secondaires sont au premier rang pour le nombre (19 en 2015), mais aucune valeur individuelle ne leur est associée; tel que mentionné dans la méthodologie (section 2.2) leur valeur est incluse dans celle du bâtiment principal du même lot. Il s'agit souvent de garages, de hangars, de granges, de cabines et de chalets qui n'ont pas été identifiés ou inventoriés dans la base de données du rôle.

Plusieurs bâtiments commerciaux ou de services sont exposés. A court terme, on note un concessionnaire automobile et un hôtel et à long terme, on note une maison pour personnes retraitées autonomes, une épicerie et un centre de services sociaux.

Tableau 11. Nombre, valeur et type de bâtiments exposés à l'érosion côtière entre 2015 et 2100 pour la MRC de Bonaventure

Code du rôle d'évaluation et type de bâtiment	2015		2020		2030		2040		2050		2060		2100	
	Nb	Valeur ($)	Nb	Valeur ($)	Nb	Valeur ($)	Nb	Valeur ($)	Nb	Valeur ($)	Nb	Valeur ($)	Nb	Valeur ($)
1000 – Logement (résidence principale)	13	1 227 850	18	1 937 600	27	2 699 790	37	3 786 190	52	5 374 590	69	6 946 110	119	10 921 510
1100 - Chalet ou maison de villégiature	13	270 050	15	290 820	18	353 150	25	524 270	28	584 280	31	655 800	44	1 013 400
1211 - Maison mobile	1	13 210	1	13 210	4	84 160	5	93 230	7	161 590	7	161 590	15	531 210
1212 - Roulotte résidentielle													1	20 650
1543 - Maison pour personnes retraitées autonomes													1	1 148 940
1914 - Camp forestier													1	6 700
1990 - Autres immeubles résidentiels					1	460	2	20 380	3	22 880	3	22 880	4	28 480
2020 - Industrie de la préparation et du conditionnement de poissons et de fruits de mer													1	352 860
4113 - Gare de chemins de fer													1	35 350
4221 - Entrepôt pour le transport par camion	1	11 160	1	11 160	1	11 160	1	11 160	1	11 160	1	11 160	1	11 160
4419 - Autres installations portuaires (Marina, phare, tour)	1	2 200	1	2 200	1	2 200	1	2 200	1	2 200	1	2 200	1	2 200
4843 - Station de contrôle de la pression des eaux usées											1	101 620	1	101 620
5251 - Vente au détail de quincaillerie													1	99 370
5411 - Vente au détail de produits d'épicerie (avec boucherie)													1	651 690
5422 - Vente au détail de poissons et de fruits de mer	1	71 870	1	71 870	1	71 870	1	71 870	1	71 870	1	71 870	1	71 870
5511 - Vente au détail de véhicules neufs et usagers	1	507 040	1	507 040	1	507 040	1	507 040	1	507 040	1	507 040	2	575 490
5593 - Vente au détail de pièces de véhicules automobiles											1	179 090	1	179 090
5811 - Restaurant et établissement avec service complet													1	276 970
5830 - Établissement d'hébergement									1	39 540	1	39 540	1	39 540
5831 - Hôtel (incluant les hôtels-motels)	1	309 760	1	309 760	1	309 760	1	309 760	1	309 760	1	309 760	1	309 760
5834 - Résidence de tourisme, appartement, maison ou chalet (meublé et équipé pour repas)					2	159 070	2	159 070	3	251 580	3	251 580	4	339 550
5891 - Traiteurs	1	56 110	1	56 110	1	56 110	1	56 110	1	56 110	1	56 110	1	56 110
6000 - Immeuble à bureaux	1	171 590	1	171 590	1	171 590	1	171 590	1	171 590	1	171 590	1	171 590
6142 - Assurance, agent, courtier d'assurances et service	1	85 850	1	85 850	1	85 850	1	85 850	1	85 850	1	85 850	1	85 850

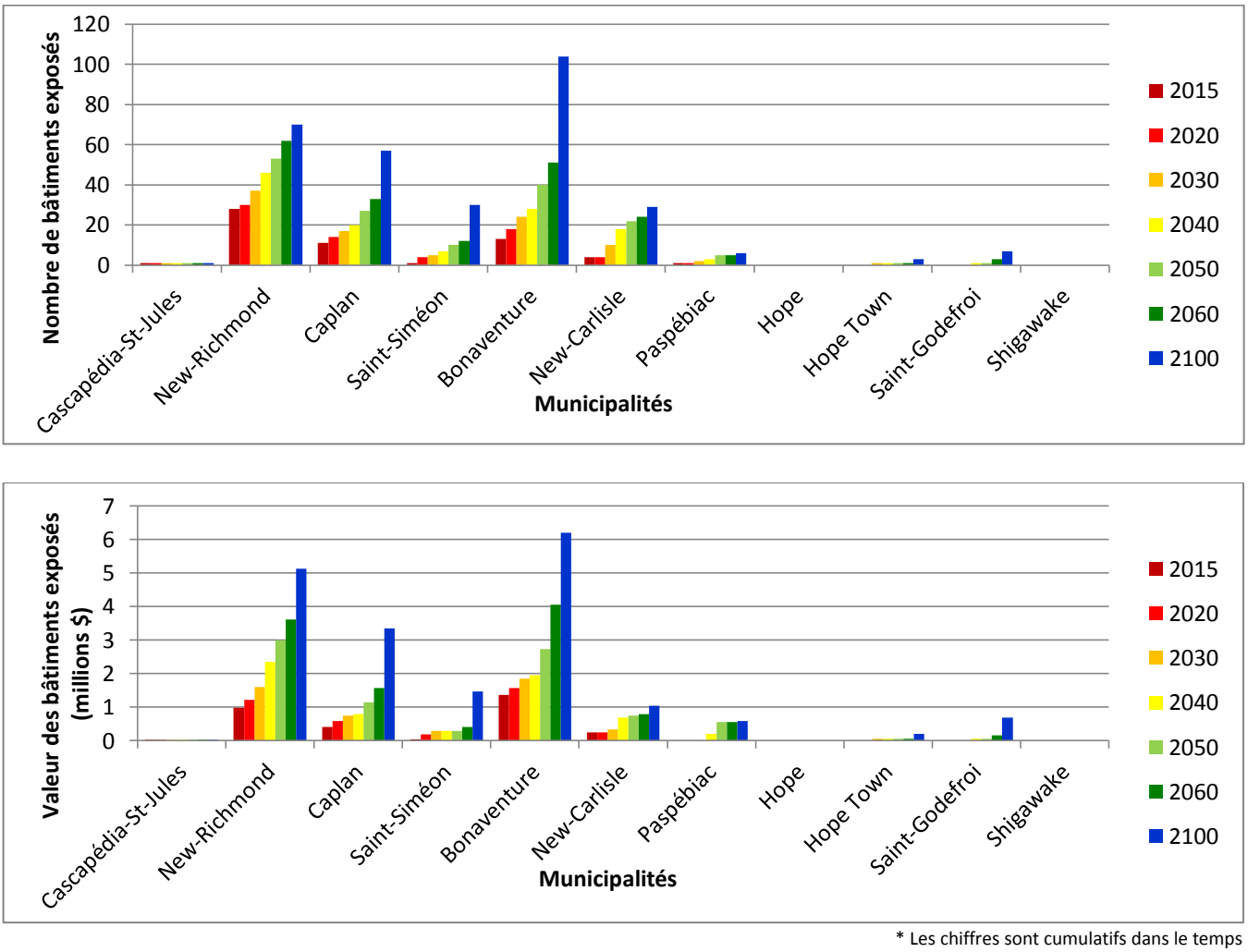
6152 - Maison d'agents, de courtiers et de services d'administration des biens-fonds	1	60 230	1	60 230	1	60 230	1	60 230	1	60 230	1	60 230	1	60 230
6241 - Salon funéraire									1	79 040	1	79 040	1	79 040
6242 - Cimetière	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
6376 - Entreposage et service d'entreposage	1	69 990	1	69 990	1	69 990	1	69 990	2	420 290	2	420 290	3	441 550
6411 - Service de réparation d'automobiles (garage)	1	60 670	1	60 670	1	60 670	1	60 670	1	60 670	1	60 670	1	60 670
6533 - Centre de services sociaux (C.S.S. et C.R.S.S.S.)											1	630 930	1	630 930
7419 - Autres activités sportives / camping, accueil							1	198 800	1	198 800	1	198 800	1	198 800
7424 - Centre récréatif en général											1	99 010	1	99 010
7491 - Camping (excluant le caravaning)	1	139 530	1	139 530	1	139 530	1	139 530	1	139 530	1	139 530	1	139 530
7610 - Parc pour la récréation en général (quai, abris)			1	40 420	1	40 420	1	40 420	1	40 420	1	40 420	1	40 420
7612- Belvédère, halte et relais routier ou station d'interprétation													1	28 200
8191 - Terrain de pâture et de pacage / roulotte (1)					1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
9200 - Exploitation non commerciale de la forêt													1	0
(vide) - Bâtiment non inventorié & bâtiment secondaire (total)	19	0	24	0	30	0	38	0	49	0	57	0	89	0
Total général	59	3 057 110	72	3 828 050	97	4 883 050	125	6 368 360	161	8 649 020	193	11 302 710	310	18 809 340

* Les chiffres sont cumulatifs dans le temps.

** Les types de bâtiments qui se démarquent par leur nombre important ou leur valeur foncière élevée sont surlignés en couleur associée à l'horizon de temps correspondant.

La répartition géographique des bâtiments montre que c'est à New-Richmond, Bonaventure et Caplan que se concentrent la plupart des bâtiments exposés (figure 21). Viennent ensuite New-Carlisle et Saint-Siméon qui ont peu de bâtiments exposés à court terme et qui possèdent chacune 30 bâtiments exposés en 2100. En dernier lieu, les six autres municipalités ont très peu de bâtiments exposés. Le plus grand nombre de bâtiments exposés en 2015 se trouve à New-Richmond (28) comparativement à 13 pour Bonaventure qui vient en second lieu. Cependant, la valeur de ces 13 bâtiments est plus importante (1,4 millions $) que les 28 bâtiments de New-Richmond (1 million $) (figure 21). Les *enjeux* reliés aux bâtiments à court terme sont ainsi plus importants dans ces deux municipalités.

La répartition temporelle du nombre de bâtiments exposés est uniforme et linéaire à New-Richmond. On observe cependant que la valeur des bâtiments exposés augmente dans le temps relativement au nombre de bâtiments. A Bonaventure, Caplan et Saint-Siméon, on observe une augmentation constante du nombre de bâtiments jusqu'en 2060 suivie d'une plus forte concentration entre 2060 et 2100. Le nombre dépasse la centaine de bâtiments à Bonaventure pour 2100. A Paspébiac, l'*enjeu* est négligeable à court terme mais prend de l'importance à partir de 2050 où des bâtiments de plus grande valeur deviennent exposés.

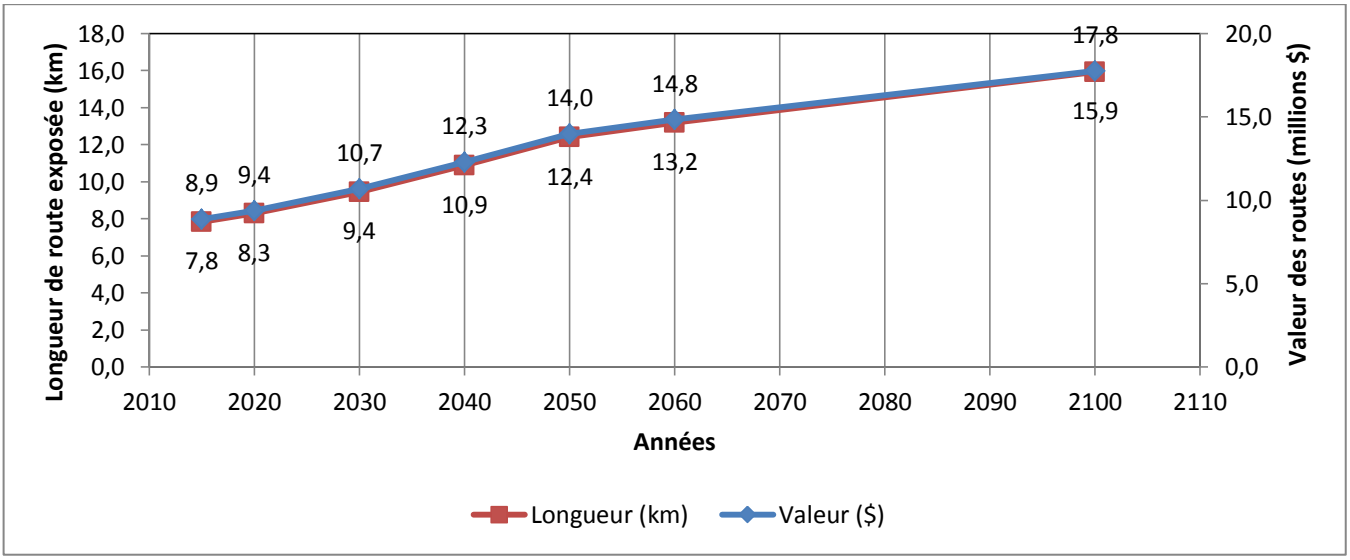


* Les chiffres sont cumulatifs dans le temps

Figure 21. Nombre et valeur des bâtiments exposés à l'érosion côtière d'ici 2100 pour chacune des municipalités de la MRC de Bonaventure

5.2.3 Routes

L'*exposition* des routes représente l'*enjeu* financier le plus important à court et à moyen terme dans la MRC de Bonaventure avec une valeur de 8,9 millions en 2015 (figure 22). La longueur de routes exposées, qui est de 7,8 km en 2015, augmente de façon constante dans le temps pour atteindre près de 16 km en 2100 avec une valeur de près de 18 millions de dollars.

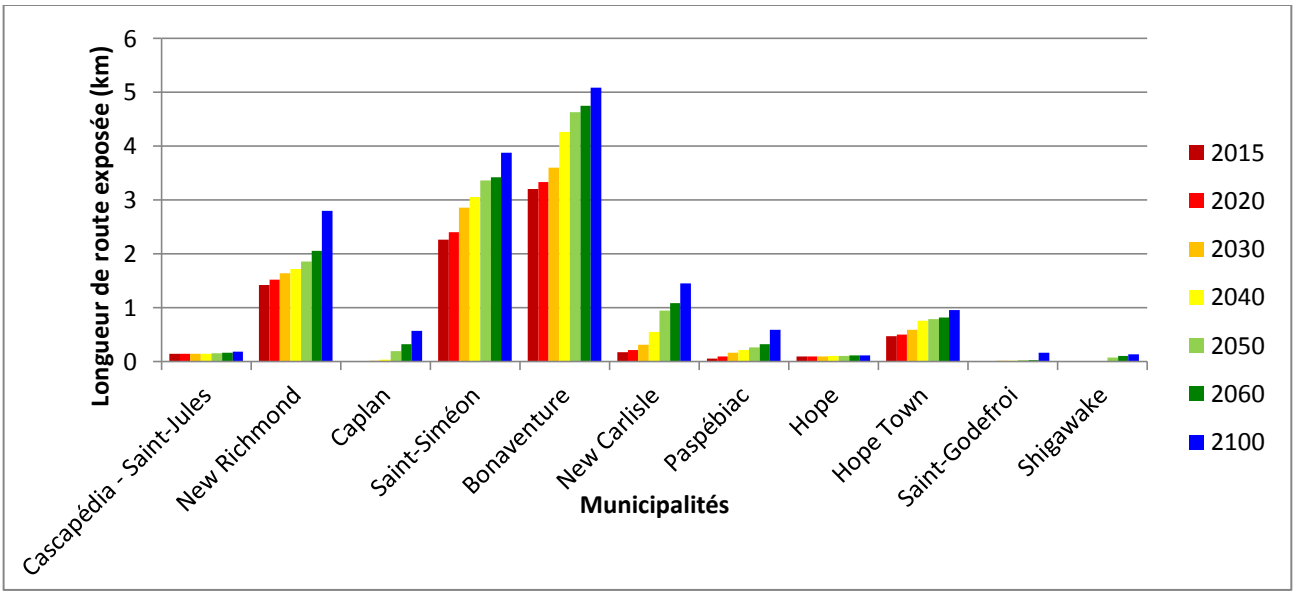


* Les chiffres sont cumulatifs dans le temps

Figure 22. Longueur de route exposée à l'érosion côtière d'ici 2100 – MRC de Bonaventure

Les routes exposées se situent principalement à Bonaventure, Saint-Siméon et New-Richmond (figure 23). On retrouve aussi quelques courts tronçons exposés en 2015 à Cascapédia – Saint-Jules, New-Carlisle, Paspébiac, Hope et Hope Town, mais ils ne représentent pas un *enjeu* majeur sauf à New-Carlisle où la longueur atteint presque 1,5 km en 2100. Caplan, Saint-Godefroi et Shigawake ont aucun tronçon exposé à court terme et très peu à long terme.

La route 132 compte globalement pour plus de 5 km de longueur exposée en 2015, ce qui représente le double de la longueur des routes municipales (tableau 12). C'est à Bonaventure que l'on retrouve la plus grande proportion de la route 132 exposée avec plus de 3 km de longueur. Les ouvrages de protection sont cependant récents et solides et devraient limiter les impacts sur la route. La route 132 est aussi exposée à Saint-Siméon avec près de 1,7 km de longueur. La plus forte concentration de route municipale exposée se trouve à New-Richmond et elle double entre 2015 et 2100 pour atteindre 2,8 km de longueur.



* Les chiffres sont cumulatifs dans le temps

Figure 23. Longueur de route exposée à l'érosion côtière d'ici 2100 pour chacune des municipalités de la MRC de Bonaventure.

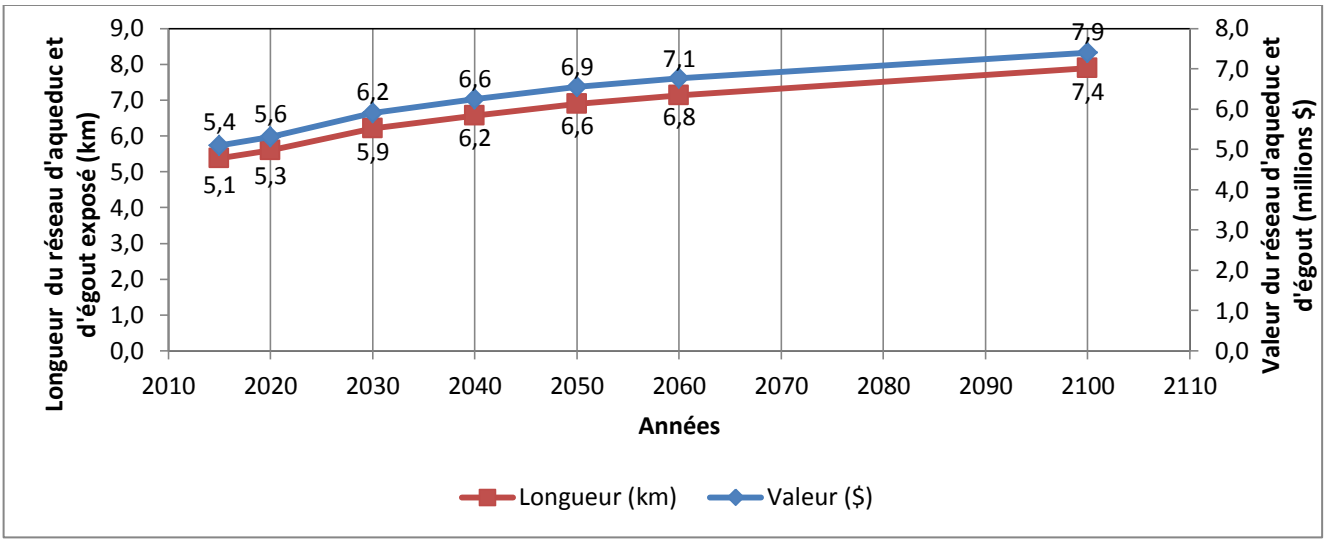
Tableau 12. Longueur de routes provinciales et municipales selon l'horizon d'exposition pour chaque municipalité de la MRC de Bonaventure

	2015 Longueur (m)	2020 Longueur (m)	2030 Longueur (m)	2040 Longueur (m)	2050 Longueur (m)	2060 Longueur (m)	2100 Longueur (m)
Cascapédia - Saint-Jules	140	140	140	140	150	160	180
Municipale	140	140	140	140	150	160	180
New Richmond	1419	1519	1642	1722	1862	2056	2802
Municipale	1419	1519	1642	1722	1862	2056	2802
Caplan	0	0	20	40	189	325	569
Provinciale	0	0	20	40	179	311	505
Municipale	0	0	0	0	10	13	63
Saint-Siméon	2265	2404	2861	3055	3364	3424	3884
Provinciale	1674	1804	2223	2383	2663	2703	3063
Municipale	591	601	638	671	701	721	821
Bonaventure	3203	3333	3599	4269	4628	4748	5088
Provinciale	3062	3172	3391	3971	4281	4326	4426
Municipale	142	162	208	298	348	422	661
New Carlisle	170	210	310	547	950	1090	1451
Municipale	170	210	310	547	950	1090	1451
Paspébiac	57	97	167	217	267	327	587
Municipale	57	97	167	217	267	327	587
Hope	94	94	94	104	104	114	114
Municipale	94	94	94	104	104	114	114
Hope Town	475	503	589	761	791	821	961
Provinciale	419	439	526	697	727	757	867
Municipale	56	63	63	63	63	63	93
Saint-Godefroi	0	0	20	20	30	30	160
Provinciale	0	0	20	20	30	30	160
Shigawake	0	0	0	0	70	100	138
Provinciale	0	0	0	0	70	100	138
Total provinciale	5154	5414	6181	7112	7950	8228	9159
Total municipale	2668	2885	3262	3762	4454	4966	6774
Total général	7823	8300	9442	10874	12404	13194	15933

* Les chiffres sont cumulatifs dans le temps

5.2.4 Aqueduc et égout

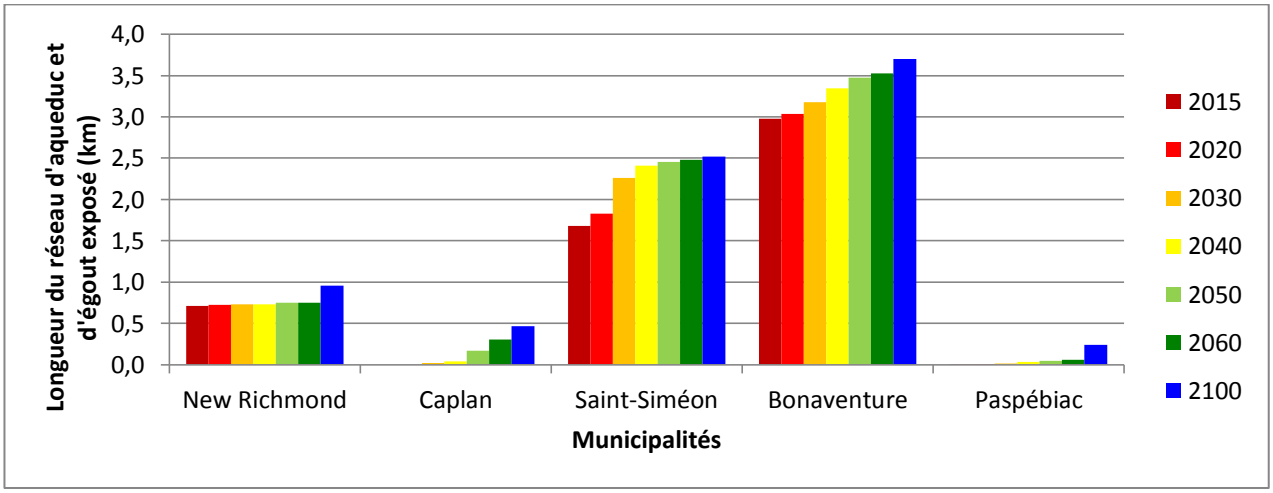
Le réseau d'aqueduc et d'égout suit le tracé des routes municipales et provinciales. Ainsi, lorsque la route est exposée, les infrastructures d'aqueduc et d'égout qui lui sont associées ont le même niveau d'*exposition*. Pour l'ensemble de la MRC de Bonaventure, on compte 5,1 km de réseau exposé en 2015, pour une valeur de 5,4 millions de dollars (figure 24). La valeur du réseau exposé atteint 7,1 millions en 2060 et près de 8 millions de dollars en 2100. L'augmentation est graduelle et linéaire dans le temps.



* Les chiffres sont cumulatifs dans le temps

Figure 24. Longueur et valeur du réseau d'aqueduc et d'égout exposé à l'érosion côtière d'ici 2100 – MRC d'Avignon

Les tronçons du réseau d'aqueduc et d'égout exposés se situent dans cinq municipalités (figure 25). Les plus longs tronçons se situent à Bonaventure et à Saint-Siméon, en lien avec la route 132 qui longe la mer sur une grande distance. A Bonaventure, la longueur du réseau exposé atteint près de 3 km en 2015 et augmente de façon constante à 3,7 km en 2100. A Saint-Siméon, la longueur du réseau est de 1,7 km en 2015 et de 2,5 km en 2100. On remarque une augmentation plus importante (400 m) en 2030. A New-Richmond, les portions exposées du réseau font 700 m de longueur en 2015 et très peu de segments sont exposés par la suite. A Caplan et Paspébiac, de courts segments sont exposés seulement à partir de 2050. Le réseau comprend l'aqueduc et l'égout sauf à Paspébiac où seulement l'aqueduc (tableau 13). A Bonaventure, 25% du réseau exposé comprend seulement l'aqueduc.



* Les chiffres sont cumulatifs dans le temps

Figure 25. Longueur du réseau d'aqueduc et d'égout exposé à l'érosion côtière d'ici 2100 par municipalité de la MRC de Bonaventure

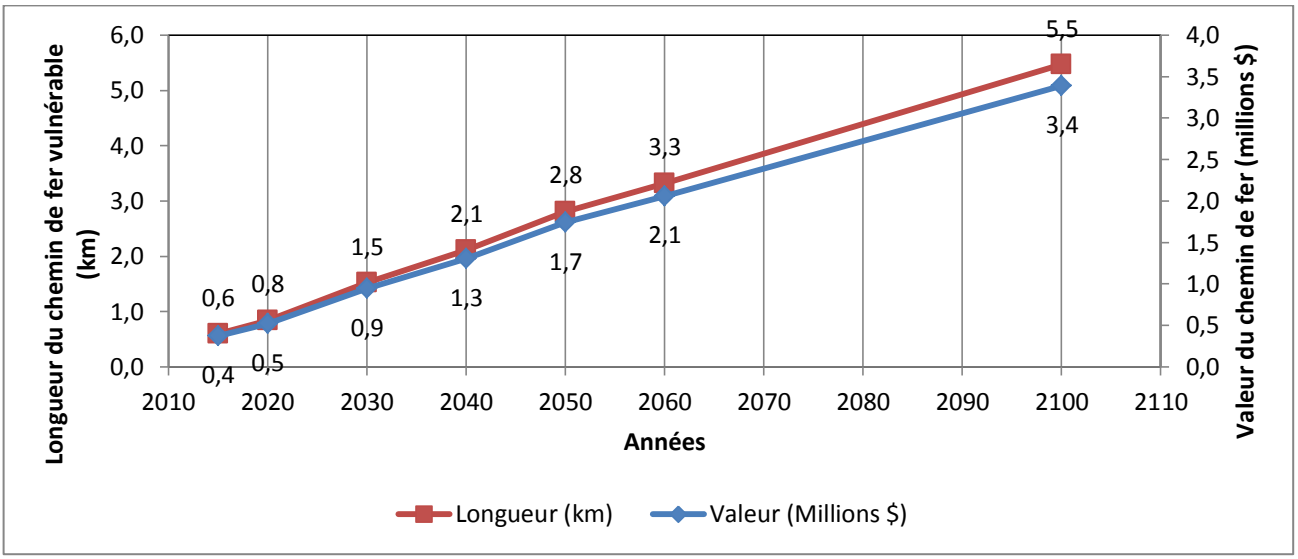
Tableau 13. Longueur du réseau d'aqueduc et d'égout exposé à l'érosion côtière d'ici 2100 par municipalité de la MRC de Bonaventure

	2015 Distance (m)	2020 Distance (m)	2030 Distance (m)	2040Distance (m)	2050 Distance (m)	2060 Distance (m)	2100 Distance (m)
New Richmond	**715**	**725**	**735**	**735**	**755**	**755**	**961**
Aqueduc et égout	715	725	735	735	755	755	961
Caplan	**0**	**0**	**20**	**40**	**170**	**307**	**467**
Aqueduc et égout	0	0	20	40	170	307	467
Saint-Siméon	**1680**	**1830**	**2262**	**2412**	**2452**	**2482**	**2522**
Aqueduc et égout	1680	1830	2262	2412	2452	2482	2522
Bonaventure	**2976**	**3036**	**3176**	**3346**	**3476**	**3526**	**3701**
Aqueduc	556	566	596	616	646	666	756
Aqueduc et égout	2420	2470	2580	2730	2830	2860	2946
Paspébiac	**8**	**8**	**18**	**38**	**48**	**58**	**242**
Aqueduc	8	8	18	38	48	58	242
Total général	**5379**	**5598**	**6211**	**6571**	**6901**	**7127**	**7893**

* Les chiffres sont cumulatifs dans le temps

5.2.5 Chemin de fer

Dans la MRC de Bonaventure, le chemin de fer est peu exposé à l'érosion côtière à court terme (0,6 km en 2015 pour une valeur de 400 000$), mais son exposition augmente de façon constante dans le temps pour atteindre 5,5 km et une valeur de 3,4 millions en 2100 (figure 26).



* Les chiffres sont cumulatifs dans le temps

Figure 26. Chemin de fer exposé à l'érosion côtière d'ici 2100 – MRC de Bonaventure

Cette infrastructure est exposée dans cinq municipalités. C'est à New-Carlisle que l'on observe la plus grande portion de segment exposé à court et à long terme (figure 27). La principale section longe le haut de la falaise rocheuse à l'est du village. Quelques tronçons exposés sur la terrasse de plage ne sont plus utilisés aujourd'hui. Ils sont tout de même considérés car les rails sont toujours en place. A Caplan et Paspébiac, les données sont semblables avec peu de tronçons exposés à court terme et une augmentation constante atteignant autour de 700 m de longueur en 2060. On note par la suite un saut jusqu'à 900 m en 2100 à Paspébiac et 1,6 km à Caplan. New-Richmond et Saint-Siméon ont aussi des portraits semblables atteignant respectivement 400 et 300 m en 2100. On observe 60 m de chemin de fer exposé à court terme à New-Richmond et rien avant 2030 pour Saint-Siméon.

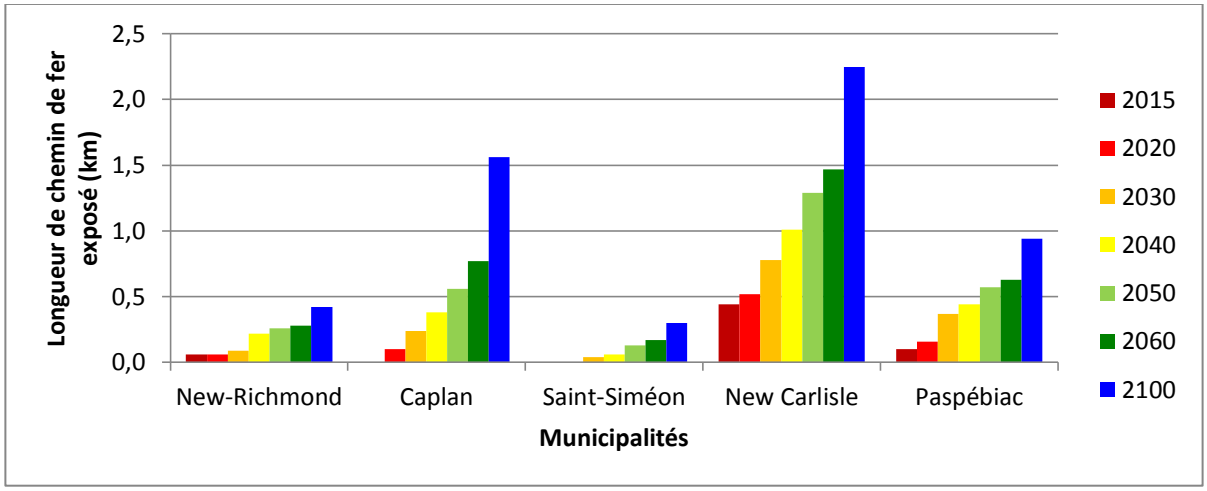
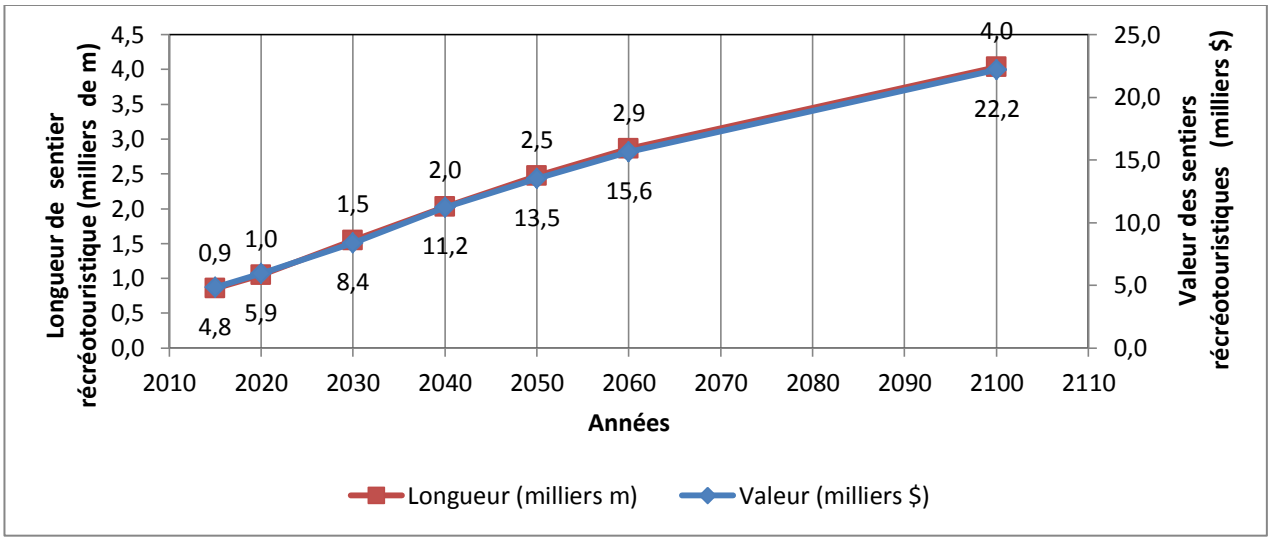


Figure 27. Longueur de chemin de fer exposé à l'érosion côtière d'ici 2100 par municipalité de la MRC de Bonaventure

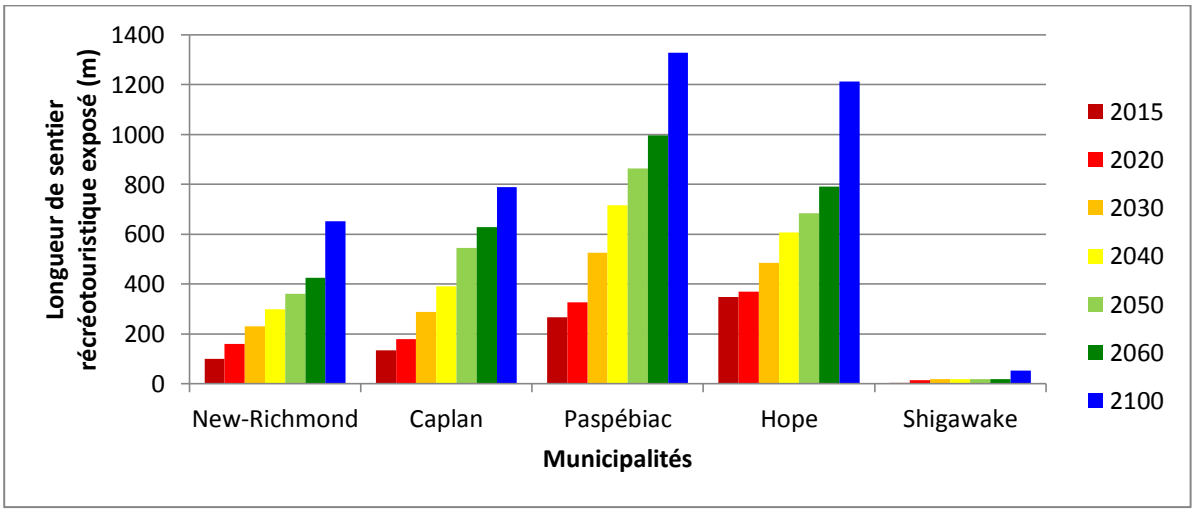
5.2.6 Sentiers récréotouristiques

L'*exposition* des sentiers récréotouristiques ne représente pas un *enjeu* financier important avec 5 000 $ en 2015 et 22 000 $ en 2100 (figure 28). Ces infrastructures sont cependant situées dans des lieux à haut potentiel récréotouristique et jouent un rôle important dans l'offre touristique locale. Dans la MRC de Bonaventure, près de 1 km de sentier est exposé en 2015 et atteint 4 km en 2100. Paspébiac et Hope ont des portraits semblables avec autour de 300 m de sentiers exposés en 2015 et plus de 1,2 km en 2100 (figure 29). Ce sont des sentiers aménagés en haut de la falaise rocheuse. New-Richmond et Caplan ont aussi des portraits semblables avec autour de 100 m de sentiers exposés en 2015 et autour de 700 m en 2100. A New-Richmond, c'est le sentier de la Pointe Taylor qui est exposé et à Caplan, c'est le sentier municipal qui longe le haut de la falaise près de la halte routière.



* Les chiffres sont cumulatifs dans le temps

Figure 28. Longueur de sentier récréotouristique exposé à l'érosion côtière d'ici 2100 – MRC de Bonaventure



* Les chiffres sont cumulatifs dans le temps

Figure 29. Longueur de sentier récréotouristique exposé à l'érosion côtière d'ici 2100 par municipalité de la MRC de Bonaventure

5.3 Description des principaux secteurs comprenant des bâtiments et des infrastructures exposés

Les bâtiments et les infrastructures exposés sont concentrés en 28 principaux secteurs. D'ouest en est, voici un portrait de la dynamique côtière des secteurs sous forme de fiche descriptive. Les statistiques pour chaque municipalité associées aux types de bâtiment et d'infrastructure sont présentées dans les sections 5.2.1 à 5.2.6. Chaque fiche comprend le numéro du secteur, le nom du lieu, la municipalité, les *unités géomorphologiques homogènes* concernées et le numéro de la carte qui lui correspond en annexe 4. Les photos aériennes obliques, qui illustrent un exemple du segment, ont été prises le 13 septembre 2010 par l'équipe du Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières de l'UQAR pour le ministère de la Sécurité publique du Québec.

Secteur 1	Rivière Cascapédia	New-Richmond	Unité homogène B-CAS-38	Cartes 01, 02 et 03
Éléments exposés : chalets et route secondaire				

Ce segment se situe à l'ouverture de l'estuaire de la rivière Cascapédia où l'on retrouve l'influence des processus marins et fluviaux. Les trois chalets en haut du talus sont considérés exposés seulement en fonction d'un *recul événementiel* car aucun taux de recul n'a été mesuré historiquement. Le milieu est ainsi très stable et protégé des vagues de tempête du sud-est par sa position dans l'estuaire de la rivière Cascapédia. Le secteur est tout de même soumis aux vents dominants de l'ouest et un recul événementiel n'est pas impossible. La route qui longe la vallée d'un petit cours d'eau a été construite dans le talus en déstabilisant la surface des dépôts. Il faut ainsi surveiller l'impact des événements de pluie torrentielle. Une route privée longe aussi le haut de la falaise (cartes 02 et 03) qui présente la même stabilité. Sa proximité avec le bord de la falaise le rend cependant exposé à un recul événementiel.

Secteur 2	Chemin de la Plage	New-Richmond	Unités homogènes B-CAS-40, 41 et 42	Carte 04
Éléments exposés : résidences principales, chalets et route secondaire				

Ce secteur est constitué d'une falaise meuble (photo ci-contre) avec une portion de terrasse de *plage* au milieu (photo ci-bas). La *dérive littorale* va de l'ouest vers l'est. La falaise de sable et de gravier de la pointe Duthie à l'ouest est en forte érosion et les sédiments sont transportés vers l'est dans une zone d'accumulation où s'est formée une flèche littorale entre les années 30 et les années 60. Les taux de recul sont ainsi plus forts à l'ouest près de la pointe avec un taux probable de -0,68 m/an. Vers l'est, la terrasse de plage et l'autre portion de falaise meuble présentent un taux probable plus faible de -0,08 m/an. C'est donc surtout le *recul événementiel* à court terme qui peut affecter ces deux derniers secteurs tandis que les bâtiments et la route situés vers la pointe sont plus exposés à court, moyen et long terme.

Secteur 3	New-Richmond ouest	New-Richmond	Unités homogènes B-CAS-45B et 45C	Carte 05
Éléments exposés : résidences principales, bâtiments secondaires et un chalet				

Malgré l'apparence de stabilité de la basse falaise meuble et malgré la présence de végétation de marais sur le haut estran, ce secteur a subi de forts reculs dans le passé atteignant presque -1 m/an dans sa partie ouest entre 1934 et 1963. L'érosion est depuis moins forte, mais les quelques ouvrages de protection et les importants remblais témoignent de la lutte pour freiner l'érosion. Il est ainsi possible que la falaise se réactive et retrouve un taux probable de -0,97 m/an. Le transit sédimentaire est très faible.

Secteur 4	New-Richmond village	New-Richmond	Unités homogènes B-CAS-48, 50, 51 et 52	Cartes 05, 05-b, 06, 06-b
Éléments exposés : résidences principales, immeuble à bureau, quincaillerie, chalets, cimetière, maison pour personnes retraitées autonomes et route municipale avec aqueduc et égout				

Le front du village de New-Richmond est bâti sur le haut d'une falaise meuble composée d'une couche de sable et de gravier reposant sur une unité argileuse. La falaise est végétalisée en partie avec des arbres et des arbustes, ce qui est un signe de stabilité. Cependant, la base de la falaise se réactive par endroits, ce qui peut éventuellement dénuder des portions de falaise tel qu'observé en d'autres endroits dans la baie des Chaleurs. Les falaises dénudées sont plus sensibles au ruissellement et aux processus de gel-dégel et ainsi plus propices aux glissements superficiels. L'écoulement de l'eau souterraine peut aussi favoriser le processus de suffosion dans la couche sableuse et, le cas échéant, occasionner des effondrements. Les taux probables varient de -0,15 à -0,31 m/an et reflètent les taux historiques des années 1934 à 1963. Des ouvrages de protection ont par la suite été construits sur de grandes distances, ce qui a ralenti l'érosion. Le transit sédimentaire est peu important et la subtile *dérive littorale* va de

l'ouest vers l'est. Un nombre important de bâtiments et d'infrastructures sont exposés à court, moyen et long terme. La majorité est protégée par un enrochement, mais certains montrent des signes de dégradation qui nécessiteraient d'évaluer l'opportunité de faire des travaux d'entretien. Un tronçon du boulevard Perron, qui comprend l'aqueduc et l'égout, est exposé en 2015 et l'enrochement est partiellement endommagé.

Secteur 5	Embouchure Petite Cascapédia	New-Richmond	Unité homogène B-CAS-53	Cartes 07 et 07-b
Éléments exposés : route municipale avec aqueduc et égout				

La route a été construite sur une digue qui traverse presqu'entièrement l'estuaire de la rivière Petite Cascapédia. Le remblai est protégé par un enrochement en bon état et aucun taux de recul n'a été mesuré. Cette portion de côte est rarement affectée par les vagues de tempête car elle est protégée des vents de tempête du sud-est. Ce tronçon est tout de même exposé en 2015 car, bien que très peu fréquents, de forts vents de l'ouest et du sud-ouest pourraient générer d'importantes vagues et affecter l'infrastructure. Les crues de la rivière peuvent aussi affecter l'infrastructure au niveau du pont où se concentre le courant.

Secteur 6	Pointe Taylor	New-Richmond	Unités homogènes B-CAS-59 et 61	Cartes 08 et 08-b
Éléments exposés : un sentier récréotouristique et un bâtiment récréatif municipal				

Situé à l'embouchure de la rivière Petite Cascapédia, le secteur de la Pointe Taylor est sous l'influence des processus marins et fluviaux. Le delta de la rivière est dynamique avec des chenaux mobiles, des dunes sous-marines et des barres d'avant-côte qui migrent au front du delta. Un cordon littoral est aussi très dynamique au large de la pointe Taylor et sa forme est en constante évolution. La *dérive littorale* est vers l'ouest et l'érosion de la terrasse de plage au bout de la pointe a permis la formation d'une flèche littorale qui pointe vers l'embouchure de la rivière. Le taux probable moyen autour de la pointe est de -0,50 m/an. Ce recul menace la piste multi-sport à court, moyen et long terme. Le bâtiment et les infrastructures municipales sont protégés par des gabions en bon état.

Secteur 7	Chemin du port	New-Richmond	Unités homogènes B-CAS-63, 64A, 64B et 64C	Carte 09
Éléments exposés : résidences principales, chalet, route municipale et équipements industriels				

Ce secteur comprend deux types de côte. D'abord, une terrasse de plage sur laquelle sont implantés quelques résidences principales, chalets et de gros réservoirs désaffectés. Le taux probable pour ce secteur est de -0,53 m/an. Les protections sont endommagées devant les résidences principales et les chalets. Les barres sableuses situées au large sur le delta de la rivière Petite Cascapédia constituent un apport sédimentaire potentiel pour cette portion de côte. L'autre type de côte est une falaise meuble comprenant une portion avec une base rocheuse. La route du Port se trouve en haut du talus et est exposée à court, moyen et long terme. Près du quai à l'est, une portion de cette même route est aussi exposée à court terme mais est protégée par un enrochement en bon état.

Secteur 8	A l'ouest du Chemin des Lilas	New-Richmond	Unités homogènes BON-02A	Carte 12
Éléments exposés : chemin de fer				

Le chemin de fer longe le sommet d'une haute falaise de grès rouge. Le taux probable est faible (-0,11 m/an), mais la proximité de l'infrastructure est telle que l'évolution future et les reculs événementiels potentiels exposent 360 m de rail à court, moyen et long terme. Les processus de pente sont importants. L'apport sédimentaire est faible et les *plage*s sont ainsi étroites ou absentes, ce qui permet aux vagues de maintenir le pied de falaise dégagé et de former des encoches dans le roc.

Secteur 9	Halte routière	Caplan	Unités homogènes BON-02E	Carte 14-b
Éléments exposés : sentier pédestre				

Le taux probable de cette portion de falaise rocheuse est de -0,11 m/an. Le taux est faible mais le grès est très friable et la totalité de la falaise est active. Les décrochements de blocs et éboulis sont fréquents. Le sentier étant très près du bord de la falaise, on observe que 790 m sur une longueur totale de 850 m de sentier est exposé à court, moyen et long terme. Le transit sédimentaire vers l'est est efficace et les débris tombés de la falaise sont rapidement évacués, ce qui maintient une *plage* étroite.

Secteur 10	Rivière Caplan	Caplan	Unités homogènes BON-07, 08 et 09	Carte 15
Éléments exposés : résidences principales, chalets et commerce (assurances)				

Ce secteur, constitué d'une falaise meuble, est crucial car près de 20 résidences principales y sont exposées d'ici 2100 dont 5 d'ici 2020. La falaise est effectivement active avec des taux probables variant de -0,27 à -0,51 m/an. La majorité des terrains sont protégés par des enrochements et des murets (photos d'en haut). On compte aussi une dizaine d'épis rocheux dans ce segment. La dynamique côtière est très influencée par ces épis rocheux qui sont efficaces à retenir les sédiments en amont de la *dérive littorale* (du côté ouest de l'épi) (photo d'en bas). On note cependant une érosion marquée en aval de chaque épi créée par le déficit de sédiments. C'est un lieu typique où chaque intervention a des impacts directs sur la partie aval (vers l'est). Le maintien de la *plage* est crucial pour ralentir le recul de la falaise.

Secteur 11	À l'est de la plage du village	Caplan	Unité homogène BON-14	Cartes 17, 17-b, 18, 18-b et 19
Éléments exposés : route 132, chemin de fer, commerce (épicerie), une résidence principale et un cimetière				

Ce secteur comprend la totalité de l'*unité géomorphologique homogène* BON-14. La côte est constituée d'une falaise de grès friable et le taux probable est de -0,11 m/an. L'absence de *plage* à plusieurs endroits permet aux vagues d'attaquer le pied de la falaise et favorise la formation d'encoches d'érosion. L'effondrement des surplombs peut créer des reculs soudains. Les décrochements liés aux processus de gel et de dégel sont aussi responsables de l'évolution de cette falaise. La *dérive littorale* va de l'ouest vers l'est. Deux quais étaient présents entre les années 30 et 60 et ont eu pour effet de former d'étroites terrasses de plage du côté ouest de la structure et de freiner le recul de la falaise derrière. Les terrasses ont rapidement disparues suite au démantèlement des quais et l'érosion de la falaise se poursuit aujourd'hui. Un bâtiment du cimetière est exposé entre 2040 et 2050, mais le reste du cimetière n'est pas exposé d'ici 2100 (photo en haut à gauche). L'épicerie de Caplan est pour sa part exposée entre 2060 et 2100 (photo en haut à droite). La route 132 est exposée à partir de 2020 et principalement entre 2040 et 2100. Toute la zone exposée est protégée par un enrochement en bon état à la base de la falaise et par un mur de soutien en bon état en haut de la falaise sur certaines portions (photo en bas à gauche). L'entretien des protections permettra de limiter l'exposition dans le futur. Le chemin de fer est exposé sur deux sections d'environ 500 m (photo en bas à droite). Ces sections sont principalement exposées à partir de 2050. Seulement un tronçon de 30 m est exposé à partir de 2020 et quelques dizaines de mètres sont exposées entre 2020 et 2050.

Secteur 12	Ruisseau Leblanc ouest	Caplan	Unité homogène BON-16	Carte 20
Éléments exposés : chemin de fer				

Le chemin de fer longe le sommet d'une falaise de grès et est exposé entre 2015 et 2100 sur quelques segments totalisant 740 m de longueur. La falaise est très verticale et évolue autant par les processus de pente reliés au gel-dégel que par l'attaque des vagues qui limite l'accumulation des débris au pied de la pente. La très étroite *plage* de galets à la base de la falaise ne permet pas d'atténuer l'énergie des vagues. La *dérive littorale* transporte les sédiments vers l'est qui s'accumulent plus loin sur la terrasse de plage du havre de Caplan. Le taux probable est de -0,12 m/an.

Secteur 13	Havre de Caplan	Caplan	Unité homogène BON-17	Carte 20
Éléments exposés : quatre chalets et un bâtiment récréatif				

La terrasse de plage est intimement liée à la présence du quai. Elle s'est mise en place rapidement suite à la construction du quai au début du siècle dernier. La *dérive littorale* étant de l'ouest vers l'est, le quai a capté les sédiments en transit le long de la côte. Bien que la terrasse de plage ait gagné du terrain depuis les années 60, le taux probable est négatif (-0,19 m/an) car il reflète l'évolution entre 1934 et 1963. Les conditions hydrodynamiques futures, la hausse du niveau marin et la détérioration du quai peuvent entraîner un recul de la terrasse de plage. A court et moyen terme, tant que le quai se maintient, il ne devrait pas y avoir de recul. L'arrière-plage risque cependant d'être submergée plus fréquemment dans le futur.

Secteur 14	À l'est du havre de Caplan	Saint-Siméon	Unités homogènes BON-20, 21A et 21B	Carte 21
Éléments exposés : chemin de fer				

La falaise de ce secteur est constituée par un épais dépôt meuble qui repose sur une base rocheuse. Le dépôt meuble comprend une unité de gravier et sable qui repose sur une unité fine. On retrouve ainsi plusieurs processus (ravinement, suffosion, glissement superficiels, gel-dégel, vagues, effondrement de blocs) qui contribuent à faire évoluer plus rapidement la falaise qui présente un taux probable de -0,23 m/an. La *plage* est très étroite et très mince, ce qui permet aux vagues de frapper régulièrement la base de la falaise et de creuser des encoches. La *dérive littorale* va de l'ouest vers l'est et est très efficace à transporter les débris tombés de la falaise. Une portion de 300 m de chemin de fer est exposée entre 2020 et 2100.

Secteur 15	Village de Saint-Siméon	Saint-Siméon	Unités homogènes BON-22B et 23	Cartes 21, 21-b, 22, 22-b, 23 et 23-b
Éléments exposés : route 132 et réseau d'aqueduc et d'égout				

La route 132 longe le bord d'une falaise meuble sur la totalité du front du village. La *plage* est très étroite ou absente devant l'enrochement qui est présent sur l'ensemble du tronçon (photos ci-contre). La *dérive littorale* va de l'ouest vers l'est. La majorité du tronçon de route est exposée à court terme et quelques segments sont exposés à moyen et long terme. Cependant, le faible taux probable entre -0,08 et -0,12 m/an, la pente végétalisée et la présence de l'enrochement en bon état réduisent les possibilités de recul. La portion à l'est de l'enrochement, là où un quai existait jusque dans les années 60, n'est pas exposée (photo ci-bas). L'embouchure de la rivière Saint-Siméon contribue à ralentir le transit sédimentaire et à maintenir la terrasse de plage immédiatement à l'ouest. Cette terrasse de plage est cependant très dynamique et a montré de forts reculs et avancées dans le passé en lien avec la présence du quai et de la rivière. Il faut donc accorder une attention particulière à ce secteur dans l'analyse de la dynamique côtière actuelle et future.

Secteur 16	Embouchure de la rivière Saint-Siméon	Saint-Siméon	Unité homogène BON-25	Carte 23
Éléments exposés : résidences principales et secondaires				

Ce secteur est très dynamique à l'embouchure de la rivière Saint-Siméon. La *dérive littorale* va de l'ouest vers l'est et une flèche littorale pointant vers l'est se forme et se brèche de façon cyclique à l'embouchure de la rivière. Les sources sédimentaires sont très limitées à l'ouest car la falaise est enrochée sur près de 3 km. La côte immédiatement à l'est est une basse falaise meuble en érosion avec un taux probable -0,56 m/an. C'est la zone où se concentrent les bâtiments exposés surtout à moyen et long terme derrière les vestiges de l'ancienne route 6. Lorsque la flèche s'allonge vers l'est, cette portion de côte se retrouve protégée de l'érosion. Suite à une brèche par la rivière, le cordon de gravier et de galets migre lentement vers la côte et assure encore la protection du littoral pour un certain temps. La rivière a percé la flèche en 2005 la dernière fois et depuis, les sédiments se sont étalés sur le delta et les vagues attaquent aujourd'hui de nouveau la falaise.

Secteur 17	Site de l'Île	Saint-Siméon	Unités homogènes BON-26A, B, C et D	Cartes 23 et 24
Éléments exposés : chalets et route secondaire				

La stabilité de cette flèche littorale est liée à la présence de l'épi rocheux qui remplace un ancien quai à l'extrémité est. La *dérive littorale* étant de l'ouest vers l'est, l'ancien quai et l'épis ont permis de capter les sédiments et d'atteindre une stabilité. Les sédiments franchissent aujourd'hui l'épi et s'accumulent au bout alimentant une autre petite flèche orientée nord-sud et des barres sableuses à l'est. La portion ouest de la flèche (BON-26A) est plus sujette à l'érosion avec un taux probable de -0,34 m/an. Des gabions et quelques épis de bois y sont implantés afin de protéger le terrain de camping et le chemin d'accès. Plus près de l'épi (BON-26B), la *ligne de rivage* est stable (-0,1 m/an) mais est tout de même sujette à un *recul événementiel*. Le côté intérieur de la flèche présente un taux probable plus important (-0,65 m/an), ce qui expose la route secondaire à court terme et deux chalets à moyen et long terme. La petite flèche orientée nord-sud contribue à protéger le côté intérieur et le marais en dissipant l'énergie des vagues. Son maintien s'avère ainsi bénéfique.

Secteur 18	De la route de l'Île à la route Forest	Saint-Siméon et Bonaventure	Unités homogènes BON-28, 29, 30, 31 et 32	Cartes 24, 25 et 25-b
Éléments exposés : résidences principales, route 132, aqueduc et égouts, chalets, commerces (automobiles et piscines) et salon funéraire				

Ce secteur présente les taux de recul parmi les plus élevés de la Baie des Chaleurs. L'unité BON-29 indique un recul de plus de 150 mètres entre 1934 et 2007 avec un taux de -3,63 m/an. L'érosion du fond de l'anse (BON-27) est restée forte durant les dernières décennies tandis que les protections mises en place plus à l'est (pour les résidences et le commerce d'automobiles) ont ralenti l'érosion. On note aussi l'apparition récente de bancs de sable au large qui contribuent à l'atténuation des vagues. L'exposition d'une grande quantité de bâtiments ne tient pas compte des protections actuelles et futures, mais donne un signal de l'importance du recul potentiel. La portion de route 132 exposée est protégée par un enrochement en bon état. Le recul à cet endroit a cependant été important dans le passé comme en témoignent les taux probables de -2,16 m/an pour BON-30 et de -0,81 m/an pour BON-31. C'est pourquoi plusieurs bâtiments sont exposés à moyen et long terme de l'autre côté de la route.

Secteur 19	Route 132	Bonaventure	Unité homogène BON-33	Cartes 25, 25-b, 26, 26-b, 27 et 27-b
Éléments exposés : route 132, aqueduc et égouts				

La route 132 longe le bord de mer sur plus de 2,3 km dans l'unité homogène BON-33. Un taux probable de -0,18 m/an est issu de mesures de recul entre 1934 et 1963, mais le segment est protégé par un enrochement en bon état sur 1875 m et un muret de béton sur 450 m. Ces structures sont récentes et solides. La route est néanmoins exposée aux événements extrêmes à court terme étant donné la proximité de la mer. La *dérive littorale* va de l'ouest vers l'est et le peu de sédiments en transit se dépose plus loin sur la flèche littorale (plage Beaubassin). La *plage* est quasi absente devant l'enrochement et étroite devant le muret. On observe que la construction de la route a empiété sur la plage sur une distance de près de 1 km. A noter que le sentier qui a été récemment construit sur le haut de l'enrochement n'est pas comptabilisé dans les infrastructures exposées, mais il est aussi exposé aux événements de tempête.

Secteur 20	Château Blanc	Bonaventure	Unité homogène BON-34	Carte 27
Éléments exposés : résidences principales et un hôtel				

Cette terrasse de plage constitue l'attache de la flèche littorale de la plage Beaubassin. La *dérive littorale* va de l'ouest vers l'est. Les épis de bois font un bon travail en retenant le sable et le gravier en transit vers l'est. Le taux probable indique une accumulation de +0,25 m/an principalement due au remblai pour le stationnement de l'hôtel et aux épis. Il faut cependant préciser que la *plage* actuelle est en équilibre avec les épis et qu'une avancée naturelle de la côte dans ce secteur reste peu probable sans une intervention anthropique (recharge, ajout d'épis). Malgré l'avancée historique de la côte, les événements de tempête peuvent faire reculer ponctuellement la *ligne de rivage* et causer des dommages aux bâtiments qui sont exposés d'ici 2015.

Secteur 21	Route du Cap-de-sable au ruisseau Cullens	Bonaventure (Bonaventure – Est)	Unités homogènes BON-48, 49, 50A et 50B	Carte 30
Éléments exposés : résidences principales, chalets et route secondaire				

Malgré l'apparence de stabilité sur les images obliques de 2010, ce secteur de falaise meuble de gravier et de sable a connu une importante et constante érosion depuis 1934, reculant d'une trentaine de mètres. Les taux probables oscillent entre -0,24 et -0,73 m/an et sont basés sur les reculs enregistrés entre 1934 et 1963. L'érosion par les vagues domine, mais on observe aussi du ravinement qui était déjà présent sur les images de 1934. Ce processus joue un rôle non négligeable car la tête des ravins dépasse souvent 20 mètres vers l'intérieur des terres. La *dérive littorale* va de l'ouest vers l'est.

Secteur 22	Fauvel	Bonaventure	Unités homogènes BON-65, 66, 67 et 69B	Cartes 32 et 33
Éléments exposés : résidences principales, chalets, route 132				

Ce secteur est composé d'une falaise rocheuse à sommet meuble avec un taux probable entre -0,23 et -0,44 m/an. Un quai implanté au début du siècle avait permis la formation d'une terrasse de plage de plus de 100 mètres de large dans sa portion est. Aujourd'hui démantelé, un épi rocheux le remplace et la *ligne de rivage* a reculé de 80 m depuis 1963, ce qui donne un taux probable de -0,84 m/an. Une quinzaine d'épis de bois implantés le long de la terrasse ont peut-être joué un rôle dans le maintien de la *plage*, mais ils sont aujourd'hui moins ensablés et la ligne de rivage a reculé derrière laissant circuler les sédiments. C'est la présence de l'épi rocheux qui assure le maintien de la terrasse. La falaise à l'ouest est protégée par un enrochement en bon état (photo en haut, ci-contre). Quelques résidences sont exposées à moyen et long terme. La falaise à l'est de la terrasse de plage n'est pas protégée et la route 132 est exposée à court, moyen et long terme (photo ci-bas).

Secteur 23	Rue Green	New-Carlisle	Unités homogènes BON-78A, 80B et 80C	Cartes 36, 37 et 38
Éléments exposés : chalets, route secondaire et chemin de fer				

Au début du siècle, cette terrasse de plage avait une forme de pointe qui s'avançait à 160 m au large de la *ligne de rivage* actuelle, vis-à-vis l'emplacement de la lagune à l'est de la rue Green. La *dérive littorale* va de l'ouest vers l'est avec une importante dérive secondaire inverse, ce qui a permis la formation de cette pointe. Ce sont les interventions humaines qui ont par la suite transformé ce milieu. La construction d'un quai de 250 m de long à l'est dans les années 30 (aujourd'hui enroché) a fait en sorte de freiner la *dérive littorale* et d'accumuler 160 m de *plage* à l'est de l'ancien quai entre 1934 et 2007. Ensuite, l'aménagement d'un havre à l'ouest dans les années 60 a nécessité la canalisation d'un chenal pour la circulation des bateaux. Cette structure, qui est aujourd'hui enrochée, a agi comme un épi et a permis l'avancée de plus de 80 m de la flèche littorale immédiatement à l'ouest. Ces perturbations ont eu pour effet d'éroder la pointe au profit des secteurs adjacents. Le sable et le gravier se sont ainsi déplacés et le bilan sédimentaire semble globalement stable. Puisque le milieu a été très dynamique par le passé, les taux probables sont élevés (-1,71 et -2,32 m/an) et plusieurs chalets sont exposés à court, moyen et long terme. L'équilibre précaire actuel est hautement dépendant du maintien des épis rocheux. L'enlèvement de ces structures augmenterait l'érosion à l'est et à l'ouest et favoriserait l'accumulation au centre pour reformer une pointe sableuse. Les photos, dans l'ordre habituel, vont de l'ouest vers l'est.

Secteur 24	New-Carlisle-Est jusqu'au CLSC de Paspébiac	New-Carlisle et Paspébiac	Unités homogènes BON-81, 82, 83, 84 et 85	Cartes 39 et 40
Éléments exposés : chemin de fer				

Bien que les taux probables soient faibles sur cette falaise rocheuse (entre -0,08 et -0,19 m/an), le chemin de fer longe de très près le bord de la falaise et 90% du tracé est exposé d'ici 2100. Plusieurs tronçons sont actuellement dans la zone de *recul événementiel* de 3 m et sont ainsi exposés d'ici 2015. La *plage* est très étroite et les vagues frappent constamment la base de la falaise qui se maintient active en permanence. De petits tronçons sont déjà enrochés (photo ci-contre) mais la plupart de la falaise est sans protection (photo ci-bas).

Secteur 25	Paspébiac-ouest	Paspébiac	Unités homogènes BON-86A, 86B, 87A, 87B, 87C et 87D	Cartes 40-b et 41-b
Éléments exposés : sentier pédestre				

Sur les 1,5 km de sentier pédestre aménagé en haut de la falaise, on retrouve 1,3 km exposé d'ici 2100 dont 270 m d'ici 2015. Plusieurs portions ont déjà une clôture de sécurité. Les taux probables sont faibles (entre -0,09 et -0,11 m/an), mais les vagues creusent des encoches à la base de la falaise et des reculs peuvent survenir lors de l'effondrement de blocs rocheux.

Secteur 26	Barachois de Paspébiac	Paspébiac	Unité homogène PAS-02	Cartes 42 et 42-b
Éléments exposés : bâtiments du camping, entrepôt, chemin d'accès et aqueduc				

Le barachois de Paspébiac marque un point d'inversion majeur dans la dynamique hydrosédimentaire de la côte entre New-Richmond et Port-Daniel. En effet, les dérives principales convergent toutes vers le barachois de Paspébiac, ce qui a contribué en partie à sa formation mais surtout à sa forme en triangle. Force est de constater que cette dérive convergente ne permet pas d'alimenter les flèches et de maintenir une stabilité car la flèche exposée à l'est recule à des taux historiques de plus de 6 m/an à son extrémité (plus de 350 m au total entre 1934 et 2007), ce qui constitue les plus forts taux de recul des MRC d'Avignon et de Bonaventure. Le taux probable est de -5,17 m/an sur l'ensemble de la flèche. La principale source sédimentaire du barachois est sous-marine, non renouvelable et quasi complètement épuisée; il s'agit d'un ancien dépôt deltaïque érodé en surface par les vagues (Renaud, 2000). Les sédiments de *plage* migrent en partie vers l'intérieur de la lagune sous forme de lobes de tempête et en partie à l'extrémité ouest où la flèche s'allonge et où se forme un important corps sédimentaire sous-marin (Xhardé *et al*., 2011). Les bâtiments liés aux services du camping, un entrepôt, le chemin d'accès à la pointe et l'aqueduc sont exposés à court, moyen et long terme. Heureusement, les éléments les plus importants tels le site historique, la zone portuaire et l'usine de transformation des produits de la mer ne sont pas exposés à l'érosion d'ici 2100. Ils sont cependant sujets à la *submersion*.

Secteur 27	Hope Ouest	Hope	Unités homogènes PAS-08A, 08B, 08C, 08D, 08E, 09 et 10	Cartes 44-b, 45 et 45-b
Éléments exposés : sentier pédestre, route secondaire et halte routière				

Sur les 1,5 km de sentier pédestre aménagé en haut de la falaise, on retrouve 1,2 km exposé d'ici 2100 dont 350 m d'ici 2015. La majorité du sentier a déjà une clôture de sécurité pour baliser la circulation. Le taux probable est faible (-0,10 m/an), mais les vagues creusent des encoches à la base de la falaise et des reculs peuvent survenir lors de l'effondrement de blocs rocheux. À l'extrémité est de la zone, un ancien quai aujourd'hui enroché a permis la formation et le maintien d'une terrasse de plage en retenant les sédiments du côté est. Une aire de repos et un stationnement y sont aménagés. Le chemin d'accès est exposé à court et moyen terme.

Secteur 28	Embouchure de la rivière Paspébiac	Hope-Town et Saint-Godefroi	Unités homogènes PAS-15B, 16, 17A, 17B et 18	Cartes 48 et 50
Éléments exposés : route 132, résidences principales et usine de transformation des produits de la mer				

A Hope-Town et à Saint-Godefroi, le tissu urbain est implanté loin du bord de mer et occasionne ainsi peu d'*enjeux* liés à l'érosion côtière. Un seul endroit est critique à l'embouchure de la rivière Paspébiac. Le milieu comprend, de l'ouest vers l'est, une flèche littorale (photo en haut), une falaise meuble (photo centre) et une falaise rocheuse (photo en bas). La flèche littorale est fixée par la route 132. L'attache de la flèche n'a d'ailleurs par bougée depuis 1934 car la protection de la route 132 a toujours été maintenue (PAS-16). On observe même de l'empiètement sur la *plage* par l'enrochement. L'extrémité de la flèche à l'ouest a par contre reculé de façon importante depuis que le quai a été démantelé (-50 m entre 1963 et 2007 pour un taux probable de -0,92 m/an) (PAS-15B). Ce quai faisait 185 mètres de long en 1963 et retenait les sédiments en migration vers l'ouest tout en maintenant le chenal dégagé. Des gabions font aujourd'hui office d'épi mais ne font que 70 mètres de long et une portion est détruite au milieu de l'épi. Récemment, une série de cinq épis rocheux a été implantée afin de piéger les sédiments et de maintenir la plage.

La falaise meuble qui suit la flèche vers l'est (PAS-17A et 17B) a un taux probable qui oscille entre -0,31 et -0,53 m/an. Le ministère des Transports a récemment prolongé un enrochement vers l'est, mais trois résidences principales restent exposées à court et moyen terme avec des protections endommagées et même complètement détruites. Cette falaise comprend une unité à granulométrie fine qui est sensible au processus de gel-dégel et propice aux glissements de terrain.

La falaise rocheuse (PAS-18) a un taux probable de -0,32 m/an. Les résidences et l'usine de transformation des produits de la mer sont exposées à long terme mis à part certains bâtiments secondaires de l'usine.

6. Conclusion

On reproche souvent à la recherche scientifique de ne pas s'appliquer aux problèmes concrets et de ne pas répondre aux besoins exprimés par les gestionnaires locaux et la population. Cette étude est un exemple de recherche appliquée à la gestion des *risques* liés à l'*érosion côtière* et qui se traduit non seulement par des résultats scientifiques, mais aussi par le développement en amont d'un outil cartographique qui peut être directement utilisé par les par les gestionnaires afin de prendre des décisions plus éclairées, tant en développement du territoire, qu'en prévention des risques de *sinistre*.

L'outil développé permet de cibler tous les bâtiments et les infrastructures exposés à l'érosion côtière d'ici 2100. Les secteurs prioritaires à court terme sont ainsi facilement identifiés et les zones affectées à moyen et long terme sont mises en lumière afin de pouvoir agir en prévention. Il devient donc plus facile d'élaborer des plans d'aménagements et de cibler des solutions d'adaptation avant que les bâtiments et les infrastructures ne soient trop fortement exposés.

À la suite de la réalisation de cet outil cartographique ainsi que des rencontres avec les acteurs locaux et régionaux, il apparaît incontournable de créer un outil semblable pour l'exposition à la *submersion*. La chaire de recherche en géoscience côtière travaille actuellement sur le développement d'une méthode de cartographie de l'*aléa* de submersion. L'exposition du cadre bâti à la submersion pourra ensuite être superposée à l'exposition à l'érosion côtière pour offrir un outil plus complet qui couvrira l'ensemble du territoire. La méthode permettra d'identifier et de cartographier les zones où l'intensité de l'aléa représente un danger ou une contrainte, ce qui favorisera un contrôle optimum du développement et de l'aménagement du territoire.

Cette étude, qui constitue un outil de développement, de planification et d'aménagement du territoire à moyen et long terme, s'imbrique également dans la démarche gouvernementale de gestion des risques établie par le ministère de la Sécurité publique du Québec. L'analyse de l'exposition fait partie de l'étape « identification des *risques* », plus précisément dans « l'établissement de la *vulnérabilité* ».

L'analyse des *enjeux* de premier degré est préalable aux enjeux de deuxième degré. L'analyse de l'exposition effectuée et les résultats obtenus mettent donc la table pour aller plus loin et évaluer, toujours avec la collaboration des responsables de l'aménagement du territoire et de la gestion des risques, la vulnérabilité sur les enjeux de deuxième degré. Cette étape permettra ainsi de déterminer les « facteurs de vulnérabilité ». L'analyse de l'ensemble des usages, de la vocation des bâtiments, des infrastructures et du territoire, de la perception du risque, des conditions socio-économiques et des types de gouvernance permettront d'établir des priorités d'action en fonction de l'importance des enjeux accordée par les intervenants locaux et régionaux. La collaboration établie avec le milieu permettra de développer ensemble une démarche originale et appliquée pour évaluer la vulnérabilité des communautés aux *aléas* côtiers.

Glossaire

Aléa : Phénomène, manifestation physique ou activité humaine susceptible d'occasionner des pertes en vies humaines ou des blessures, des dommages aux biens, des perturbations sociales et économiques ou une dégradation de l'environnement (chaque aléa est entre autres caractérisé en un point donné, par une probabilité d'occurrence et une intensité données) (MSP 2008a). L'érosion et la submersion sont des aléas.

Capacité d'adaptation : Ensemble des mesures mises en place tant structurelles qu'organisationnelles dans le but de minimiser les conséquences prévisibles d'un ou plusieurs aléas. La capacité d'adaptation détermine la portion d'impacts potentiels qui deviennent des impacts réels (Fontaine et Steinemann, 2009).

Cellule hydrosédimentaire : Segments de côte ayant un fonctionnement relativement autonome par rapport aux segments voisins (SDAGE, 2005), mais leur limite peut parfois se déplacer ou encore la cellule peut recevoir ou perdre des sédiments au profit des cellules adjacentes selon les conditions environnementales. Du point de vue du transport sédimentaire, les limites de la cellule sont donc perméables par rapport à l'**unité hydrosédimentaire** qui est imperméable. Les limites correspondent généralement à une inversion des dérives littorales ou encore à un cap rocheux. Les cellules peuvent parfois être appelées sous-unités hydrosédimentaires.

Dérive littorale (principale): Déplacement des sédiments côtiers (sable, gravier, galets) dans une direction privilégiée en fonction des houles obliques, des courants (de marée et autres), du vent et du déferlement des vagues. Le terme désigne à la fois le courant parallèle à la côte et le déplacement des sédiments qui est causé par ce courant. La **dérive littorale secondaire** désigne un déplacement de sédiments de moindre importance en direction opposée en fonction de conditions environnementales minoritaires dans leur durée ou leur intensité.

Enjeu : Un enjeu est un élément anthropique ou naturel, un usage ou une activité qui peut être exposé ou affecté par un aléa. Il s'agit de ce que l'on risque de perdre (Metzger et D'Ercole, 2011). Dans le cadre de la présente étude, l'aléa concerné est l'érosion côtière.

Érosion côtière : Phénomène d'ajustement de la côte qui entraîne une perte de substrat par des processus marins, terrestres ou aériens. L'érosion peut être verticale (abaissement de la plage) ou horizontale (perte de terrain côtier). L'érosion côtière est l'aléa considéré dans la présente étude.

Exposition : Potentialité d'un élément (un enjeu) à subir des préjudices ou des dommages causés par la manifestation d'un aléa. Dans le cadre de la présente étude, l'aléa est l'érosion côtière.

Impact : Conséquence de l'exposition aux aléas sur les enjeux et/ou sur les éléments exposés. Dans le cadre de la présente étude, l'aléa est l'érosion côtière. Par exemple, si la côte recule et que l'érosion endommage la route, l'impact qui en découle est de rendre la route impraticable.

Ligne de rivage : Limite géomorphologique qui correspond à la limite de végétation herbacée dense, à la base d'une structure de protection rigide ou à la base d'une falaise. Elle correspond approximativement à la limite des hautes mers maximales. Pour les marais maritimes, la ligne de rivage correspond à la limite entre le schorre supérieur et inférieur, soit approximativement à la limite des pleines mers supérieures de marées moyennes.

Plage : Portion d'un rivage, de faible pente, constituée de sédiments fins (limons, sables) ou plus grossiers (galets, blocs) où les vagues déferlent. Aussi appelée estran ou zone intertidale, la plage comprend le haut et le bas estran.

Recul événementiel : Recul de la ligne de rivage ou du trait de côte lors d'un événement de tempête ou lors d'un mouvement de terrain dans une falaise.

Résilience : Aptitude d'un système, d'une collectivité ou d'une société potentiellement exposé à des aléas à s'adapter, en résistant ou en changeant, en vue d'établir et de maintenir des structures et un niveau de fonctionnement acceptables (MSP 2008a).

Risque : Combinaison de la probabilité d'occurrence d'un aléa et des conséquences pouvant en résulter sur les éléments vulnérables d'un milieu donné (MSP, 2008a).

Sinistre : Événement qui cause de graves préjudices aux personnes ou d'importants dommages aux biens et exige de la collectivité affectée des mesures inhabituelles. On parle aussi de catastrophe ou de désastre (MSP, 2008a).

Submersion : Inondation des terrains côtiers par la mer. La submersion peut être temporaire (due aux vagues de tempête ou à une surcote par exemple) ou permanente (due à la hausse du niveau de la mer). La submersion est un aléa côtier.

Trait de côte : Limite géomorphologique qui correspond au sommet du talus côtier ou parfois au sommet d'une structure de protection rigide. C'est la limite de la zone d'influence des processus côtiers; la limite entre la côte et l'arrière côte.

Unité géomorphologique homogène : Portion de côte qui présente une dynamique hydrosédimentaire homogène, des taux d'évolution semblables et un même type de côte.

Unité hydrosédimentaire : Secteur de côte dans lequel le transit sédimentaire est limité à ses extrémités par deux éléments morphologiques infranchissables (cap rocheux, pointes, rivière, bathymétrie, artificialité) et à l'intérieur duquel se font les échanges sédimentaires le long de la côte (SDAGE, 2005). Les unités sont indépendantes du point de vue du transport sédimentaire, c'est-à-dire que toute modification du mouvement de sédiments dans une unité est sans conséquence directe sur les unités voisines. Une unité peut être subdivisée en plusieurs **cellules hydrosédimentaires**.

Vulnérabilité : Condition résultant de facteurs physiques, sociaux, économiques ou environnementaux, qui prédispose les éléments exposés à la manifestation d'un aléa à subir des préjudices ou des dommages (MSP, 2008a).

Références

Bernatchez, P., Fraser, C., Friesinger, S., Jolivet, Y., Dugas, S., Drejza, S. et Morissette, A. (2008). *Sensibilité des côtes et vulnérabilité des communautés du golfe du Saint-Laurent aux impacts des changements climatiques*. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport de recherche remis au Consortium OURANOS et au FACC, 256 pages.

Bernatchez, P., Fraser, C., Dugas, S. et Drejza, S. (2012). *Marges de sécurité en érosion côtière : évolution historique et future du littoral de la MRC d'Avignon*. Chaire de recherche en géoscience côtière, Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport remis au ministère de la Sécurité publique du Québec, août 2012, 49 p. et annexes.

Bernatchez, P., Fraser, C., Lefaivre, D. et Dugas, S. (2011). Integrating anthropogenic factor, geomorphological indicators and local knowledge in the analysis of coastal flooding and erosion hazards. *Ocean & Coastal Management*, 54 : 621-632.

Boruff, B.J., Emrich, C. and Cutter, S.L. (2005). Erosion hazard vulnerability of US coastal counties. *Journal of Coastal Research,* 21(5), 932–942.

Dawson, R.J., Dickson, M.E., Nicholls, R.J., Hall, J.W., Walkden, M.J.A., Stansby, P.K., Mokrech, M, Richards, J., Zhou, J., Milligan, J., Jordan, A., Pearson, S., Rees, J., Bates, P.D., Koukoulas, S. and Watkinson, A.R. (2009). Integrated analysis of risks of coastal flooding and cliff erosion under scenarios of long term change. *Climatic Change* 95:249-288

Drejza, S., Bernatchez, P. et Clermont, D. (2011). Effectiveness of land management measures to reduce coastal georisks, eastern Québec, Canada. *Ocean and Coastal Management*, 54 ; 290-301.

Drejza, S., Friesinger, S. et Bernatchez, P. (2014). *Vulnérabilité des infrastructures routières de l'Est du Québec à l'érosion et à la submersion côtière dans un contexte de changements climatiques : Caractérisation des côtes, dynamique hydrosédimentaire et exposition des infrastructures routières à l'érosion et à la submersion, Est du Québec, Volume I*, Projet X008.1. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport remis au ministère des Transports du Québec, septembre 2014, 226 p. + annexes.

Dubois, J.-M.M., Bernatchez, P., Bouchard, J.-D., Daigneault, B.,Cayer, D. et Dugas, S. (2006). *Évaluation du risque d'érosion du littoral de la Côte-Nord du Saint-Laurent pour la période 1996-2003*. Conférence régionale des élus de la Côte-Nord, 291 p. + annexes.

Fontaine, M., and A.C. Steinemann. (2009). Assessing vulnerability to natural hazards: An impact-based method and application to drought in Washington State. *Natural Hazards Review* 10(1):11-18

Fraser, C. et Bernatchez, P. (2006). *Caractérisation du littoral et évaluation des risques d'érosion et de submersion côtière pour le secteur de la pointe Verte, Maria, Québec*. Rapport de recherche remis au ministère de la Sécurité publique du Québec. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, UQAR, 44 p.

Fraser, C., Bernatchez, P., Dugas, S. et Drejza, S. (2012). *Marges de sécurité en érosion côtière : évolution historique et future du littoral de la MRC de Bonaventure*. Chaire de recherche en géoscience côtière, Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport remis au ministère de la Sécurité publique du Québec, août 2012, 50 p. et annexes.

Fraser, C. et Desmeules, P. (2006). *Plan de gestion intégrée de la zone côtière de Carleton et de Saint-Omer, Québec, Canada ; Outil pour le développement durable du territoire*. Comité côtier Carleton - Saint-Omer, Conseil régional de l'environnement Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine, 88 pages.

Friesinger, S., Bernatchez, P. (2010). Perceptions of Gulf of St-Lawrence coastal communities confronting environmental change: hazards and adaptation, Québec, Canada. *Ocean and Coastal Management*, 53; 669-678.

Hinkel, J. (2011). Indicators of vulnerability and adaptive capacity: towards a clarification of the science–policy interface. *Global environmental change* 21:198–208.

Hill, H.W., Kelley, J.T., Belknap, D.F., Dickson, S.M. (2004). The effects of storms and storm- generated currents on sand beaches in southern Maine, USA. *Marine Geology* 210: 149-168

Leclerc, M., Dupuis, P. (2008). *Recherche d'une solution économique et durable à la problématique d'érosion littorale à Pointe-aux-Outardes*. Pour le compte de la Ville de Pointe-aux-Outardes et du Ministère de la Sécurité publique, en collaboration avec OURANOS et divers partenaires. Rapport de recherche INRS-ETE R990 et Aquapraxis Inc. 10136-100. 220 pages + 9 annexes.

Metzger, P. et D'Ercole, R. (2011). Les risques en milieu urbain : éléments de réflexion. *EchoGéo* 18. En ligne : http://echogeo.revues.org/12640

Meur-Férec, C. et Morel, V. (2004). L'érosion sur la frange côtière : un exemple de gestion des risques. *Natures Sciences Sociétés*, vol. 12, p.263-273.

Ministère de la Sécurité publique du Québec (2008a). Concepts de base en sécurité civile. http://www.securitepublique.gouv.qc.ca/securite-civile/publications-statistiques-civile/concepts-base/concepts-base-introduction.html

Ministère de la Sécurité publique du Québec (2008b). Gestion de risques en sécurité civile. http://www.securitepublique.gouv.qc.ca/securite-civile/publications-statistiques-civile/gestion-risques/introduction.html

Quintin, C., Bernatchez, P. et Jolivet, Y. (2013*). Impacts de la tempête du 6 décembre 2010 sur les côtes du Bas-Saint-Laurent et de la baie des Chaleurs*. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières et Chaire de recherche en géoscience côtière, Université du Québec à Rimouski. Rapport remis au ministère de la Sécurité publique du Québec, Février 2013, Volume I : 48p. + Volume II : 170 p.

Renaud, L. (2000). *Évolution et dégradation du barachois de Paspébiac*. Mémoire de maîtrise en océanographie, Université du Québec à Rimouski, 246 p.

SDAGE (2005). Guide technique n°9, Connaissance et gestion de l'érosion du littoral, 51 p.

Tecsult (2008). *Analyse coûts-avantages de solutions d'adaptation à l'érosion côtière pour la Ville de Sept-Îles*, rapport d'étude réalisé pour la Ville de Sept-Îles, 90 p.

Thieler, E.R. and Hammar-Klose, E.S. (2000). *National Assessment of Coastal Vulnerability to Future Sea-Level Rise: Preliminary Results for the U.S. Atlantic Coast. U.S*. Geological Survey, Open File Report, pp. 99–593.

Vafeidis, T., Nicholls, R.J., McFadden, L., Tol, R.S.J., Hinkel, J., Spencer, T., Grashoff, P.S., Boot, G. and Klein, R.J.T. (2008). A new global coastal database for impact and vulnerability analysis to sea-level rise. *Journal of coastal research*. 24 (4) 917-924.

Xhardé, R., Long, B.F. and Forbes, D.L. (2011). Short-term beach and shoreface evolution on a cuspate foreland observed with airborne topographic and bathymetric Lidar. *Journal of Coastal Research*. 62:50-61.

Yoo, G., Hwang, J.H. et Choi, C. (2011). Development and application of a methodology for vulnerability assesment of climate change in coastal cities. *Ocean and coastal management*, 54, 524-534.