

RELIER LES MESURES D'ATTÉNUATION ET D'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS
CLIMATIQUES : LA SITUATION DES REGIONS CÔTIÈRES DU QUÉBEC

Par
Léa Crevier-Lapointe

Essai présenté au Centre universitaire de formation
en environnement et développement durable en vue
de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.)

Sous la direction de Monsieur Réjean De Ladurantaye

MAÎTRISE EN ENVIRONNEMENT
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Mai 2016

SOMMAIRE

Mots clés : Changement climatique, adaptation, atténuation, zone côtière, territoire maritime du Québec.

Les conséquences associées aux changements climatiques peuvent déjà être perçues dans différents secteurs socio-économiques. Tel est le cas des zones côtières. Afin d'assurer la pérennité des populations dans les régions insulaires, différentes mesures d'adaptation côtières peuvent être utilisées. Or, ces mesures peuvent parfois manquer de vision à long terme et d'intégration de l'autre type de réaction aux changements climatiques soit l'atténuation. La difficulté à relier adaptation et atténuation est présente dans plusieurs secteurs, dont les zones côtières.

La situation dans les territoires Québécois maritimes (plus précisément les côtes de la Côte-Nord, du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine) est semblable à celle observée ailleurs, mais demeure unique étant donné la composition de ses côtes, l'évolution démographique de ces municipalités et son économie fortement basée sur le tourisme et l'industrie des pêches. Les principaux enjeux retrouvés dans ces territoires sont associés au tourisme, à l'industrie de la pêche, à la densité humaine et aux infrastructures qui en découlent ou au milieu naturel. Ces enjeux présentent différentes vulnérabilités face au changement climatique côtier auxquelles les municipalités doivent s'adapter.

Les mesures d'adaptation côtières implantées au Québec peuvent être divisées en deux grandes catégories : les mesures techniques et les mesures règlementaires et politiques. Or, afin de s'adapter adéquatement les municipalités doivent faire preuve de multidisciplinarité et combiner les différentes techniques disponibles, ceci peut présenter une difficulté notable.

La situation canadienne à l'extérieur du Québec est similaire pour les territoires Atlantiques Canadiens. Du côté du Pacifique, les types de menaces surviennent dans des proportions différentes à celles de l'Est. De façon générale, les provinces les plus à risques de la hausse du niveau des mers sont aussi celles qui utilisent principalement des mesures de protection d'urgence, optant pour une vision à court terme, ceci incluant le Québec.

Le cadre législatif encadrant les territoires côtiers québécois du Golfe est complexe. En effet, il s'agit d'une combinaison de lois et règlements fédéraux et provinciaux qui s'entrecoupent, étant donné l'entrecroisement des compétences gouvernemental dans ce secteur. Ceci peut compliquer d'avantages le travail des municipalités québécoises.

Afin de faciliter l'implantation de mesures d'adaptation considérant l'atténuation, les municipalités côtières québécoises pourraient développer un cadre d'évaluation des différentes mesures.

REMERCIEMENTS

Mes premiers remerciements vont à mon directeur d'essai, Monsieur Réjean de Ladurantaye qui m'a appuyée lors de ce travail et qui, grâce à son expertise, a pu améliorer mes réflexions et recherches.

J'aimerais aussi remercier Madame Judith Vien, représentante du CUFÉ, qui a répondu à mes questions associées aux exigences du programme et qui a pu assurer que je respecte ces dernières.

Ensuite, j'aimerais remercier Monsieur Bernard Savage d'avoir accepté de partager son expérience et plusieurs documents clés qui ont contribué à enrichir ce travail.

Puis, je souhaiterais remercier tous ceux avec qui j'ai discuté de mon essai, rapidement ou longuement. Ces diverses interactions ont contribué à l'évolution et l'appropriation du travail, pour en faire ce qu'il est aujourd'hui. Toutes ces conversations ont favorisé les remises en question nécessaires lors de cette longue démarche de rédaction.

Enfin, j'aimerais adresser un remerciement particulier à mes collègues de travail : Érika, Josianne, Miriam et Vanessa, qui au travers de séances de rédaction de groupes et avec l'utilisation des médias sociaux ont permis de rendre cette laborieuse tâche plus agréable. Je leur souhaite du succès dans leurs travaux et carrières.

Finalement, je voudrais remercier mes parents pour plus de raisons qui ne peuvent couvrir cette page.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	1
1. ADAPTATION ET ATTÉNUATION EN ZONE CÔTIÈRE	4
1.1 Conséquences des changements climatiques.....	4
1.2 Adaptation aux changements climatiques	5
1.2.1 Définition.....	6
1.2.2 Exemple de mesure d'adaptation utilisée en zone côtière	6
1.3 Atténuation des changements climatiques.....	6
1.3.1 Définition.....	6
1.3.2 Exemple.....	7
1.4 Lier adaptation et atténuation	7
2. LA SITUATION DU QUÉBEC MARITIME	9
2.1 Caractéristique du milieu.....	9
2.2 Enjeux.....	17
2.2.1. Tourisme.....	17
2.2.2. Industrie de la pêche.....	19
2.2.3. Densité humaine et infrastructurelle.....	21
2.2.4 Les milieux et paysages naturels	23
2.2.5. Tableau récapitulatif des enjeux.....	24
2.3 Vulnérabilités	25
2.4 Constats	27
3. MESURES D'ADAPTATION ET D'ATTÉNUATION EN PLACE	30
3.1 État de la situation	30
3.1.1 Étude de cas 1	32
3.1.2 Étude de cas 2	34
3.1.3 Étude de cas 3	34

3.2 Lacunes.....	41
3.3. Constats	42
4. ÉTAT DE LA SITUATION À L'EXTÉRIEUR DU QUÉBEC ET CONSTATS	46
4.1 Au Canada	46
4.1.1 Côte Pacifique.....	47
4.1.2 Côte Atlantique	49
4.1.3 Côte arctique	54
4.2 Reste de l'Amérique du Nord.....	55
4.3 Comparaison et constats	57
5. RESPONSABILITÉS DES DIFFÉRENTES INSTANCES GOUVERNEMENTALES.....	61
5.1 Niveau fédéral	61
5.2 Provincial	63
5.3 Municipal et MRC.....	64
6 RECOMMANDATIONS	65
6.1 Identification	66
6.2 Communication	67
6.3 Sélection.....	67
6.4 Implantation et suivi.....	70
CONCLUSION	72
RÉFÉRENCES.....	73
BIBLIOGRAPHIE	87
ANNEXE 1 – AIRES PROTÉGÉES DE LA CÔTE-NORD	88
ANNEXE 2 – AIRES PROTÉGÉES DU BAS-SAINT-LAURENT	89
ANNEXE 3 – AIRES PROTÉGÉES DE LA GASPÉSIE-ÎLES-DE-LA-MADELEINE.....	90

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 2.1	L'estuaire maritime du golfe Saint-Laurent.....	9
Figure 4.1	Carte de la sensibilité des côtes canadiennes à l'élévation du niveau de la mer.	46
Figure 6.1	Démarche permettant d'intégrer l'atténuation dans les efforts d'adaptation pour les municipalités côtières du golfe du Saint-Laurent au Québec.....	71
Tableau 2.1	Les enjeux importants des différents secteurs d'importance économique, sociale et environnementale des régions maritimes du Québec.	25
Tableau 2.2	Vulnérabilité des côtes maritimes face au changement climatique côtier	28
Tableau 3.1	Résumé des différentes mesures d'adaptation en place en réponse aux différents enjeux du territoire maritime du Québec qui le rendent vulnérable au changement climatique côtier et le résultat de ces mesures.	38
Tableau 3.2	Comparaison qualitative des différentes mesures d'adaptation aux changements climatiques en zone côtière selon leur durée de vie et leur potentiel d'atténuation des changements climatiques.	42
Tableau 4.1	Niveau de préparation des différentes régions côtières sous le 50e parallèle Nord au Canada	58

LISTE DES ACRONYMES, DES SYMBOLES ET DES SIGLES

ARUC-DCC	l'Alliance de recherche université communautés sur les défis des communautés côtières de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent à l'heure des changements climatiques
CO ²	Formule chimique du dioxyde de carbone
EAC	<i>Ecology Action Centre</i>
EPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
FAQDD	Fond d'action pour le développement durable
GES	Gaz à effets de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
MAMOT	Ministère des affaires municipales et occupation du territoire
MDDELCC	Ministère du Développement durable, de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques
MFFP	Ministère des forêts, de la faune et des parcs
MRC	Municipalité Régionale de Compté
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
NYCDEP	<i>New York City Department of Environmental Protection</i>
RNCRE	Regroupement national des conseils régionaux de l'environnement
SÉPAQ	Société des établissements de plein air au Québec
TAGP	The Arlington Group Planning + Architecture Inc.
UNEP	<i>United Nations Environment Program</i>
UQAR	Université du Québec à Rimouski

LEXIQUE

Adaptation aux changements climatiques	Dans le cadre de cet essai, l'adaptation aux changements climatiques représente tous les efforts visant l'adaptation aux conséquences des changements climatiques afin d'assurer le maintien des activités anthropiques.
Anthropique	Terme décrivant les éléments percevables dans l'environnement reliés à l'activité humaine. Conséquence sur le milieu naturelle ou caractéristique à l'activité humaine (Actu-Environnement, 2016).
Atténuation aux changements climatiques	Dans le cadre de cet essai, l'atténuation aux changements climatiques représente tous les efforts visant à atténuer les changements climatiques à leur source, les GES.
Biodiversité	L'ensemble de la diversité des organismes vivants, incluant leurs habitats et interactions (Futura-Sciences, 2016).
Chaîne trophique	Décrit les différentes interactions alimentaires entre les espèces d'un système donné (Dictionnaire environnement, 2010)
Cycle hydrologique	Décrit le cycle de l'eau, de l'atmosphère à la lithosphère (ou l'inverse) et ces différentes phases (Aquaportail, 2015).
<i>El Niño</i>	Phénomène météorologique cyclique qui se caractérise par le réchauffement périodique de la surface océanique à l'est de l'océan Pacifique. Durant <i>El Niño</i> , les températures au Canada occidental tendent à être plus élevées que la normale (NOAA, 2016).
Étranglement côtier (<i>coastal squeeze</i>)	Phénomène côtier représentant une perte de surface naturelle côtière, tel qu'une plage ou des végétaux, associé à la présence de structures anthropiques bloquant les processus naturels de sédimentation permettant la migration du milieu naturel (Jolicoeur et O'Carroll, 2007).
Externalité	Décrit des conséquences positives ou négatives subites par un agent A reliés à l'activité économique d'un autre agent B et ce sans compensation de la part de B pour A (L'internaute, 2016a).
Mesure d'adaptation technique	Dans le cadre de cet essai, une mesure d'adaptation technique décrit toute mesure d'adaptation découlant d'une installation anthropique ou mécanique non naturelle.
Onde de tempête	Phénomène particulier aux systèmes côtiers durant lesquels la combinaison des vents et de la pression induit une hausse du niveau de la mer.(L'internaute, 2016b)

Rivière atmosphérique

Phénomène climatique particulier qui transporte une grande masse d'eau d'une zone tropicale à une zone côtière plus nordique, résultant en d'importantes précipitations dans la région hôte (Dettinger et Ingram, 2013).

INTRODUCTION

Les changements climatiques causent (et continueront à favoriser) la modification du système terrestre, affectant à la fois l'atmosphère, la surface terrestre et le milieu aquatique. Toutes ces modifications posent des pressions sur la géologie, le climat et la biodiversité, dont fait partie l'humain. Ce dernier, un des responsables des phénomènes climatiques actuels et de l'accélération du réchauffement climatique a réussi, grâce à une série d'innovations et d'améliorations des connaissances à augmenter drastiquement ses effectifs. Or, aujourd'hui, ce sont les impacts de ces mêmes innovations qui causent, entre autres, la migration de plusieurs millions d'habitants en accentuant les changements climatiques. Les risques environnementaux devenant trop élevés dans leurs régions respectives. Ce déplacement à grande échelle représente un effort d'adaptation. Malgré l'urgence et les risques auxquels ils doivent faire face, certaines populations sont incapables de migrer et le manque de ressources financières empêche l'implantation de mesures d'adaptation adéquate. La seule solution se présentant pour ce type de population est la réduction des effets des changements climatiques, soit par des efforts d'adaptation. Pour la population qui se déplace, l'arrivée de cette population dans d'autres pays peut créer des conflits. Pour les pays industrialisés, les modes d'action face aux changements climatiques tendent plutôt vers la protection par des mesures techniques (Reuveny, 2007).

Les changements climatiques et les impacts qui y sont associés affectent plusieurs secteurs des ressources naturelles au Canada. L'un de ces secteurs est le milieu côtier, important au Québec. En effet, les principales conséquences reliées au changement climatique pour les zones côtières sont associées à la hausse du niveau des mers, l'augmentation de l'intensité des tempêtes, la diminution du couvert de neige et le réchauffement de l'eau, tous ces facteurs pouvant avoir un impact sur la sécurité de la population, l'érosion et l'intégrité de la biodiversité locale (Schwartz, 2004). La réaction aux changements climatiques nécessite des réactions des divers niveaux gouvernementaux en fonctions sur une région donnée (Adjer, Arnell et Tompkins, 2005). Les municipalités se doivent donc d'adopter des solutions d'adaptation visant les différents enjeux auxquels elles sont sujettes à l'échelle locale. Cependant, ces solutions visent principalement l'adaptation et rarement l'atténuation des changements climatiques.

Or, tel que mentionné plus haut et préconisé par le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), l'atténuation joue un rôle clé dans la lutte contre les changements climatiques, afin d'assurer le succès de ce type d'efforts il serait préférable d'intégrer l'atténuation dans toutes les activités possibles, dont l'adaptation. L'utilisation de mesures atténuant le changement climatique pourrait servir à diminuer la force et la fréquence des différents impacts associés aux changements climatiques. L'adaptation en zone côtière n'est cependant pas négligeable, car la hausse du niveau des mers par exemple peut venir réduire le terrain disponible à la municipalité. Il serait donc intéressant pour les

municipalités et les municipalité régionales de comtés (MRC) d'utiliser des méthodes fusionnant à la fois adaptation et atténuation. Au Québec, les municipalités maritimes semblent moins outillées que leurs semblables de la Colombie-Britannique ou même des provinces atlantiques. Un bilan devrait d'abord être établi afin de pouvoir améliorer cette gestion des impacts associés au changement climatique, soit en combinant à la fois les méthodes d'adaptation et d'atténuation aux changements climatiques. Alors que les méthodes de mitigation sont à un niveau d'expertise élevé, il est nécessaire d'effectuer plus de recherche pour amener l'adaptation au niveau de la mitigation (Ford et King, 2013). En ce moment, plusieurs mesures d'adaptation contribuent à la production de gaz à effets de serre (GES).

Cet essai étudie la situation des territoires maritimes du Québec sur leur capacité d'adaptation et le potentiel d'atténuation qui peut bonifier leurs efforts. L'objectif est de poser un diagnostic sur les mesures d'adaptation aux changements climatiques utilisées par les municipalités maritimes du Québec et leur possibilité d'atténuation.

Afin d'appuyer l'analyse, le cas général des changements climatiques côtiers sera décrit. D'abord, une analyse de la situation québécoise et des mesures qui y sont implantées sont comparées à la situation ailleurs au Canada côtier. Ainsi, les différents impacts du changement climatique nécessitant une réaction des municipalités sont déterminés. Puis, les mesures d'adaptation et d'atténuation présentes dans le secteur maritime québécois selon leur efficacité seront évaluées. Ces informations, complémentées avec un bref état de la situation ailleurs au Canada et en Amérique du Nord, permettent de comparer la situation et d'évaluer celle du Québec. Ensuite, un tour de la réglementation en place et des différents niveaux de compétences gouvernementales permettra de déterminer les responsabilités et les pouvoirs des différentes instances gouvernementales en ce qui a trait à l'implantation de mesures d'adaptation et d'atténuation aux changements climatiques. Enfin, toutes ces informations permettront d'apporter des recommandations pour les municipalités des territoires maritimes du Québec adaptées à leurs situations et possibilités.

D'abord, une revue de littérature et une série d'entrevues avec quelques municipalités maritimes ont permis de bien comprendre la situation locale, d'identifier les impacts futurs pouvant affecter les régions, associés entre autres aux mesures en place, et de ressortir les principaux enjeux et principales vulnérabilités de la région. Ensuite, l'évaluation des mesures d'adaptations présente fut appuyée d'une consultation avec des experts et de l'observation des travaux effectués dans les autres provinces. Enfin, des recommandations ont été apportées en fonction des besoins observés dans les différentes municipalités ou MRC. L'information utilisée lors de cet essai a été acquise à l'aide d'une revue de littérature et entrevue. Un expert en adaptation côtière en Gaspésie a été consulté, soit Monsieur Bernard Savage, ingénieur à la retraite ayant participé à différentes interventions de stabilisation des côtes dans sa région. La revue de littérature a été effectuée à partir des documents disponibles sur internet et certains documents

papier obtenus auprès d'experts. La validité des références était basée sur la source du document ou du rapport obtenu. L'origine de la source était le premier critère observé, par exemple, les travaux et rapports gouvernementaux étaient priorisés aux articles de périodiques scientifiques, qui eux étaient priorisés aux pages web et articles de journaux. Pour les sources non gouvernementales, l'auteur et la fréquence à laquelle l'article a été cité ailleurs servaient d'indicateur de fiabilité.

1. ADAPTATION ET ATTÉNUATION EN ZONE CÔTIÈRE

Le rapport de Ressources Naturelles Canada (Schwartz, 2004) dresse un compte rendu des différents impacts associés aux changements climatiques en milieu côtier au Canada. Ceux-ci étant d'importances économique, sociale et environnementale pour les régions côtières habitées du Québec.

1.1 Conséquences des changements climatiques

Les changements climatiques auront plusieurs conséquences en zone côtière et marine, celles-ci affecteront la population située dans les régions sensibles qui y sont associées plus fortement. De façon globale, la hausse des températures favorisera la modification de plusieurs paramètres marins et dulcicoles.

Les conséquences observables plus rapidement par l'être humain sont celles d'ordre physique, telles que la hausse du niveau des mers, l'intensité des tempêtes, la perte de biodiversité, etc. En premier lieu, le niveau des mers sera modifié (Harvell *et al.*, 2002; Schwartz, 2004; Dolan et Walker, 2006; Bernatchez *et al.*, 2008). Cette hausse ne sera cependant pas la même dans toutes les régions côtières, certaines zones pourraient observer un recul du niveau de l'eau alors que d'autres se retrouveront inondées (Nicholls et Cazenave, 2010). En effet, l'augmentation de la température de l'eau engendre l'expansion des molécules d'eau, donc une eau plus chaude et qui requiert plus d'espace (Intergovernmental panel on climate change [IPCC], 2007). De plus, la fonte des grands glaciers permettra l'entrée d'eau sous forme liquide dans le système (IPCC, 2007). L'augmentation de la température de l'eau influence aussi la biodiversité marine et côtière retrouvée dans les océans, et ce à des niveaux autant macroscopiques que microscopiques (Harley *et al.*, 2006). (Schwartz, 2004)

En second lieu, l'intensité et la fréquence des tempêtes côtières extrêmes pourraient être augmentées par le phénomène des changements climatiques. (Harley *et al.*, 2006; Bernatchez *et al.*, 2008) Ceci pourrait avoir des impacts encore plus significatifs pour les régions habitées ou les zones aménagées par l'humain. Avec l'augmentation de l'intensité des tempêtes vient l'augmentation de la fréquence des inondations (Klein et Nicholls, 1999; Dolan et Walker, 2006). Les vents seront aussi modifiés, augmentant l'érosion éolienne et les risques de dommages infrastructurels (Klein et Nicholls, 1999). De plus, ces changements pourraient mener à la modification des couverts de neige et de glace observés en hiver, lorsque les vents sont plus intenses. Ceci pourrait davantage contribuer à l'érosion des plages, par exemple. (Bernatchez *et al.*, 2008)

En troisième lieu, la faune et la flore marine et côtière risquent d'être affectées par les conséquences physiques des changements climatiques. En effet, selon son interaction avec l'environnement une de ces espèces pourrait être contrainte à réduire sa répartition géographique selon la température de l'eau. D'autres organismes pourraient quant à eux voir leurs chances de survie diminuée à cause d'un milieu peu

propice à leur croissance ou reproduction (Harley *et al.*, 2006). De plus, l'effet d'étranglement des côtes, associé à une construction anthropique séparant la berge du terrain et empêchant la migration des espèces vers la terre, pourrait contribuer à la perte d'habitat des espèces locales et donc favoriser leur déclin. La hausse du niveau des mers accélère l'étranglement, en transformant du terrain terrestre en milieu aquatique (Eastern Solent Coastal Partnership, 2016).

Dans un autre ordre d'idées, les changements climatiques produiront des modifications chimiques au niveau de l'eau. D'abord, l'acidification des océans pourra influencer sur la biodiversité marine locale. Le phénomène de l'acidification décrit ici est dû à la séquestration du carbone atmosphérique (sous forme de dioxyde de carbone [CO₂]), l'un des principaux GES émis par l'activité humaine. Cette modification chimique au niveau de l'eau aura un impact sur les microorganismes présents et leur répartition actuelle pourrait en être modifiée (Feely *et al.*, 2004). En plus des changements de répartition géographique, le milieu pourrait par le fait même avantager certains microorganismes pathogènes qui viendront ensuite affecter les organismes qui leur sont sensibles en plus grandes proportions (Harvell *et al.*, 2002). La chaîne trophique se trouverait ainsi peut-être modifiée. Ensuite, l'entrée de l'eau fraîche des glaciers dans le système océanique et l'évaporation pourraient avoir un effet sur la salinité de l'eau. Or, des changements de salinités pourraient produire des modifications en ce qui a trait aux cycles hydrologiques des océans, les impacts découlant de telles modifications sont encore inconnus de l'être humain étant donnée l'absence de recherches dans ces conditions. (Klein et Nicholls, 1999; Curry et Mauritzen, 2005).

Enfin, les conséquences mentionnées plus haut auront pour effet d'augmenter les facteurs de risque et les contraintes déjà présentes en milieu côtier (Bernatchez *et al.*, 2008). Les régions côtières sont déjà sensibles à l'érosion hydrique et éolienne, selon le cas, et à la perte de terrain (Klein et Nicholls, 1999; Dolan et Walker, 2006). Une situation où les tempêtes et les vents sont plus forts, accompagnés d'une diminution du couvert de glace durant l'hiver pourrait favoriser l'érosion des côtes de sable par exemple. De plus, dans certains cas, les côtes comptent des cycles d'inondations précis. Or ceux-ci pourraient être accentués par les changements climatiques et la hausse du niveau des mers (Adger *et al.*, 2005). Pour toutes les raisons décrites plus haut, les conditions océaniques et côtières, causées par les changements climatiques, seront différentes de celles observées historiquement par les scientifiques. Il sera donc difficile de bien prévoir et évaluer les conséquences du changement des cycles hydrologiques par exemple et il deviendra davantage hasardeux de déterminer la météo sur une courte échelle de temps (Allen et Ingram, 2002).

1.2 Adaptation aux changements climatiques

L'adaptation aux changements climatiques se présente par les efforts de préparation des communautés vis-à-vis des conséquences mentionnées plus haut. Avant même de considérer les changements climatiques,

l'adaptation est pratiquée par la prise de décision locale, elle est alors reconnue sous l'expression de gestion du risque. Comparativement à l'atténuation, décrite à la section 1.3, l'adaptation est relativement facile à comptabiliser à l'aide d'un système de bénéfices coûts (Adger *et al.*, 2005).

1.2.1 Définition

Avec l'augmentation des effets des changements climatiques, les possibilités d'activités et la survie de l'être humain sont remises en question. Ainsi, l'adaptation sert à intervenir pour maintenir ces activités, et ce, malgré le climat changeant et les conséquences qui l'accompagnent (IPCC, 2013). Afin d'y parvenir, des mesures d'adaptation sont utilisées ; celles-ci peuvent varier et intégrer plus ou moins l'environnement naturel. Les mesures actuelles se basent sur des concepts d'ingénierie et leur taux de succès est généralement visible. Il est cependant important de mettre à jour les méthodes, surtout dans une situation où les conséquences des changements climatiques risquent de se répéter et de s'amplifier (IPCC, 2014). Malgré, cette tangibilité de résultats et d'atteinte d'objectifs, l'adaptation n'est pas encore la norme dans tous les secteurs. En effet, ce sont les contraintes économiques qui guident encore l'innovation et les choix (Adger *et al.*, 2005). D'autres contraintes, telles que le manque d'information ou les obstacles légaux, dictent aussi les possibilités d'adaptation d'une région donnée (Ford et King, 2013).

1.2.2 Exemple de mesure d'adaptation utilisée en zone côtière

Afin de se protéger contre la force des vagues et la hausse du niveau des mers, les propriétaires et municipalités utilisent fréquemment des méthodes de renforcement des côtes dites mécaniques ou techniques. Un exemple de ces moyens d'adaptation est la construction de digue ou de mur séparant les infrastructures (ayant besoin de protection) et l'eau. Ces protections visent la prévention de l'érosion sur une zone déterminée. Cependant, lorsqu'elle est appliquée seule et inadéquatement, la digue perd de son efficacité. En effet, ce type de mesure d'adaptation anthropique, en plus d'accroître l'étranglement côtier, favorise l'érosion des berges voisines aux digues. De plus, le sol derrière le mur peut s'éroder aussi plus facilement en recevant les éclats de la vague ayant frappé la structure (Phillips et Jones, 2006; Gittman *et al.*, 2015).

1.3 Atténuation des changements climatiques

L'adaptation et l'atténuation sont deux concepts similaires et possiblement complémentaires, montrant cependant quelques différences (IPCC, 2007). L'atténuation sera décrite dans la section suivante.

1.3.1 Définition

D'abord, à l'opposé de l'adaptation, l'atténuation des changements climatiques est principalement aidée par l'activité humaine (IPCC, 2007). Les efforts d'atténuation visant les changements climatiques sont observables à une échelle plus grande que pour l'adaptation, car l'atteinte de ses objectifs requiert des

actions planétaires (King, 2004). Les objectifs de l'atténuation des changements climatiques visent une réduction des émissions de GES, notamment, afin de diminuer l'intensité des changements climatiques prévus par les différents scénarios. De plus, les résultats de tels efforts n'apparaissent pas toujours à l'endroit où ils sont appliqués, mais seulement après un certain temps. L'atténuation est donc plus difficile à inclure à un mode d'évaluation de type-bénéfices-coûts. Elles se représentent sous forme d'accords mondiaux, tels que COP 21 ou Kyoto (Harley *et al.*, 2006; IPCC, 2007).

1.3.2 Exemple

Les exemples d'atténuation des changements climatiques sont moins ponctuels que ceux trouvés en adaptation, ils privilégient plutôt une action mondiale. En ce sens, la promotion des voitures électriques au Québec (où l'électricité est produite sans émission) représente un effort d'atténuation, car elle vise la réduction globale des GES. Un autre exemple d'atténuation côtier pourrait être le reboisement des berges. Les accords mondiaux servent à encourager ce type de mesures dans les différents pays signataires (Kane et Shogren, 2000).

1.4 Lier adaptation et atténuation

La différence de temporalité entre ces deux types de méthodes pour faire face aux changements climatiques contribue peut-être à diminuer leur utilisation complémentaire. De plus, la science ne réussit pas encore à démontrer les bénéfices économiques de l'implantation de mesures de mitigations, de ce fait les municipalités œuvrant principalement dans la gestion du risque évitent d'essayer des méthodes pour l'instant encore coûteuses et engendrant un grand risque économique.

Il existe cependant des exemples de mesures combinant à la fois atténuation et adaptation. L'utilisation de toits verts, par exemple, permet de mieux contrôler la température à l'intérieur des bâtiments (adaptation) et crée à la fois des puits de séquestration de carbone à l'aide de sa flore (atténuation) (Harisson, Berry et Paterson, 2010). Les toits verts favorisent aussi la survie d'une certaine partie de la biodiversité aviaire et florale. Dans le secteur côtier, un projet de la Colombie Britannique est encore en essai sur les côtes du Pacifique. Ce projet se nomme *Green Shores Initiative* création du Stewardship Centre for British Columbia en partenariat avec la ville de Seattle aux États-Unis. L'idée derrière le *Green Shores* est de combiner l'ingénierie à la nature en utilisant des méthodes d'adaptation pour contrer la hausse du niveau des mers qui tiennent compte des paramètres environnementaux de la région et incorporent des végétaux (Stewardship Centre for British Columbia, s.d.).

Enfin, les mesures d'adaptation (et même parfois d'atténuation) peuvent nuire à la biodiversité locale (et induire d'autres types d'externalités, étant donné qu'elles représentent des interventions humaines) (Adger

*et al.*2005; Harisson *et al.*, 2010). Or, cette biodiversité joue un rôle important pour la conservation et représente par le fait même un puits de GES. (Harisson *et al.*, 2010).

2. LA SITUATION DU QUÉBEC MARITIME

Les systèmes côtiers sont sensibles à la hausse du niveau des mers et à l'érosion notamment. Or, l'importance et l'ampleur de ces menaces sont différentes pour les milieux marins et dulcicoles. Les 3 000 kilomètres de littoral dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent (Ouranos, 2010) montrent une transition de l'eau douce à l'eau salée. La zone étudiée dans ce rapport est l'estuaire maritime et du golfe du Saint-Laurent, soit la partie où l'eau est considérée salée (en proportion nettement plus élevée que la valeur des apports en eau douce) (Figure 2.1). Cette zone, débute à Tadoussac, inclut les Îles-de-la-Madeleine et l'île d'Anticosti, sans oublier le reste du littoral de la Côte-Nord et de la Gaspésie. Le chapitre suivant permet donc de situer le Québec maritime, ses contraintes et ses vulnérabilités face au changement climatique côtier.



Figure 2.1 : L'estuaire maritime du Golfe Saint-Laurent (Stratégies Saint-Laurent, 2011)

2.1 Caractéristique du milieu

De façon plus large, les différentes activités et les secteurs économiques du Québec ont un certain pouvoir d'influence sur les changements climatiques et la capacité d'adaptation et d'atténuation des communautés. Le secteur de la foresterie, par exemple, peut s'avérer à la fois un avantage et une barrière à la lutte des changements climatiques. La principale forêt retrouvée sur le territoire Québécois est la forêt boréale (ministère des Ressources naturelles, 1995), une forêt productive et à usages multiples. Le couvert forestier québécois représente 2 % de la forêt mondiale (ministère des Forêts de la Faune et des Parcs [MFFP], 2015). Les forêts, selon l'usage et les événements ponctuels qui y surviennent, peuvent être à la fois d'efficaces puits de dioxyde de carbone (CO₂), par l'action de la photosynthèse, et d'importantes sources d'émissions de CO₂, par la combustion et la coupe de matière ligneuse par exemple (Campagna, 1996). Cette ambivalence carbonique lui confère ainsi un grand pouvoir face au changement climatique. Il importe donc d'être vigilant dans son utilisation. D'un point de vue d'adaptation, les forêts peuvent atténuer les forts vents, servir de refuges écosystémiques pour les espèces fauniques et prévenir les îlots de chaleurs à proximité. De plus, les forêts sont dynamiques, sur une grande échelle de temps, elles sont capables de s'adapter et de migrer vers le climat qui leur est optimal (ministère des Ressources naturelles, 1995). Dans le même ordre d'idées, le secteur énergétique, quant à lui, bénéficie de nos jours d'un bon

rendement vis-à-vis des changements climatiques étant donné son fort pourcentage de production d'énergie renouvelable, sous forme d'hydroélectricité, qui est plus grande que sa production de GES. Ceci n'est pas le cas pour la consommation énergétique québécoise qui dépend encore beaucoup du pétrole, pour les transports par exemple. Les choix énergétiques de la province déterminent directement les impacts du secteur par rapport aux changements climatiques (François Delorme, cours ENV 730 Économie de l'environnement).

Le secteur maritime, de son côté, fait l'objet de la Stratégie maritime du Québec (2015), nouvellement créé avec une vision pour l'horizon 2030. Cette stratégie sert à encadrer et favoriser le développement économique, écoresponsable et socialement responsable du secteur maritime, incluant le littoral. Tel que présenté dans la Stratégie maritime (Gouvernement du Québec, 2015), le secteur maritime est d'une très grande importance pour l'économie québécoise. En effet, plusieurs activités, dont le transport maritime, les activités portuaires, la pêche, le tourisme et même les biotechnologies y sont pratiquées. À l'échelle du Québec, le secteur maritime correspond à environ 25 000 emplois directement liés aux différents secteurs maritimes (Gouvernement du Québec, 2015). Le milieu marin est sensible aux changements climatiques, le secteur maritime devra donc pouvoir efficacement s'adapter aux conséquences variées, dont celle de la hausse du niveau des mers. Afin d'assurer la pérennité et la surveillance de l'estuaire et du golfe Saint-Laurent, différentes chaires de recherches sont dédiées aux questions maritimes, certaines se trouvent à proximité des eaux salées du fleuve Saint-Laurent. Par exemple, l'Institut des sciences de la mer (qui compte cinq chaires de recherche), le Centre de recherche sur les biotechnologies marines et la Chaire de recherche en géoscience côtière sont tous situés à Rimouski. (Gouvernement du Québec, 2015). D'autres chaires, telles que l'Institut Maurice-Lamontagne à Mont-Joli et Merinov à Gaspé, sont situées dans le Golfe (Gouvernement du Québec, 2015).

Les régions maritimes du Québec reçoivent beaucoup de précipitations liquides par année, soit entre 900 et 1100 millimètres. Ce sont les côtes du fleuve qui reçoivent les plus fortes précipitations. Du côté du couvert de neige, les régions plus au nord (telles que la Côte Nord) observent des accumulations de neige plus grandes que les régions au sud telles que les Îles-de-la-Madeleine. (Bernatchez *et al.*, 2008) Pour ce qui est du couvert de glace dans les eaux du Saint-Laurent, celui-ci est très variable historiquement et est voué à diminuer avec l'augmentation des changements climatiques (Environnement et Changement Climatique Canada, 2015a). De plus, le réchauffement des températures cause des diminutions de couvert de neige et une augmentation des redoux hivernaux. Cette tendance risque d'augmenter à une vitesse variable et à une intensité imprévisible selon les prédictions futures de hausse des changements climatiques. (Bernatchez *et al.*, 2008)

Du point de vue de l'atténuation des changements climatiques, le golfe et l'estuaire maritime du Saint-Laurent peuvent être d'efficaces puits de carbone. Ce sont les microorganismes marins qui se chargent de l'accumulation du carbone en fixant le CO₂ durant la photosynthèse, ils peuvent cependant aussi produire du CO₂ lors de leur respiration ou de leur dégradation. Ce phénomène est cependant en faveur du puits de carbone que représente le milieu marin, environ 10 % du carbone capté par le phytoplancton se retrouve au fond de la mer (par excrétion ou sous forme d'agrégats de phytoplancton) et y est fixé (Siron et Savenkoff, s.d.). L'activité du plancton dans le Golfe est plus forte au printemps et en été, mais la fixation de carbone est plus efficace lorsque le phytoplancton est gros, tel qu'en hiver. (Dufour et Ouellet, 2007) Du côté terrestre, les milieux humides et les littoraux laissés à l'état naturel ou végétalisés sont efficaces pour séquestrer le carbone.

En plus de l'arrivée des changements climatiques, les régions maritimes du Québec sont sensibles à plusieurs facteurs. Le transport maritime, par exemple, favorise l'entrée d'espèces envahissantes dans le Golfe. Ces espèces peuvent être macroscopiques, le crabe vert retrouvé aux Îles-de-la-Madeleine et le crabe bleu trouvé dans le Golfe en sont des exemples, mais aussi microscopiques, sous forme de phytoplancton et de bactéries. Ces organismes sont principalement déplacés sur des centaines de kilomètres dans les eaux de ballast des navires ou accrochés à la coque de ces derniers (Dufour et Ouellet, 2007). Les activités de pêches commerciales peuvent aussi contribuer au phénomène, les pêcheurs de crabe, par exemple, peuvent parfois se déplacer très loin avec leur cargaison à la recherche d'un port où le prix est le plus avantageux. Les espèces envahissantes exotiques sont plus présentes dans le sud du Golfe ou dans les eaux douces du fleuve Saint-Laurent, car les conditions leurs sont plus favorables et leur adaptation est plus rapide (Dufour et Ouellet, 2007; Gouvernement du Québec, 2015). Le passage de l'eau douce à l'eau salée peut aussi freiner la propagation de certaines espèces étant donné les différences entre les deux milieux. L'arrivée d'espèces exotiques dans le milieu peut venir déséquilibrer l'écosystème ce qui peut nuire à la capacité de résilience du milieu et même à ses niveaux de production (Gouvernement du Québec, 2013; ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques [MDDELCC], 2015a). Ainsi, en plus de contribuer à la consommation d'énergie non renouvelable et à la production de GES, le transport maritime peut contribuer à diminuer les capacités d'adaptation de l'étendue d'eau.

Plusieurs autres activités humaines peuvent perturber l'écosystème côtier. D'abord, les habitats fauniques et floristiques côtiers sont sensibles à la construction d'infrastructures côtières telles que les routes, les habitations et les ports. Ensuite, les habitats peuvent aussi être perturbés par les activités de forages et d'exploitation pétrolière et gazière ou par les activités récréatives. (Dufour et Ouellet, 2007) L'écosystème

côtier, déjà vulnérable à cause de ces activités pourrait alors perdre ses capacités de résilience face à la hausse du niveau des mers et aux autres conséquences du changement climatique côtier.

La région de la Côte-Nord possède 1 825 kilomètres de côtes dans le Golfe et un total de 93 932 habitants (The Arlington Group Planning + Architecture Inc. [TAGP], 2013 ; Institut de la statistique, 2015). Deuxième région la plus étendue du Québec, la Côte-Nord ne peut être traversée que par une seule route à partir de Tadoussac, la 138 jusqu'à Kegashka. Ceci pose plusieurs risques à la population très dispersée de cette région, qui peut se retrouver isolée suite à la destruction partielle de la route située à proximité de la côte et donc sensible aux aléas climatiques (Agence de la santé et des services sociaux de la Côte-Nord, 2012). Les municipalités et réserves à l'est de Kegashka ne peuvent être atteintes autrement que par l'air ou par la mer, à l'exception de l'extrême est de la Basse-Côte-Nord qui peut être atteinte par route à partir de Terre-Neuve-et-Labrador. L'économie locale est basée sur les ressources. En effet, le port de la ville de Sept-Îles est le plus important port minéralier au Canada, la majorité de la marchandise qui y est transitée est destinée aux marchés internationaux (Gouvernement du Québec, 2015).

La géologie des falaises de la côte nord est variée, mais est majoritairement composée de plages ou terrasses de plage (Bernatchez *et al.*, 2008). Le tiers est composé de falaises rocheuses, un autre tiers se caractérise par des falaises rocheuses accompagnées de plages et estuaires, puis le reste de la côte est formée de plages, estuaires et lagunes (TAGP, 2013). Les plages et terrasses de plages sont plus basses que les falaises et d'autant plus sensibles aux phénomènes hydrodynamiques côtiers. De plus, elles sont parfois formées par l'éboulement ou des glissements de terrain, tel qu'est le cas à Sept-Îles (Bernatchez *et al.*, 2008; Friesinger et Bernatchez, 2010). L'archipel des îles Mingan et l'île d'Anticosti se sont formés sur des assises rocheuses sédimentaires et calcaires, respectivement (Dignard, Petitclerc, Labrecque et Couillard, 2009). La végétation de la zone côtière de la Côte-Nord fait partie du domaine climatique de la sapinière à bouleau blanc jusqu'à Sept-Îles. Ensuite, vers Havre-Saint-Pierre, se trouve le domaine climatique de la pessière à mousses, qui se caractérise notamment par un climat froid et humide et une grande variété d'espèces de plantes vasculaires. À l'extrême est de la région, se trouve la toundra forestière (Dignard *et al.*, 2009). Enfin, sur le territoire continental de la Côte-Nord et sur les îles de Mingan et d'Anticosti les écosystèmes sont fortement affectés par l'activité de coupe de matière ligneuse, les épidémies d'insectes, le broutage et le piétinement. Le broutage sur l'île d'Anticosti est plus important étant donnée la forte présence de cerfs de Virginie. (Dignard *et al.*, 2009).

Une réserve de parc national est située sur la Côte-Nord, celle de l'Archipel-de-Mingan. Son territoire s'étend sur 150 km de côte et comprend plus de 1000 Îles et îlots (Parcs Canada, 2016). Le parc national d'Anticosti situé sur l'île portant le même nom, comporte une zone de protection le long du rivage du côté nord de l'île (Société des établissements de plein air au Québec [SÉPAQ], 2016a). Ces parcs favorisent la

conservation de la biodiversité de la région. Plusieurs réserves de biodiversité, aires construites dans le but de maintenir la biodiversité québécoise, sont projetées pour la côte nord. Certaines d'entre elles se trouvent sur la côte du Golfe, telle que la réserve projetée d'Harrington Harbour en milieu côtier (MDDELCC, 2015b). La région de la Côte-Nord comporte aussi différentes réserves écologiques, territoires conservés à l'état naturel, dont celle de Pointe-Heath située sur la pointe de l'île d'Anticosti (MDDELCC, 2015b).

Les rivages de la Côte-Nord abritent différentes espèces de plantes vasculaires à statut particulier selon la *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables* du Québec. Plus d'une vingtaine d'espèces vivant sur les falaises, les terrasses de plages ou à proximité de la côte dans la région ont un statut particulier. Tel est le cas, entre autres, du cyripède à pétales plats (*Cypripedium parviflorum*), une petite orchidée, dont la croissance est possible sur les rochers et rivages calcaires. Au Québec, seulement 15 occurrences ont été recensées, dont 6 à l'intérieur des aires protégées de la Côte-Nord (Dignard *et al.*, 2009). D'autres espèces de plantes vasculaires à statut dans la région sont la listère boréale (*Listera borealis*) et la Droséra à feuilles linéaires (*Drosera regia*) entre autres (Dignard *et al.*, 2009).

Les falaises rocheuses et les dunes servent aussi de résidence pour la faune aviaire. Ainsi, certaines espèces d'oiseaux marins menacées au Québec, telles que la sterne Caspienne (*Hydropogone caspia*), nichent dans la région de la côte nord. Les données disponibles à ce jour considèrent que la population de sterne Caspienne du Québec niche de façon sporadique, mais régulière, sur l'île à la Brume, dans la Basse-Côte-Nord (MFFP, 2010a; Observatoire Global du Saint-Laurent, s.d.). Parmi les espèces vulnérables retrouvées sur la côte se trouvent l'arlequin plongeur (*Histrionicus histrionicus*) et le garrot d'Islande (*Bucephala islandica*) (MFFP, 2010b; MFFP, 2010c).

La grande région de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine totalise un nombre de 91 786 habitants, dont 12 344 vivent dans les Îles (Institut de la statistique, 2015). Cette dernière, située plus au sud dans le golfe du Saint-Laurent, est seulement atteignable par la mer ou par l'air. Du point de vue de l'activité économique, la région compte 3 chantiers maritimes importants au Québec sur les sept situés dans la province. D'abord, le chantier naval Forillon (situé à Gaspé) et le méridien maritime (situé à Matane) travaillent tous deux dans la construction de traversiers et de remorqueurs notamment (Gouvernement du Québec, 2015). Ensuite, le Groupe maritime Verreault (situé à Les Méchins) se concentre surtout sur la réparation, l'entretien et la conversion de navires (Gouvernement du Québec, 2015).

La péninsule gaspésienne et la côte du Bas-Saint-Laurent représentent un total de 1 500 km de côtes. La moitié de la surface côtière de la Gaspésie est composée de falaises rocheuses, de falaises d'argiles, de plages et de marais salants (TAGP, 2013). Plusieurs de ces falaises sont très élevées et sont donc plus sensibles à la gravité, aux vents et à la météorologie, en plus des phénomènes hydrodynamiques auxquels

sont sujets tous types de côtes (Friesinger et Bernatchez, 2010; TAGP, 2013). Les côtes composées de grès et de schistes argileux sont très friables et susceptibles aux glissements de terrain et à l'éboulement. Les côtes des Îles sont composées aux deux tiers de plages de sable et la surface restante est formée de lagunes et de côtes ou de falaises argileuses (TAGP, 2013). La géologie du territoire est diversifiée : tombolo, falaises, flèches littorales, plages et marais se succèdent. La situation particulière des Îles-de-la-Madeleine permet cependant à la côte de reprendre du terrain à certains endroits dans les parties sableuses, alors que les falaises se voient perdre de la surface graduellement. La répartition des infrastructures et de la population sur le territoire des Îles est à risque face à l'érosion. La densité de population et les besoins en infrastructures associées ont contribué à une forte réduction du couvert forestier et des milieux humides de l'archipel. De plus, l'économie de la région dépend fortement de la qualité de l'environnement et des ressources halieutiques locales (Municipalité des Îles-de-la-Madeleine, s.d.).

La végétation côtière de la Gaspésie fait partie du domaine climatique de la sapinière à bouleau jaune (Dignard *et al.*, 2009). Certaines espèces de végétaux à statut particulier se retrouvent sur les côtes de la Gaspésie et du Bas-Saint-Laurent. Le cyripède royal (*Cypripedium reginae*), une orchidée préférant les ouvertures dans le couvert forestier et pouvant survivre sur les hauts rivages calcaires est un exemple de ces espèces végétales de la région (Petitclerc, Dignard, Couillard, Lavoie et Labrecque., 2007). D'autres espèces, telles que l'antennaire de Howell sous-espèce de Gaspésie (*Antennaria howellii* subsp. *gaspensis*) et le chalef argenté (*Elaeagnus commutata*), peuvent être retrouvées sur le territoire (Petitclerc *et al.*, 2007). L'archipel des Îles abrite plutôt des espèces favorisées par l'environnement dunaire. Le corème de Conrad (*Corema conradii*), par exemple, un important stabilisateur dunaire, abondant sur les Île, n'est pas observable ailleurs au Québec (Agglomération des Îles-de-la-Madeleine, 2010).

Parmi les espèces fauniques menacées de la Gaspésie se trouve le Râle jaune (*Coturnicops noveboracensis*), un oiseau marin nichant préférentiellement dans les milieux humides des rives du fleuve Saint-Laurent, jusqu'en Gaspésie. L'une des plus importantes menaces auxquelles il doit faire face est la perte de milieux naturels et d'habitats, déjà 50 % de son territoire a disparu. Le râle jaune, aussi présent sur la Côte-Nord, a besoin de végétation basse et dense pour la nidification et pour se cacher à l'arrivée d'un prédateur (MFFP, 2010d). D'autres espèces à statut particulier présentes dans le milieu côtier gaspésien sont l'arlequin plongeur (*Histrionicus histrionicus*), le garrot d'Islande (*Bucephala islandica*) et le Bruant de Nelson, oiseau nichant dans les marais salins (Association touristique régionale de la Gaspésie, 2016). Certaines de ces espèces sont retrouvées aussi sur le territoire des Îles-de-la-Madeleine, au total 9 espèces d'oiseaux à statut précaire s'y retrouvent. Une des espèces retrouvées est le Pluvier siffleur (*Charadrius melodus*) dont le seul site de nidification sur le territoire québécois se trouve sur l'archipel. Cet oiseau niche dans les grèves sablonneuses parmi les coquillages et cailloux (Agglomération

des Îles-de-la-Madeleine, 2010). Neuf autres espèces floristiques à statut particulier sont présentes sur l'Île (Agglomération des Îles-de-la-Madeleine, 2010).

La ville de Percé, pôle touristique de la Gaspésie, servira de cas exemplaire pour certaines des sections suivantes du Chapitre 2 et du Chapitre 3. La géomorphologie de la ville de Percé est constituée de falaises rocheuses et de plages, les causes d'érosion principales rencontrées sont le cycle de gel-dégel et l'impact des vagues (Bernatchez *et al.*, 2008; Ville de Percé, 2014). Historiquement, le couvert de glace dans la baie de Percé servait de protection pour la côte en hiver. Certaines années il devenait suffisamment épais pour permettre le déplacement d'animaux de la côte de Percé à l'île Bonaventure (environ 2,5 kilomètres) (Ville de Percé, 2014). De façon générale, les falaises rocheuses de la côte Gaspésienne au sud de Gaspé montrent de faibles reculs, comparativement aux autres régions du Golfe au Québec (Bernatchez *et al.*, 2008). Les plages de cette région, cependant, montrent une forte diminution de largeur.

Les milieux humides côtiers sont importants pour la protection contre les phénomènes hydrodynamiques variés (Environnement et changement climatique Canada, 2016). Ils servent aussi de refuges et de sites de nidification pour certaines espèces végétales et animales. Du point de vue anthropique, les milieux humides permettent des activités telles que l'observation d'oiseaux, la pêche et la chasse (Environnement et changement climatique Canada, 2016). À l'opposé de ces activités récréatives, les milieux humides ont longtemps été considérés comme inutiles et non favorables au développement urbain (Environnement et changement climatique Canada, 2016). De nos jours, leur importance en tant que zone concentrée de biodiversité, de puits de carbone et de zone de protection contre les aléas climatiques est plus reconnue. Il demeure que les milieux humides sont encore menacés par l'activité anthropique, les changements climatiques viennent s'ajouter à ces pressions (Environnement et changement climatique Canada, 2016). En Gaspésie et dans les Îles-de-la-Madeleine, le développement résidentiel et infrastructurel a favorisé la diminution de la surface occupée par les milieux humides côtiers (Agglomération des Îles-de-la-Madeleine, 2010). Or, la protection des milieux humides naturels est primordiale et favorise la résilience des côtes (Bernatchez *et al.*, 2008). Certains milieux sont protégés par Parcs Canada, tel est le cas des barachois de Penouille et Saint-Omer (*Règlement sur les refuges d'oiseaux migrateurs*) qui profitent de restrictions d'activités favorisant leur protection. Ces protections ne sont cependant pas suffisantes pour protéger l'habitat à la fois des activités anthropiques, de la hausse du niveau des mers et des tempêtes (Tremblay, 2002). Au niveau provincial, le barachois de Carleton et la barre de Sandy Beach bénéficient d'une protection de refuge faunique et d'habitat faunique respectivement. Ces deux niveaux de protection visent de façon plus directe les nuisances aux habitats de la faune locale sur le territoire donné. (Tremblay, 2002). Les autres milieux humides de la Gaspésie n'ont pas de protection officielle ou sont simplement considérés comme parcs municipaux (avec les restrictions qui y sont sélectionnées), leur protection est

donc simplement basée sur les mesures en place (Tremblay, 2002). Au niveau des aires protégées et des réserves écologiques, les Îles-de-la-Madeleine comptent une réserve écologique et une réserve de biodiversité. La Gaspésie compte différentes aires de protection qui sont plutôt au niveau forestier ou dulcicole (MDDELCC, 2015c). Trois parcs nationaux contribuent à la conservation côtière gaspésienne, soient les parcs de Forillon, de Miguasha et de l'Île-Bonaventure-et-du-Rocher-Percé. Le Parc de Forillon englobe une bonne partie du milieu marin et de la côte (Parcs Canada, 2015). Les priorités du parc de Miguasha sont la protection de la falaise et des fossiles qui s'y trouvent (SÉPAQ, 2016b). Le Parc de l'Île-Bonaventure-et-du-Rocher-Percé vise la conservation de sites de nidification d'espèces d'oiseaux marins (SÉPAQ, 2016c). Bref, tous ces efforts de protection des côtes démontrent la prise de conscience du Québec face à l'importance des milieux humides, du travail reste à faire cependant, car beaucoup de zones humides côtières ne sont toujours pas protégées.

Le Bas-Saint-Laurent possède un paysage combinant les basses terres du Saint-Laurent et les Appalaches. Sa densité de population est de 199 577 habitants majoritairement répartie dans la zone bordant le fleuve où se trouvent les plus grandes villes de la région, dont Rivière-du-Loup, Rimouski, Mont-Joli et Matane (Institut de la statistique, 2015). Les côtes du Bas-Saint-Laurent sont principalement composées de plages de sable, de marais salants, de falaises rocheuses et de falaises argileuses (TAGP, 2013). La totalité de la côte de la région est considérée comme corridor de migration pour oiseaux marins (ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 2010). La pêche commerciale y est tout de même pratiquée, à une intensité moins élevée que dans les régions mentionnées précédemment. Cependant, le fleuve Saint-Laurent est encore considéré comme très pollué à la hauteur du Bas-Saint-Laurent, la pêche de certains organismes filtreurs y est donc risquée pour les consommateurs (ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 2010). La végétation de la côte est principalement comprise dans le domaine climatique de la sapinière à bouleau jaune, comme sur la péninsule gaspésienne (Petitclerc *et al.*, 2007). Plusieurs zones du littoral côtier sont protégées, telles que les marais salants de Pointe-au-Père et des îles variées (ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 2010).

Le niveau de compréhension des communautés maritimes sur les enjeux auxquels ils devront faire face avec l'arrivée des changements climatiques a été étudié en 2008 (Bernatchez *et al.*). Ce sondage a démontré que les résidents de Percé et des Îles-de-la-Madeleine étaient très sensibilisés et généralement capables d'identifier les problèmes côtiers auxquels ils sont vulnérables, tels que le gel-dégel, les tempêtes et les vagues. De façon générale, les résidents des grandes villes côtières du Golfe sont bien informés (Bernatchez *et al.*, 2008). Dans le même sens, une série de discussions informelles sur le terrain en Gaspésie montraient une prise de conscience et une compréhension plutôt élevée des enjeux d'érosions,

d'ondes de tempêtes et de pertes de terrain. Des résidents de la Baie-des-Chaleurs, jusqu'à Escuminac, près du Nouveau-Brunswick, remarquent eux aussi des pertes de terrains plus importantes.

En conclusion, les milieux côtiers ont une importance particulière dans les maritimes. Plusieurs secteurs économiques en dépendent, tels que les activités de pêches, le transport maritime (ports et navigation) et le tourisme. De plus, lorsque laissés à l'état naturel, les milieux côtiers s'avèrent être d'efficaces zones tampons contribuant à la protection des résidents et servant de refuges pour la biodiversité. Les milieux naturels favorisent aussi la résilience des côtes, car l'érosion est un processus dynamique naturel et ces milieux sont les mieux préparés à ce phénomène.

2.2 Enjeux

Les conséquences des changements climatiques dans les territoires maritimes du Saint-Laurent vont toucher plusieurs secteurs importants pour la région. Ces secteurs ont tous une importance et des enjeux pouvant modifier l'intensité des impacts associés aux changements climatiques qu'ils subissent et subiront. Les secteurs présentant des enjeux importants sont le tourisme, l'industrie de la pêche, la densité humaine, la densité des infrastructures et les milieux et paysages naturels.

2.2.1. Tourisme

Au Canada, le tourisme est en déficit. En effet, les dépenses effectuées à l'extérieur du pays par des Canadiens sont supérieures à la somme des dépenses effectuées au Canada par des visiteurs étrangers et canadiens. (Consultants O.P.R., 2014). Pour l'année 2014, ce déficit était estimé à -4,5 G\$. Le tourisme au Québec apporte tout de même des revenus aux communautés visitées et une source d'emploi représentant 8,7 % des emplois du Québec (Gouvernement du Québec, 2016).

Les côtes maritimes du Québec favorisent le tourisme de deux façons, soient par les opportunités de visite sur le terrain et pour les points de départ de croisières. Premièrement, les touristes visitant les zones côtières peuvent être attirés par les activités offertes, les paysages et la villégiature. La pêche, l'observation d'oiseaux et la randonnée sont aussi des activités pouvant attirer les touristes dans les territoires maritimes du Québec. Deuxièmement, les ports des régions maritimes peuvent aussi servir de point de départ ou d'escale pour différentes croisières touristiques. Les villes de Sept-Îles, Havre-Saint-Pierre et Chandler, ainsi que les Îles-de-la-Madeleine, entre autres, servent d'escales pour les croisières internationales (Gouvernement du Québec, 2015).

Le tourisme est plus important en Gaspésie et sur les Îles-de-la-Madeleine (Gouvernement du Québec, 2016) que sur la Côte-Nord, où l'économie est plutôt basée sur des ressources (Ville de Sept-Îles, 2016). Malgré l'importance moins grande du secteur, la Côte-Nord possède différents points d'intérêt en zone côtière pour les touristes. D'abord, à Tadoussac les touristes peuvent aller observer les baleines par des

excursions en mer. Pour arriver à Tadoussac par la 138, le traversier en provenance Baie-Sainte-Catherine est la seule option (Tourisme Côte-Nord, 2016). Les plages de Sept-Îles permettent, entre autres, l'observation des oiseaux, la pêche à l'éperlan et la baignade. De plus, la Côte-Nord compte sur différents parcs nationaux pouvant attirer un grand public. D'abord, la réserve de parc national de l'Archipel-de-Mingan, est un point d'intérêt pour ses excursions en bateaux vers les Îles, permettant d'observer leur géologie particulière et leur faune aviaire de près. L'archipel offre aussi des opportunités de camping et de villégiature (Tourisme Côte-Nord, 2016). L'île d'Anticosti, où se retrouve le parc national d'Anticosti, est une zone prisée pour la chasse et la pêche. (Tourisme Côte-Nord, 2016; Tourisme Québec, s.d.).

La ville de Percé reçoit en moyenne entre 180 000 et 220 000 visiteurs par année (DAA Stratégies, 2012). À titre indicatif, les dépenses associées au tourisme en Gaspésie représentent 2,9 % des dépenses totales du tourisme au Québec (ministère du Tourisme, 2015). L'économie de la ville de Percé est principalement reliée à l'activité touristique (Bernatchez *et al.*, 2008). Les différentes activités touristiques pratiquées sur les côtes de Percé sont la baignade, l'observation d'oiseau, la promenade, les activités d'interprétation variées, la récolte d'agathes et les activités nautiques tel que le kayak (Bernatchez *et al.*, 2008). Au centre-ville de Percé se trouve un important point de sortie en mer, le principal quai touristique de la région. Une promenade a aussi été aménagée pour les touristes. Or, celle-ci est en situation précaire face à l'érosion et aux bris par les tempêtes (Ville de Percé, 2014). Différentes solutions de renforcement et de reconstruction de la promenade sont encore à l'étape de développement. La promenade a subi différents événements extrêmes la détruisant ou l'affaiblissant à quelques reprises, le dernier événement est survenu à l'automne 2015 (Racine, 2015). Des départs quotidiens à partir du quai durant la saison estivale permettent aux touristes de visiter certains points d'intérêts tels que l'observation des baleines ou la visite de l'île Bonaventure, par exemple. Ces activités laissent place aux randonnées de motoneige l'hiver. Cependant, l'achalandage est beaucoup moins élevé et un seul des 40 établissements de villégiature (hôtels, motels, auberges, etc.) de la ville demeure fonctionnel lors de la période hivernale. Le tourisme dans la région a une saisonnalité courte, ce qui affecte les revenus et les emplois dans la communauté (DAA Stratégies, 2012). Plusieurs autres points d'intérêts se trouvent sur la côte Gaspésienne, tels que la Baie-des-Chaleurs, les différents villages relais et la route des phares (Corporation des gestionnaires des phares de l'estuaire et du golfe Saint-Laurent, 2014; Association touristique régionale de la Gaspésie, 2016).

La situation des Îles-de-la-Madeleine est semblable à celle rencontrée dans la ville de Percé. La courte saisonnalité des activités estivales affecte l'économie locale (Municipalité des Îles-de-la-Madeleine, s.d.; Agglomération des Îles-de-la-Madeleine, 2010). La région insulaire réussit à attirer environ 54 000

visiteurs par année (Bernatchez *et al.*, 2008), les dépenses des touristes sur les Îles représentent 0,6 % des dépenses de voyageurs totales au Québec (Gouvernement du Québec, 2016).

La forte saisonnalité des activités touristiques peut avoir différents impacts sur la région. Les emplois associés au tourisme sont saisonniers et les commerces et restaurants ferment durant la période hivernale.

La situation de l'industrie touristique au Bas-Saint-Laurent est semblable à celle observée dans les régions présentées plus haut. Les touristes sont plus nombreux lors de la saison estivale. La région connaît cependant des périodes plus achalandées durant certaines périodes de l'année. Les activités de la région sont aussi semblables à celles effectuées dans les autres régions. L'observation de la faune, des paysages et la pêche sont les principales activités côtières d'intérêt pour les touristes (Bas-Saint-Laurent, 2010).

En conclusion, les enjeux précis associés au tourisme sont semblables pour chacune des régions maritimes étudiées. D'abord, le besoin d'un territoire intègre et apte à accueillir les touristes et supporter les activités que ceux-ci vont pratiquer. Ensuite, le besoin d'infrastructures portuaires fonctionnelles et disponibles pour les navires de croisières. Ces deux enjeux peuvent être influencés par la hausse du niveau des mers et l'augmentation du taux d'érosion des côtes. Enfin, la forte saisonnalité des activités touristiques est d'autant plus dépendante des changements climatiques qui auront pour impact de modifier les températures et phénomènes climatiques estivaux.

2.2.2. Industrie de la pêche

Les ressources marines sont exploitées depuis longtemps dans le Golfe et l'océan Atlantique. Depuis le début des activités dans le golfe Saint-Laurent, aux XVe et XVIe siècles, la morue était pêchée en Atlantique. C'est au XVIIIe siècle que la pêche à la morue débute dans le Golfe. Les pêcheurs s'établissent sur les côtes de la Gaspésie, des Îles et de la Côte-Nord. Ensuite, les technologies s'améliorent avec l'arrivée de grandes compagnies. Des compagnies européennes, mieux équipées viennent aussi pêcher la ressource, à l'aide d'outils de pêche dommageables pour l'environnement. Puis, au milieu du XIXe siècle, les populations de morue s'effondrent, ce qui rend la pêche aléatoire et induit des problèmes de territoires importants pour les pêcheurs (Mimeault, 1997). Au début des années 90, un effondrement des poissons de fond a été observé dans le Golfe et, suite à l'implantation de réglementation plus sévère, l'accès à la ressource par des exploitants hors Canada est devenu impossible, voire nul (Mimeault, 1997; Gouvernement du Québec, 2015). Les rapports des différentes populations de poissons ont ainsi été modifiés par la surpêche. Plus récemment, les populations aquatiques du Golfe sont passées de proportions semblables de poissons démersiels et de petits poissons-bouteurs à une majorité de poissons-bouteurs. Même après l'arrêt de la surpêche, les populations historiques de gros poissons piscivores ne se sont pas rétablies. Les gros mammifères piscivores, tels que les phoques, consomment donc des poissons à des niveaux trophiques inférieurs à ceux qu'ils consommeraient normalement. Ce

phénomène déséquilibre les chaînes trophiques locales, l'écosystème de poisson du golfe est donc encore déséquilibré (Savenkoff *et al.*, 2006). Tous ces changements ont modifié et façonné la pêche moderne et ont induit une diminution des rendements dans le Golfe. (Savenkoff *et al.*, 2006)

En plus des activités de pêche, les régions maritimes s'occupent de la transformation de produits marins, une fois ces produits expédiés, ceux-ci peuvent valoir jusqu'à 380 millions de dollars (Gouvernement du Québec, 2015). À Sept-Îles, par exemple, les activités associées à l'industrie des pêches sont estimées à une valeur de 3 millions de dollars, ce qui en fait un pôle régional pour le secteur. (Bernatchez *et al.*, 2008) Cependant, la majorité de l'activité économique de la ville est associée aux services, la ville ne dépend donc pas de la pêche au même niveau que la Gaspésie et les Îles-de-la-Madeleine.

Les principales espèces pêchées de façon commerciale pour la Gaspésie, la Côte-Nord et les Îles-de-la-Madeleine sont le capelan, le crabe commun, la crevette, le hareng, le homard, le maquereau, le pétoncle, le phoque et les poissons de fond (Pêches et Océans Canada, 2015a). Les espèces avec une plus grande valeur de retombées économiques étant pêchées dans le Golfe sont le homard, la crevette, le crabe des neiges et le hareng (ministère des Pêches et Océans, 2013). Ces espèces ont toutes leurs contraintes biologiques naturelles et risquent d'être affectées par les changements climatiques. D'abord, le homard, un crustacé benthique en début de vie, est sensible aux températures basses. Le homard est pêché en saison estivale quand il s'approche des côtes pour atteindre des eaux plus chaudes. L'âge de commercialisation de ce crustacé est d'environ 8 ans. (Boudreau, Dupont et Sylvain, 1977; Pêches et Océans Canada, 2009a) Ensuite, le crabe des neiges est encore plus sensible à la température. À l'inverse du homard, le crabe préfère les températures basses ce qui le rend encore plus vulnérable au réchauffement des mers par les changements climatiques (Pêches et Océans Canada, 2009b).

Merinov est responsable de la recherche et du développement dans le secteur des pêches et aquacultures du Québec maritime depuis 2010. Les activités de Merinov lui ont permis d'identifier des enjeux importants selon l'industrie maritime (Merinov, 2016a). Ceux-ci sont très variés et concernent l'accès à la ressource, les technologies et l'amélioration des connaissances disponibles, la conservation de la ressource, la diversification des produits, la qualité et la mise en marché (Merinov, 2016b). D'abord, pour l'accès à la ressource, les enjeux énoncés concernaient la pression sur les ressources et la conservation de l'habitat et des chaînes trophiques. La présence élevée de phoques dans le Golfe et les techniques de pêche raclant le sol posent une pression sur les ressources pélagiques de fond (Merinov, 2016b). Puis, au niveau des technologies, la réduction des coûts énergétiques est un des enjeux identifiés par l'industrie. (Merinov, 2016b). Ensuite, pour la conservation de la ressource, les enjeux énoncés concernaient principalement le souci pour l'environnement. De plus, des solutions pour assurer le maintien des populations de homards ont été proposées, soit l'installation de récifs artificiels pour assurer le maintien de leur habitat (Merinov,

2016b). Un autre enjeu soulevé est relié au respect des différentes contraintes d'émissions de GES et de réduction des impacts associés aux certifications (Merinov, 2016b). Le besoin de diversification des produits récoltés et offerts aux marchés était aussi un enjeu mentionné (Merinov, 2016b). La diversification de produits pourrait présenter différentes opportunités d'adaptations aux changements climatiques qui seront présentées au Chapitre 3. Enfin, la hausse des tendances d'écocertification des pêcheurs et des industries, quelle soit pour des raisons d'image d'entreprise, de nécessité pour la concurrence avec les autres marchés ou par souci environnemental, favorise le respect de l'environnement et la prise de conscience des parties prenantes du milieu (Merinov, 2016b).

En conclusion, les enjeux associés à l'activité de la pêche face aux changements climatiques sont à différentes échelles. Ceux s'appliquant aussi au milieu côtier sont : l'importance d'avoir un milieu naturel en santé et peu affecté par le changement climatique côtier, l'amélioration du niveau de connaissances sur les aléas et le milieu naturel et la capacité de respecter les contraintes d'écocertification pour les pêcheurs.

2.2.3. Densité humaine et infrastructurelle

Tel que décrit précédemment, l'historique des pratiques de pêches dans le golfe Saint-Laurent a contribué à la distribution des populations humaines dans la région. Les pêcheurs et les industries se localisaient en bordure des côtes autour des ports importants. Ainsi, plusieurs résidences et infrastructures sont à risque des conséquences des changements climatiques en zone côtière.

Les infrastructures côtières sont sujettes à différentes menaces, dont l'augmentation de l'érosion des berges. De plus, l'érosion sera favorisée par les changements climatiques, surtout dans une situation où la hausse du niveau des mers, la diminution de la période du couvert de glace, le changement des régimes de tempêtes et leur intensité, la géomorphologie des côtes et les différents matériaux (roche, argile, calcaire, etc.) qui les composent, sont combinés. (Ouranos, 2010)

Plusieurs événements survenus dans les dernières années semblent dénoncer des faiblesses pour ce qui est du zonage et de la planification des infrastructures routières et résidentielles. Ces événements présentés sont survenus dans les différentes régions maritimes de l'Est-du-Québec. D'abord, au nord de Gaspé, en 2007, de fortes précipitations jumelées à une marée montante causent d'importants glissements de terrain dans la municipalité de Rivière-Au-Renard. L'évènement s'est déroulé en milieu résidentiel et aurait pu poser un risque pour la population. Alors considérés rares, ces phénomènes risquent tout de même de se reproduire dans la région. La composition du sol étant propice à ce type de phénomène, surtout lorsque beaucoup de précipitations s'accumulent rapidement. Afin de répondre au risque, les autorités ont décidé de revoir le zonage et d'exproprier la population la plus à risque, en empêchant les nouvelles constructions dans des secteurs précis (Radio-Canada, 2007). Ensuite, quelques années plus tard, en 2010, un événement de grandes marées survient dans les municipalités de Sainte-Luce et Sainte-Flavie dans le Bas-Saint-

Laurent. Suite à cet évènement extrême, 85 % des infrastructures et résidences auraient subi des dommages allant de débris retrouvés sur les terrains à la destruction de routes et l'inondation de résidences (Thériault, 2010a). Puis, en réaction à cet évènement, la Sécurité civile décida d'implanter un système de vigilance afin d'assurer la sécurité des résidents (Thériault, 2010b). Parallèlement, à Sept-Îles, des résidences et chalets riverains ayant subi des dommages suite à la même tempête ont dû être démolis, car les structures posaient des risques à la sécurité. (Thériault, 2010a).

Dans la baie des Chaleurs, les fortes tempêtes peuvent submerger la route 132 à certains endroits. Afin d'assurer la protection de la route à Maria, un mur a été construit le long de la route, séparé de l'eau par une plage. Devant l'état du mur, une étude d'impact permettant de déterminer la meilleure option pour sa reconstruction fut réalisée en 2001 (Morneau, Michaud, Lecours, Côté et Roy, 2001). La ville de Maria est située dans la Baie de Caspédia, une zone où les courants de dérive se séparent et où le budget sédimentaire est faible (c'est-à-dire que la plage réussit tout juste à se maintenir en équilibre). Ce phénomène est en partie dû aux interventions anthropiques de stabilisation des côtes et aux courants de dérive qui repoussent les sédiments. La côte à proximité de la route est ainsi sujette à des retraits et des accumulations de sédiments inégaux et mal répartis tout au long de la plage, ce qui affecte le mur lors des tempêtes, notamment (Morneau *et al.*, 2001). En 2008, une forte tempête détruisait une partie de la route 132, de façon suffisamment importante pour obliger la fermeture totale de la route pendant 10 heures. La faible quantité de routes alternatives obligeait la population à effectuer des détours d'une centaine de kilomètres. Le transport ferroviaire a aussi été affecté temporairement par cet évènement (Ici Radio-Canada, 2008). En 2010, toujours à Maria, un évènement semblable forçait l'évacuation de résidences et plusieurs autres furent inondées (Gagné, 2010). La solution déterminée par l'étude d'impact de 2001 sera décrite et commentée au Chapitre 3. Les courants côtiers de la Gaspésie deviennent souvent problématiques lorsqu'une structure anthropique est ajoutée. Un autre exemple de ce phénomène serait le quai de Percé, dont la présence augmente la complexité du phénomène de courants et de direction des vagues (B. Savage, ingénieur à la retraite, conversation mars 2016).

En conclusion, les enjeux associés à la densité de population et d'infrastructures des régions côtières maritimes sont nombreux. D'abord, la sécurité de la population est un enjeu important auquel les municipalités doivent faire face. Ensuite, le maintien des infrastructures municipales et routières est important dans la région afin d'assurer le fonctionnement et la communication entre les municipalités. Enfin, la perte de surface terrestre pour les résidents et la ville peut venir affecter les activités pratiquées sur celle-ci.

2.2.4 Les milieux et paysages naturels

L'anthropisation des côtes pourrait aussi avoir un impact sur leur vulnérabilité face aux conséquences du changement climatique côtier. Dans la ville de Percé par exemple, seulement 30 % de la côte est encore à l'état naturel et 18,2 % est artificiel. (Bernatchez *et al.*, 2008) À Sept-Îles, cette valeur passe à 40 % pour les côtes naturelles et 24 % pour les côtes artificielles de protection, principalement sous forme d'encrochement. Aux Îles-de-la-Madeleine, les proportions de côtes naturelles et artificielles sont de 32 % et 13,8 % respectivement (Bernatchez *et al.*, 2008). La particularité de cette dernière région insulaire est la composition de ses côtes de dunes, où des infrastructures routières sont en place, la rendant vulnérable à la hausse du niveau des mers et à l'érosion. Les processus naturels d'érosion et de sédimentation associés aux dunes sont très dynamiques, ces processus permettent aux côtes de suivre la hauteur des marées. Les infrastructures routières n'ont pas cette capacité d'adaptation naturelle et bloquent les processus naturels à certains endroits (Agglomération des Îles-de-la-Madeleine, 2010).

En effet, les milieux naturels ont la capacité de s'adapter aux conditions de l'océan. La côte peut se déplacer naturellement, tout comme la faune et la flore sur des échelles de temps variées selon les espèces. Les milieux moins productifs ont des capacités de captation de carbone inférieures que les plus productifs, mais sont les plus efficaces pour se déplacer et s'adapter à la côte. Peu importe leur niveau de productivité, les milieux naturels peuvent se déplacer à condition d'avoir l'espace nécessaire du côté terrestre (Morris, Sundareshwar, Nietch, Kjerfve et Cahoon, 2002). Ces processus peuvent cependant sembler négatifs pour les propriétaires fonciers et pour les municipalités, qui tentent de les ralentir pour protéger leurs terrains.

À Percé, par exemple, la composition des falaises de la région les rend plus sensibles aux différents processus naturels. La falaise est donc plus à risque de s'effondrer à partir du haut, sous forme de gros blocs qui tombent subitement. Ces chutes de roc deviennent ainsi dangereuses à la fois pour les individus de la falaise et pour ceux utilisant la plage ou la rive en dessous de l'effondrement. La composition par couche des falaises les rend aussi plus friables par les petits cours d'eau dirigés et plus sensibles aux glissements de terrain (Bernatchez *et al.*, 2008).

Au Québec, l'augmentation des changements climatiques risque d'affecter la répartition géographique et l'intégrité des écosystèmes (Gouvernement du Québec, 2015). D'une manière semblable à l'adaptation des milieux humides côtiers, les écosystèmes peuvent se déplacer sur une grande échelle de temps. Les espèces peuvent se déplacer de façon durable pour leurs populations, à condition d'avoir un site propice à leur survie pouvant les accueillir. Les écosystèmes rendent différents services aux populations humaines qui permettent d'atténuer les changements climatiques (United Nations Environment Program [UNEP], s.d.). Or, ceux-ci sont aussi sujets aux risques côtiers mentionnés plus haut. Les marais salants, par

exemple, ne pourront se déplacer adéquatement si leur apport en sédiments n'est pas suffisant pour suivre le rythme de la hausse du niveau des mers (Nicholls et Cazevane, 2010). De plus, l'enjeu des espèces exotiques envahissantes qui pourront migrer avec l'augmentation des températures ne fera qu'ajouter une pression supplémentaire aux écosystèmes, car les espèces indigènes risqueraient de perdre leur place (MDDELCC, 2015a).

Les milieux naturels et les communautés humaines le long de la côte du Golfe Saint-Laurent sont aussi sensibles aux catastrophes environnementales associées à l'activité anthropique. Le transport de matières dangereuses, tel que les hydrocarbures (Gouvernement du Québec, 2015), représente une menace pour les écosystèmes et la population. De plus, les impacts associés aux changements climatiques pourraient augmenter les risques de déversements et d'accidents, lors de destruction des routes ou des chemins de fer par exemple.

En conclusion, les enjeux associés aux milieux et paysages naturels sont vastes et peuvent exiger une action à une échelle plus large que le monde municipal. En effet, l'enjeu du maintien de la capacité d'adaptation naturelle des côtes peut être difficile à considérer pour une municipalité, car celle-ci ne veut pas perdre de territoire terrestre. L'enjeu des aires protégées, de par son sujet, exige aussi une réaction des échelons gouvernementaux plus élevés. Le dernier enjeu relevé est celui du maintien des services écologiques permis par les écosystèmes côtiers.

2.2.5. Tableau récapitulatif des enjeux

Les enjeux ressortis (Tableau 2.1) des différents secteurs se recoupent parfois entre eux, et sont très variés d'une région à l'autre, étant donné les côtes variées. L'aire étudiée pour l'étude d'impact de la route 132 à Maria, par exemple, possédait cinq zones à enjeux variés. Ces enjeux considéraient : la protection des attraits du milieu, la sécurité des usagers et résidents, la protection de la biodiversité, le maintien des apports sédimentaires, la préservation des habitats côtiers (Morneau *et al.*, 2001). Ces derniers peuvent être regroupés dans les catégories suivantes : la protection de l'écosystème côtier, le maintien de l'apport en sédiment et la sécurité humaine. Le tableau suivant sert à synthétiser les enjeux trouvés dans les sections précédentes et à faire ressortir les enjeux répétitifs d'un secteur à l'autre. Chacun de ces enjeux est composé des différentes conditions du développement durable, ils sont d'importance à la fois économique, sociale et environnementale. À titre d'analyse, l'efficacité des mesures d'adaptation présentées au Chapitre 3 sera évaluée selon leur capacité de réponse à ces enjeux.

Tableau 2.1 Les enjeux importants des différents secteurs d'importance économique, sociale et environnementale des régions maritimes du Québec.

Secteur	Enjeux
Tourisme	Territoires et paysages viables pour accueillir les visiteurs Infrastructures portuaires fonctionnelles
Industrie de la pêche	Viabilité du milieu marin Diversification des prises Respect des nouvelles contraintes d'éco-certification Rendements
Sécurité de la population et des infrastructures	Sécurité des résidences Sécurité des infrastructures Pertes de surface foncières et municipales Zones à risques
Milieus et paysages naturels	Maintien de la capacité d'adaptation naturelle des côtes Maintien des aires protégées Maintien des services écosystémiques

2.3 Vulnérabilités

Selon les auteurs, la vulnérabilité d'une région côtière au changement climatique local s'exprime selon trois critères : sa sensibilité naturelle, son niveau de résistance et sa capacité de résilience (Dolan et Walker, 2006). Ainsi, la vulnérabilité d'une communauté est évaluée à l'aide de plusieurs facteurs commençant par la sensibilité de la zone côtière aux conséquences des changements climatiques puis se terminant par sa capacité d'adaptation à la fois anthropique et naturelle. La capacité adaptative est décrite comme étant la capacité d'un système à s'adapter à un phénomène donné. C'est la capacité adaptative qui permet de réduire la vulnérabilité (Dolan et Walker, 2006). L'interaction de ces critères entre eux est complexe et difficile à déterminer, tout comme la détermination exacte de ceux-ci (Smit et Wandel, 2006).

Les côtes maritimes sont naturellement sensibles à la perte de surface terrestre. Sur la Côte-Nord, les côtes de basses altitudes sont très vulnérables à la combinaison haute marée et tempête (Bernatchez *et al.*, 2008). De plus, dans certains secteurs, dont les dunes, la vulnérabilité est accentuée à cause d'activités non autorisées tel que le déplacement en VTT qui peut fragiliser les côtes. À titre indicatif, les principaux processus qui affectent les côtes de Sept-Îles sont le sapement par les vagues, la submersion et la résurgence de l'eau sur les côtes (Bernatchez *et al.*, 2008). En Gaspésie et au Bas-Saint-Laurent, les côtes sont vulnérables à différents phénomènes. D'abord, les vagues, sous forme de sapement sur les falaises ou par submersion pour les zones peu élevées, peuvent poser un risque pour l'érosion et la sécurité des infrastructures. Les hautes falaises et côtes qui sont frappées par les vagues peuvent perdre plus ou moins de surface selon le type de falaise. Les zones peu élevées, où se trouvent certaines routes peuvent devenir submergées lors de fortes tempêtes, ce qui pose à la fois des problèmes pour les usagers et pour les structures. Or, ce dernier problème pourrait être amené à augmenter avec la hausse du niveau des mers. Ensuite, les hautes falaises sont sujettes aux effondrements rocheux. La composition des côtes

Gaspésiennes les rend friables à certains endroits. Ceci, combiné à de fortes pluies hivernales sans une protection de couvert de neige, favorise les effondrements. Puis, les hautes falaises gaspésiennes sont aussi sensibles à des phénomènes tels que la gélifraction, l'éboulement, le ravinement et le glissement en plan. (Bernatchez *et al.*, 2008). Les Îles-de-la-Madeleine sont principalement sensibles à l'effet des vagues et du vent (Bernatchez *et al.*, 2008). D'autres phénomènes côtiers, tels que la submersion, les effondrements rocheux, les éboulements, la gélifraction, le ravinement et l'écoulement, peuvent aussi affecter les falaises de façon semblable à la Gaspésie (Bernatchez *et al.*, 2008). Bref, les côtes sont sensibles aux processus naturels qui risquent d'être amplifiés par l'arrivée des changements climatiques (Nicholls et Cazenave, 2010). La sécurité des habitants et le maintien des infrastructures sont des vulnérabilités de la région associée à cet aspect géophysique.

Du point de vue social, les maritimes ont des populations vieillissantes (Bernatchez *et al.*, 2008). Dans les différentes régions maritimes la population active diminue et parallèlement les possibilités de retour d'investissement dans le milieu municipal font de même. Les points énoncés dans la stratégie maritime du Québec à ce sujet semblent aussi viser ce problème (Gouvernement du Québec, 2015). En plus de la diminution des ressources économiques, une population vieillissante pourrait être plus sensible aux problèmes environnementaux, car sa capacité d'adaptation et de résilience est susceptible d'être plus faible. Plusieurs facteurs affectent la capacité de résilience d'une population, son niveau de compréhension des conditions associées aux changements climatiques en est un (Jiang et Hardee, 2010). Ce dernier semble bien intégré dans la population maritime québécoise (Bernatchez *et al.*, 2008). Une population vieillissante peut montrer des tendances migratoires pour les zones côtières, ainsi les principales arrivées de populations dans la région peuvent être composées principalement d'individus qui ne sont plus actifs (O'Neill, MacKellar et Lutz, 2005).

Les composantes de l'environnement des maritimes sont aussi vulnérables au changement climatique côtier. La faune, entre autres, est vulnérable aux modifications de son habitat et à l'instabilité de la chaîne trophique. Les changements climatiques peuvent affecter ces deux facteurs simultanément. Les oiseaux marins piscivores, tel que le Macareux moine (*Fratercula arctica*), un oiseau marin fréquentant le Golfe et reconnu à statut vulnérable selon la *Red List* de l'IUCN par exemple, peuvent pêcher leurs proies jusqu'à une distance précise de leur nid et à une profondeur déterminée par leurs capacités physiologiques. Le Macareux moine pêche le capelan, le hareng, le lançon et d'autres poissons pélagiques à une profondeur maximale de 60 mètres, il pêche en moyenne à une profondeur de 30 mètres (Birdlife International, 2015). Or, avec le réchauffement de l'eau, les espèces de poissons ont tendance à descendre la colonne d'eau pour atteindre les températures d'eau optimales à leur survie. Lorsque ce phénomène est combiné à une forte activité anthropique à proximité des bancs de poissons, ceux-ci s'éloignent des sites où nichent les

oiseaux. Les espèces survivant à ce type de migration deviennent alors inatteignables pour les oiseaux (Hoegh-Guldberg et Bruno, 2010). Malgré son large spectre de proies possible, le macareux moine est menacé par la diminution des proies disponibles lorsqu'il doit nourrir ses petits. En effet, la limite géographique de pêche lors de l'alimentation des petits est de 10 kilomètres du nid (comparativement à 50 à 100 mètres lorsqu'il ne s'occupe pas de ces petits) ce qui limite le nombre de proies disponibles (Birdlife International, 2015). En bref, les oiseaux marins sont vulnérables à l'activité humaine, à la répartition de leurs proies, en plus de l'intégrité de leur habitat qui pourrait être influencée par les conséquences des changements climatiques.

L'économie des régions maritimes est aussi vulnérable aux changements climatiques. En effet, certaines régions dépendent fortement du tourisme et de l'industrie de la pêche comme activités économiques. Or, ces activités sont sujettes à une forte saisonnalité qui cause de grandes diminutions des activités en hiver notamment. Alors que la saison estivale sera prolongée à cause du réchauffement global, les tempêtes et les ouragans verront leur fréquence augmenter. De plus, la population des régions maritimes est principalement côtière et vulnérable aux différents aléas côtiers (Ouranos, 2010).

En conclusion, les régions côtières québécoises sont vulnérables aux phénomènes géologiques naturels, au vieillissement de la population, à la perte de biodiversité et à une viabilité économique saisonnière et peu diversifiée.

2.4 Constats

Les côtes du Golfe du Saint-Laurent sont très différentes les unes des autres, même sur de petites échelles (Bernatchez *et al.*, 2008). Les côtes du Golfe sont toutes semblables et uniques. Ces différences influencent le type de gestion possible des côtes face aux changements climatiques. La création de la Stratégie maritime (Gouvernement du Québec, 2015), démontre un intérêt particulier pour le golfe du Saint-Laurent et sa protection.

Le Tableau 2.2 présente les différentes vulnérabilités des côtes maritimes face au changement climatique côtier, les enjeux, énoncés plus tôt, qui leur sont liés et les régions touchées. Un même enjeu pour être lié à plus d'une vulnérabilité, ce qui témoigne de l'importance d'agir pour assurer la viabilité sociale, économique et environnementale de la région.

Tableau 2.2 Vulnérabilité des côtes maritimes face au changement climatique côtier

Vulnérabilité	Enjeux	Régions touchées
Processus géophysiques naturels des côtes	Territoires et paysages viables pour accueillir les visiteurs Infrastructures portuaires fonctionnelles Sécurité des résidences Sécurité des infrastructures Pertes de surface foncières et municipales Zones à risques Viabilité du milieu marin Maintien de la capacité d'adaptation naturelle des côtes Maintien des aires protégées Maintien des services écosystémiques	Bas-Saint-Laurent, Gaspésie, Côte-Nord et Îles-de-la-Madeleine.
Vieillesse de la population	Infrastructures portuaires fonctionnelles Sécurité des résidences Sécurité des infrastructures Zones à risques	Bas-Saint-Laurent, Gaspésie, Côte-Nord et Îles-de-la-Madeleine.
Économie basée sur la pêche et le tourisme très saisonnier	Territoires et paysages viables pour accueillir les visiteurs Infrastructures portuaires fonctionnelles Viabilité du milieu marin Diversification des prises Respect des nouvelles contraintes d'écocertification Rendements Maintien des aires protégées Maintien des services écosystémiques Sécurité des infrastructures	Gaspésie et Îles-de-la-Madeleine.

Les enjeux associés aux processus naturels côtiers (Tableau 2.2) font partie de tous les secteurs mentionnés en 2.2. Les diverses activités possibles sur la côte sont toutes affectées par la perte de surface terrestre, que ce soit par érosion ou par submersion et inondation. Enfin, les mesures d'adaptation qui sont utilisées pour ces enjeux devraient viser la stabilisation ou la protection de la côte. Du point de vue de l'atténuation des changements climatiques, ils devraient aussi favoriser la préservation de milieux naturels et de zones tampons.

Les enjeux associés au vieillissement de la population sont ceux d'importance sociale, dont la sécurité et la qualité des infrastructures (Tableau 2.2). La capacité de résilience et les possibilités d'intervention de la population vieillissante sont peu étudiées dans la région. La réduction de la proportion de population active risque aussi de réduire le financement disponible aux régions, d'autant plus que la densité de population dans ces régions est déjà faible, c'est pourquoi certaines infrastructures seront plus à risque. Les solutions d'adaptation apportées aux enjeux liés au vieillissement de la population devraient être

plutôt en amont, au niveau du zonage et des plans d'aménagement par exemple. Du côté de l'atténuation, les activités de la population vieillissante se concentrent plus dans leurs résidences, encore une fois, du travail en amont serait préférable. Des travaux d'éducation, de sensibilisation et des programmes d'économie d'énergie pourraient contribuer à réduire la contribution de la population aux changements climatiques.

Les enjeux associés à l'économie particulière de la région sont variés (Tableau 2.2). La santé économique de certaines régions côtières du Saint-Laurent est très dépendante de l'environnement naturel, tel que la pêche et une industrie du tourisme qui utilise ses milieux naturels et paysages. Ainsi, l'arrivée des changements climatiques pourrait fortement perturber ces activités et par le fait même la viabilité économique des municipalités. Tels qu'observés par Merinov, les pêcheurs travaillent déjà à améliorer leur pratique et démontrent un désir de responsabiliser leurs pratiques. Les mesures d'adaptation en lien avec les enjeux associés à cette vulnérabilité devraient donc viser l'intégrité du milieu naturel et du paysage, la protection des infrastructures et sites de fraie et le respect des contraintes d'écocertification. Selon l'exécution de ces mesures, les efforts d'atténuation seraient plus ou moins soutenus par le fait même.

L'intérêt de travaux et de recherches pour les régions côtières est concentré dans les zones plus densément peuplées, les études et données disponibles couvrent principalement les territoires des plus grandes villes côtières du Golfe. Avec une forte densité de population viennent une forte densité d'infrastructures et une hausse de risques. Les côtes de ces villes sont donc moins laissées à l'état naturel, ce qui contribue à augmenter leur vulnérabilité aux conséquences des changements climatiques. Les côtes laissées naturelles subissent elles aussi l'érosion et les autres processus géophysiques côtiers, mais l'absence d'être humain sur ces terrains diminue le besoin d'intervention, car des vies ne sont pas en jeu et leur capacité de résilience est plus grande. Les études de caractérisation pourraient bénéficier de données portant sur les côtes à l'état naturel supplémentaires pour la région. Ces données permettraient peut-être de développer des solutions d'adaptation en harmonie avec le milieu récepteur et mieux adaptées à la réalité locale.

3. MESURES D'ADAPTATION ET D'ATTÉNUATION EN PLACE

Les efforts d'adaptation aux changements climatiques au Québec sont concentrés dans les grandes villes, telles que Montréal et Trois-Rivières. La densité élevée de la population à ces endroits peut expliquer ce phénomène. Or, malgré leur densité de population plus faible, les régions éloignées et les petites villes sont vulnérables aux changements climatiques (voir Chapitre 2). La réussite de l'implantation d'une mesure d'adaptation dépend principalement de deux facteurs, son ampleur spatiale et sa capacité à être efficace à long terme (Adger *et al.*, 2005). Le chapitre suivant servira à évaluer qualitativement les différentes mesures en place face au changement climatique côtier dans les territoires maritimes du Québec et fera ressortir les différentes places à amélioration et lacunes.

3.1 État de la situation

Au Québec, l'action face aux changements climatiques a débuté avec la signature de la Convention-Cadre sur les changements climatiques, qui s'est déroulée en 1992, par le Canada. Les contraintes de l'époque n'étaient pas les mêmes que celles qui sont en place actuellement, les préoccupations visaient, entre autres, la protection de l'atmosphère par le contrôle des fréons et autres produits de refroidissement dont la présence affecte l'épaisseur de la couche d'ozone atmosphérique (ministère des Ressources naturelles, 1995). Les mesures d'atténuation et d'adaptation qui y sont proposées visaient une gestion plus globale des changements climatiques (ministère des Ressources naturelles, 1995). Le premier plan d'action d'envergure traitant des changements climatiques est paru en 2006 (MDDELCC, 2015d). Ce plan couvrait la période 2006-2012 et fut succédé par le plan actuel, celui traitant de l'horizon 2013-2020 (MDDELCC, 2015d). Ces plans mentionnent à la fois les objectifs d'atténuation et d'adaptation pour les changements climatiques au Québec. Les dépenses de 2013-2014 associées à chacun des deux types d'objectifs sont préférentielles pour les mesures d'atténuation, dont le secteur des transports qui regroupe plus de 70 % des dépenses totales décrites par le plan. L'adaptation aux changements climatiques récoltait un peu plus de 5 % du budget, si l'on considère le budget des municipalités qui l'utiliseront ou non pour l'élaboration de plan d'adaptation (MDDELCC, 2015d).

Les objectifs concernant les zones côtières décrits dans le plan d'action depuis le plan de 2006-2012 visent à améliorer le niveau de connaissance des mesures d'adaptation en milieu côtier sensible à l'érosion. Le soutien des travaux d'Ouranos et l'amélioration générale des connaissances sur les risques pouvant affecter les transports sont les principales avenues préconisées par le plan pour traiter d'adaptation en milieu côtier. Ces objectifs considèrent à la fois les zones côtières nordiques et celles du Saint-Laurent (MDDELCC, 2015d).

Les enjeux associés aux changements climatiques sont énoncés dans la stratégie maritime du Québec. Plusieurs opportunités d'atténuation sont trouvées dans le transport marin et bénéficient de programmes

compris dans le Plan d'action 2013-2020 (Gouvernement du Québec, 2015). La stratégie fait aussi état des écosystèmes marins et des infrastructures portuaires qui sont sensibles aux changements climatiques. Pour les infrastructures portuaires, des investissements dans le secteur des infrastructures permettront d'améliorer la capacité d'adaptation de celles-ci. La stratégie prévoit aussi différents fonds pour assister les municipalités face à l'érosion côtière, qui seront distribués dans le cadre du Plan d'action 2013-2020 (Gouvernement du Québec, 2015). Outre l'aide du Plan d'action, les municipalités côtières peuvent bénéficier de l'aide du ministère de la Sécurité publique pour les problèmes d'envergure associés à l'érosion côtière et aux inondations (Sécurité publique Québec, 2014).

De façon globale, les différents objectifs et solutions concernant les changements climatiques distinguent atténuation et adaptation.

L'adaptation côtière est généralement implantée en catégorisant les besoins d'intervention. Afin de bien choisir la méthode appropriée pour une situation de hausse du niveau des mers, un système de quatre catégories est recommandé : protection, accommodation, retrait et évitement (TAGP, 2013). La catégorie protection concerne la protection des résidents et des infrastructures. Les mesures appliquées sont plutôt techniques et servent à protéger physiquement la côte. L'accommodation est une catégorie visant plutôt à modifier les activités ou les infrastructures afin que celles-ci puissent s'adapter aux changements des conditions. Le retrait concerne les situations où le risque est trop élevé et nécessite le déplacement des individus ou l'arrêt de toutes activités et infrastructures. L'évitement est utilisé pour les zones à risque qui ne sont pas encore occupées. Les mesures associées à cette dernière catégorie sont celles empêchant la construction dans des zones à risques par exemple. (TAGP, 2013)

Dans le milieu côtier, deux grandes catégories de méthodes de protection techniques sont utilisées pour la protection des rives face à l'érosion et à la hausse du niveau des mers, les mesures de type « dure » et de type « douce ». Une méthode dite « dure » est une technique de protection utilisant des structures solides (tels que les murs ou les digues) construites par l'humain. Très solides, les mesures « dures » tendent à protéger la zone où elles sont implantées au détriment des côtes voisines et du rivage où elles se trouvent (Nicholls, Cooper et Townend, 2007). Une mesure « douce » quant à elle, utilise les processus naturels de la côte. Des exemples de méthodes « douces » seraient l'ensablement et la végétalisation. Étant donné le faible impact environnemental des mesures douces, celles-ci permettent de maintenir l'aspect naturel des côtes (Linham et Nicholls, 2010). De nos jours, des méthodes hybrides sont aussi utilisées combinant la solidité des mesures dures et le faible impact environnemental des méthodes douces.

À ce jour, les décisions d'adaptation en zones côtières au Québec sont prises en fonction de plusieurs facteurs, dont le coût et la disponibilité des technologies et les enjeux sociaux économiques et environnementaux associés (Ouranos, 2010). Plusieurs guides de démarrage sont disponibles pour les

municipalités québécoises. Parmi ces outils disponibles se trouvent le guide d'Ouranos et la « trousse pour la planification de la résilience communautaire développée au sein de l'Alliance de recherche université communautés sur les défis des communautés côtières de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent à l'heure des changements climatiques » (ARUC-DCC) (tous deux utilisés par la municipalité de la Côte-Nord de Rivière-Au-Tonnerre, présentée plus bas). (Beaulieu et Santos Silvia, 2014)

Lorsque les risques associés à la météorologie locale pour les activités nautiques sont menaçants pour la population, un système d'alertes maritimes et météorologiques est en place. Ce dernier sert à assurer que l'information est transmise aux principaux concernés. Ces informations concernent les vents, le verglas et la visibilité, entre autres (Environnement et Changement Climatique Canada, 2015b). L'alerte ouragans est un autre outil permettant de réduire les risques associés aux événements climatiques extrêmes en territoire maritime.

Du début à la mi-année 2000, des études par Ouranos et l'Université du Québec à Rimouski (UQAR) ont été effectuées afin de mieux déterminer la démarche à suivre pour l'adaptation en zone côtière. Les recommandations sont basées sur des analyses avantages-coûts permises grâce à une concertation entre le milieu régional et municipal. (Ouranos, 2010).

3.1.1 Étude de cas 1

Sur la Côte-Nord, historiquement, les mesures d'adaptation implantées sur la côte étaient principalement construites en urgence, avec peu d'étude et d'évaluation des impacts et une faible connaissance de la dynamique côtière locale. Ainsi, plusieurs structures sont défailtantes et nuisent à la résilience de la côte. (Dubois *et al.*, 2005) Entre 1999 et 2006, la région administrative effectua une évaluation de ses côtes et du niveau d'érosion qui y est associé. De ce fait, les données cartographiques de la région sont très détaillées et peuvent-être utilisées pour la planification et les aménagements futurs. (Dubois *et al.*, 2005) À Sept-Îles, par exemple, les résidences sont majoritairement protégées par enrochement. L'érosion côtière de cette région y est intensifiée par les tempêtes. (Bernachez *et al.*, 2008). La relocalisation est utilisée sur la Côte-Nord, principalement pour les infrastructures routières qui perdent du terrain face au Golfe (Regroupement national des conseils régionaux de l'environnement [RNCRE], s.d.). Elle a aussi été utilisée dans les années 1970, lorsque la ville de Moisie, alors située sur une flèche littorale, a dû être déplacée à cause de l'importance du risque d'inondation et d'érosion. (Dubois *et al.*, 2005)

La première étude de cas présente la situation de Rivière-au-Tonnerre, une municipalité de 276 habitants sur la Côte-Nord (ministère des Affaires municipales et occupation du territoire [MAMOT], 2010). Rivière-au-Tonnerre est sensible, notamment, à l'érosion et à la submersion associées aux changements climatiques. À l'aide de l'Alliance de recherche universités-communautés et du soutien financier du Conseil de recherche en sciences humaines du Canada, qui accompagne l'alliance, la municipalité élabore

en 2013 un plan d'action pour l'adaptation des changements climatiques (2014). Développée par une approche participative et évolutive, l'opinion des citoyens est prise en compte lors de l'élaboration de ce plan d'action (Beaulieu et Santos Silvia, 2014).

Les principaux enjeux identifiés par les citoyens participants aux consultations associées au plan sont la viabilité du tourisme, de la pêche et la mise en valeur de la nature et de la culture (dont les paysages). Les croisières vers l'île d'Anticosti sont possibles dans la région. La qualité de l'environnement local est aussi importante et se reflète dans les choix économiques de la ville (Beaulieu et Santos Silvia, 2014).

En ce moment, afin de maintenir les activités malgré les aléas climatiques d'un point de vue touristique, un système d'itinéraires flexibles des transports et un ajout d'opportunités d'hébergement (camping) à même la municipalité sont en place. L'implantation d'un tourisme respectueux de l'environnement dans la région est une des priorités du plan. La municipalité mise aussi sur son réseau de transport vers l'île d'Anticosti. Les infrastructures portuaires sont gérées par Pêches et Océans Canada. Les efforts de protection ne dépendent donc pas de la municipalité (Beaulieu et Santos Silvia, 2014).

Pour ce qui est de la qualité de l'environnement, la municipalité se concentre principalement sur l'utilisation durable des ressources naturelles. De plus, des programmes sont en place pour maintenir l'intégrité du paysage, la végétalisation des berges et la conservation de la végétation dunaire sont des outils ressortis par la municipalité pour arriver à ces fins (Beaulieu et Santos Silvia, 2014).

Un zonage particulier restreignant les nouvelles constructions dans les zones à risques permet de mieux prévenir les aléas menaçant les résidences. De plus, des ententes faites avec la MRC ont permis à la municipalité de prévoir des nouvelles zones où établir des sinistrés, s'il devenait nécessaire de déplacer une partie de la population, l'école serait aussi disponible comme site d'hébergement. La sécurité de la population devrait être prochainement appuyée par un plan de sécurité civile, en phase de développement (Beaulieu et Santos Silvia, 2014). Les zones les plus à risque d'érosion sont enrochées, alors que certaines sont végétalisées, tel que pour les dunes (Comité ZIP Côte-Nord du Golfe, 2014). De façon systématique, les mesures d'adaptation face à l'érosion sont implantées préférentiellement dans les zones où se trouvent des infrastructures ou résidences à risques. Les milieux naturels sont laissés à leur état naturel (Comité ZIP Côte-Nord du Golfe, 2014),

Les infrastructures routières sont actuellement protégées par des enrochements à certains endroits, tel est le cas de la 138 (Bernatchez *et al.*, 2012). Ces mesures ont été implantées par le ministère des Transports du Québec. Le plan d'action reconnaît cependant que la trajectoire pourrait avoir à être modifiée. Le rapport montre un intérêt particulier à la 138, car celle-ci est la seule route permettant de traverser la municipalité le long du Golfe (Beaulieu et Santos Silvia, 2014).

Le plan d'action de Rivière-au-Tonnerre décrit aussi de façon claire les secteurs hors de son autorité et leur importance dans l'effort de préparation aux changements climatiques.

3.1.2 Étude de cas 2

En Gaspésie les stratégies préconisées sont : l'utilisation d'épis, l'enrochement et les murs de protection (de compositions variées) (Morneau *et al.*, 2001; Bernatchez *et al.*, 2008). Les principaux facteurs guidant ces choix sont d'ordre économique (Morneau *et al.*, 2001; Ville de Percé, 2014). Pour les infrastructures publiques et les projets d'envergure, les plans doivent passer par le processus d'études d'impacts. À Maria, par exemple, suite à l'étude d'impacts, le choix final de protection pour la route 132 était le mur de protection (Morneau *et al.*, 2001). Les différentes MRC sont responsables de la caractérisation de leurs côtes, afin de déterminer les zones anthropisées, les zones sensibles à l'érosion et les milieux protégés.

La solution trouvée dans le rapport de conception pour la reconstruction du mur de soutènement et de la promenade de Percé dans l'anse du Sud et pour la protection des berges dans l'anse du Nord (2014) propose un enrochement et de la recharge de plage. Or, comparativement à la panoplie de mesures d'adaptation s'offrant aux milieux côtiers (dont certains seront décrits au Chapitre 4), cette mesure semble simple et peu optimale sur le long terme. En effet, la recharge de sable est une méthode qui doit être répétée à plusieurs reprises au fil des années. Du côté de l'enrochement, cette méthode, lorsqu'implantée dans une zone fortement anthropisée peut accentuer l'effet d'érosion en aval et sur les côtes voisines (Samat, 2007; Linham et Nicholls, 2010). Ce phénomène s'explique par le manque de lieux propice à l'absorption de l'eau et des sédiments. Comme démontré dans l'étude de cas de Sainte-Flavie (présentée plus bas) l'eau doit pouvoir quitter le terrain rapidement pour limiter les dommages (Santos Silva, 2015).

Aussi dans le rapport de la Ville de Percé (2014) d'autres mesures d'adaptation ont été écartées pour cause de coût uniquement. Parmi ces solutions proposées se trouvaient le recul de la berge, le mur de protection, l'implantation d'un brise-lames, la modification du quai et l'utilisation d'épis. Ces méthodes sont toutes de type « dures ». Ceci démontre un certain manque de vision à long terme, car aucune autre méthode « douce » (telle que la recharge de plage) ou combinaison de méthodes n'a été proposée. Cette situation semble dénoncer un manque de connaissances multidisciplinaires dans les efforts de recherches.

3.1.3 Étude de cas 3

La troisième étude de cas est celle de Sainte-Flavie, au Bas-Saint-Laurent. Tel que mentionné au Chapitre 2, la côte de Sainte-Flavie a subi des dommages importants lors d'une grande marée en 2010 (Bernatchez, Marie, Boyer-Villemaire et Drejza., 2012). À l'aide des mêmes partenaires que Rivière-au-Tonnerre, les impacts des changements climatiques côtiers sont étudiés dans la municipalité. Les principaux enjeux considérés ici sont ceux de la sécurité des citoyens, soient les infrastructures résidentielles et les zones à

risques. Les résidents riverains avaient déjà implanté des mesures de protection. De façon non volontaire et dramatique, l'évènement a permis d'évaluer l'efficacité de celles-ci. Les différentes mesures implantées étaient variées, passant des murs de protection à des combinaisons d'enrochement et d'autres méthodes plus douces. Pour les situations où les citoyens avaient utilisé des murs en bois, le mur fut détruit, accompagné par un affaissement du terrain autour de la maison, sans causer de dommages majeurs à cette dernière. Trois types de murs ont été utilisés, soient le mur de gabions, le mur ouvert en bois et le mur de soutènement avec façade en bois. Tous démontrent des résultats semblables, mais le mur ouvert est celui ayant laissé le moins de dommages sur la maison. Il est aussi à noter que les techniques « dures » étaient utilisées pour des maisons peu reculées. De plus, les deux mesures les plus coûteuses étaient des mesures du type « dures ». Enfin, l'utilisation des méthodes de type « dures » uniquement n'assurait pas la protection des infrastructures résidentielles et du terrain foncier (Santos Silva, 2015).

Les méthodes avec les meilleurs résultats utilisaient des méthodes « douces » ou des combinaisons de mesures « dures » et « douces ». Les résidents avec ce genre de mesures d'adaptation n'ont pas perçu d'importants dégâts sur leurs terrains et maisons. Un résident montrant un intérêt particulier pour la conservation du milieu naturel utilisa une méthode « douce »; favorisant la conservation de la bande riveraine naturelle, une clôture a ensuite été implantée à l'arrière de cette limite. Puis, une végétalisation du terrain a été effectuée après la clôture (du côté de la résidence). C'est la méthode montrant les coûts les plus faibles et les meilleurs résultats (Santos Silva, 2015). La protection des infrastructures et du terrain était assurée comme, par le fait même, la sécurité des résidents. Cette méthode est un exemple de combinaison de mesures d'adaptation et d'atténuation des changements climatiques réussi. De façon naturelle, les côtes de l'estuaire du Saint-Laurent réagissent au niveau de la mer. Les végétaux et certaines structures anthropiques favorisent le maintien des sédiments et la réduction de l'érosion. Ce phénomène est inversé lorsque d'autres structures sont en place et pour les plages dépourvues de végétation qui sont sensibles à ce phénomène (Drapeau, 1992). Les autres méthodes utilisaient principalement des combinaisons de mesures dures et douces, soient en utilisant de façon simultanée : enrochement, végétalisation et murs en pierres ou caissons (Santos Silva, 2015). Les résultats de ces différentes mesures étaient variables, mais semblables (Tableau 3.1).

Les mesures techniques de protection des rives utilisées dans cette situation montrent une tendance : ce sont les mesures perméables à l'eau qui sont les plus efficaces pour absorber les vagues et pour accumuler les sédiments. De plus, l'importance de l'homogénéité dans le choix des mesures d'adaptation entre voisins était aussi démontrée dans ce cas-ci. L'aménagement (ou le manque d'aménagement) des terrains adjacents pouvait ainsi influencer le succès de la mesure de protection implantée (Santos Silva, 2015).

Bien que les études de cas présentées traitent en détail de certains enjeux du territoire côtier maritime du Québec, la littérature décrit divers autres exemples de mesures d'atténuation pour les autres enjeux.

Les infrastructures portuaires importantes sont principalement d'ordre fédéral et provincial. Les mesures d'adaptation qui y sont implantées font partie des techniques usuelles de construction portuaires. Les brise-lames et les jetées font partie des structures les plus utilisées (Transport Canada, 2016). À la manière d'un enrochement, le brise-lames est utilisé afin d'amortir l'effet des vagues, mais ne joue aucun rôle sur l'augmentation du niveau des mers (Université de Moncton, 2016). Le quai de Matane, par exemple, possède un brise-lames de 1 kilomètre de long (Transport Canada, 2016). Lorsque l'utilisation d'un quai devient trop dangereuse et qu'une alternative est possible, les autorités ferment le port. (Transport Canada, 2016).

Les travaux assurant la viabilité des milieux marins du Golfe sont possibles sur les activités anthropiques. En effet, une meilleure gestion de la pêche et un suivi de la qualité de l'eau, entre autres, permettent d'assurer de maintenir un milieu en santé. L'estuaire du Saint-Laurent bénéficie déjà d'un système de suivi de sa qualité, basé sur différents indicateurs (Groupe de travail suivi de l'état du Saint-Laurent, 2014). Ensuite, les réseaux d'aires protégées marines peuvent contribuer à la préservation du milieu marin en diminuant les nuisances et les modifications anthropiques apportées au milieu. Les autres enjeux du secteur des pêches sont traités dans la stratégie maritime du Québec (Gouvernement du Québec, 2015) et dans les travaux de Merinov (2015). Afin d'accroître la diversification des prises, différentes mesures de modernisation des techniques sont testées. Cette modernisation des pratiques pourrait simplifier l'atteinte des objectifs d'écocertification. Puis, la gestion durable des ressources halieutiques permet d'exploiter le Golfe du Saint-Laurent en s'assurant de suivre les conditions du milieu, qui risquent d'être modifiées avec les changements climatiques (Gouvernement du Québec, 2015). Des plans de rétablissement des espèces pourraient contribuer au rétablissement des écosystèmes de l'estuaire (Pêches et Océans Canada, 2012). Enfin, la combinaison de ces mesures, en plus d'un suivi plus rigoureux des rendements, permettra d'assurer la viabilité de l'industrie de la pêche des territoires maritimes du Québec (Merinov, 2015).

La biodiversité marine risque d'être fortement affectée par les changements climatiques. Le déplacement des populations, la migration dans la colonne d'eau et les modifications de distribution pourraient influencer les rendements dans le golfe du Saint-Laurent. Sans compter que ces interactions pourraient modifier fortement la chaîne trophique côtière en nuisant aux habitudes alimentaires des oiseaux marins et côtiers, notamment (Roessig, Woodley, Cech et Hansen, 2004; Perry, Low, Ellis et Reynolds, 2005). Des solutions pour assurer les populations de homards ont été proposées, soit l'installation de récifs artificiels pour favoriser le maintien de leur habitat (Merinov, 2016b)

La protection de la biodiversité et des milieux naturels se fait principalement sous forme de protection à l'aide des aires protégées ou du zonage. Le Parc de Forillon, par exemple, englobe une bonne partie du milieu marin et de la côte (Parcs Canada, 2015). Ce parc n'est pas sans son lot de controverses, il a été fondé sur des terres déjà habitées dans les années 60-70, 1 800 propriétés ont été expropriées afin d'implanter le parc qui devait créer des emplois et favoriser l'activité économique dans la région. Encore à ce jour, 45 ans plus tard, l'acceptabilité sociale de l'expropriation des résidents de Forillon n'est pas unanime (Thibault, 2010; Thibault, 2015). Dans ce cas-ci, l'expropriation s'expliquait par le besoin d'utiliser le territoire comme parc national, d'où les contestations.

Dans les territoires côtiers maritimes, l'expropriation est une solution proposée pour assurer la sécurité de la population face aux événements extrêmes et à l'érosion entre autres. Afin d'atteindre l'acceptabilité sociale de telles démarches, du travail en amont de la part des autorités est nécessaire, et ce, même si la sécurité de la population est remise en jeu.

Selon les objectifs gouvernementaux, à l'échelle du Québec, les aires protégées devaient atteindre une surface de 12 % en 2015 (Boisjoly, 2013). Cette proportion est évaluée à 9,32 % en date du 31 mars 2016 (MDDELCC, 2016). De ce bilan, plusieurs aires protégées se trouvent sur la côte du Golfe du Saint-Laurent (Annexe 1, Annexe 2 et Annexe 3). Avec une surface côtière plus importante sur les côtes du Bas-Saint-Laurent et de la Côte-Nord que sur les côtes de la Gaspésie-et-des-Îles-de-la-Madeleine (Boisjoly, 2013). Ces aires protégées ne bénéficient cependant pas du même niveau de protection, certaines permettent donc des activités pouvant tout de même affecter le milieu naturel. Des activités favorisant l'érosion, telle que le VTT, peuvent être effectuées dans certaines de ces zones protégées et empêcher le milieu naturel de protéger des aléas de façon optimale (Boisjoly, 2013; MDDELCC, 2016).

Les enjeux associés au secteur du tourisme sont très semblables à ceux de la protection des milieux naturels et du maintien de la capacité naturelle d'adaptation des côtes, ils sont tous vulnérables aux processus naturels côtiers (Tableau 2.2). En ce sens, les bénéfices à long terme devraient être privilégiés pour la protection du secteur du tourisme (Phillips et Jones, 2006). Les mesures d'adaptation utilisées pour ces différents enjeux peuvent cependant être contradictoires. En effet, tel qu'observé plus haut, le tourisme exige de ces territoires naturels qu'ils soient accessibles à la population. D'abord, contrairement à la recharge de plage et le suivi du milieu, la construction d'infrastructures portuaires ou de site pour accueillir les visiteurs pose des pressions sur le milieu naturel. Dans le même sens, la création d'aires protégées (avec un niveau de protection élevé et très restrictif) peut affecter les activités récréatives possibles sur un territoire. Ensuite, l'utilisation de mesures techniques d'adaptation « dures » pour protéger des infrastructures ou logement touristique dans une zone à risques peut nuire à la composition naturelle de la région et aux processus naturels côtiers.

Les services écosystémiques, dont l'importance reconnue au niveau social et environnemental, sont complexes et difficiles à exprimer en termes économiques et par le fait même à être reconnus par les preneurs de décisions (J. Dupras, conférencier au colloque de l'AMEUS, 26 février 2016). C'est pourquoi ils sont souvent oubliés lors de la prise de décision, surtout pour les décisions qui se veulent viser l'amélioration de l'environnement. Les services écosystémiques sont variés et souvent présents de façon simultanée pour un même écosystème. Par exemple, un écosystème peut servir à la fois au maintien de la biodiversité, à la protection contre les aléas climatiques tels que les forts vents, au traitement des eaux et à la fixation de carbone (Harrisson *et al.*, 2010; J. Dupras, conférencier au colloque de l'AMEUS, 26 février 2016). Ainsi, les mesures d'adaptation ou d'atténuation visant le maintien des écosystèmes favorisent l'atténuation des changements climatiques. Dans le même ordre d'idées, il est important de se préoccuper des différents impacts associés à l'implantation de certaines mesures techniques d'adaptation ou d'atténuation (Harrison *et al.*, 2010). Les mesures en place pour assurer la pérennité des services écosystémiques face aux changements climatiques passent par les aires protégées et le suivi du milieu naturel, telles que le suivi de la qualité de l'estuaire du Saint-Laurent (Groupe de travail suivi de l'état du Saint-Laurent, 2014).

Enfin, l'utilisation du zonage comme mesure d'adaptation aux conséquences des changements climatiques permet de déterminer les possibilités de constructions et d'activités sur une zone déterminée du territoire municipal (Dubois *et al.*, 2005). Ceci peut favoriser la résilience naturelle des côtes en enlevant l'influence anthropique s'y trouvant (voir même en évitant toute activité humaine sur un terrain). De plus, il est possible d'incorporer à même ce dernier les méthodes d'adaptation souhaitées selon certains types de zone côtière, afin de permettre de réduire les zones à risque, éviter les dommages aux résidences et diminuer les pertes de terrains pour les zones habitées (Dubois *et al.*, 2005). En bref, l'utilisation du zonage est disponible pour les municipalités et permet de réagir à plusieurs enjeux du territoire côtier maritime du Québec (Tableau 2.1).

Tableau 3.1 Résumé des différentes mesures d'adaptation en place en réponse aux différents enjeux du territoire maritime du Québec qui le rendent vulnérable au changement climatique côtier et le résultat de ces mesures.

Enjeu	Solutions en place	Résultat
Territoires et paysages viables pour accueillir les visiteurs	Zonage	Contrôle des activités sur une zone déterminée
	Réseau d'aires protégées	Conservation du paysage naturel
	Ensablement	Réduction de la perte de terrain
Infrastructures portuaires fonctionnelles	Enrochement (jetées)	Réduction de l'usure par les vagues Assure le maintien de la vie utile des structures
	Brise-lames	Réduction de l'usure par les vagues Assure le maintien de la vie utile des structures

Tableau 3.1 Résumé des différentes mesures d'adaptation en place en réponse aux différents enjeux du territoire maritime du Québec qui le rendent vulnérable au changement climatique côtier et le résultat de ces mesures. (suite)

Enjeu	Solutions en place	Résultat
Viabilité du milieu marin	Réseau d'aires protégées	Conservation d'une zone marine
	Plan de rétablissement des espèces marines	Favorise le rétablissement des écosystèmes marins
	Suivi de la qualité de l'eau du milieu marin	Permet d'éviter d'ajouter des pressions anthropiques dans des régions à risque
Diversification des prises	Améliorations des techniques	Maintien des connaissances Modernisation
Respect des nouvelles contraintes d'écocertification	Gestion durable des ressources halieutiques	Favorise le maintien de la biodiversité marine du Golfe
	Modernisation des pratiques	Favorise le maintien de la biodiversité marine du Golfe Diminue les coûts pour les pêcheurs
Rendements	Suivi des rendements dans les nouvelles conditions climatiques	Amélioration des connaissances Développer de nouvelles méthodes de pêches et nouvelles avenues dans l'offre de produits
	Suivi de l'estuaire du Saint-Laurent	Adaptation des activités de pêches selon les répartitions de poissons
	Implantation de récifs artificiels	Solution proposée pour maintenir la population de homard
Sécurité des résidences	Mesures techniques « dures »	Destruction partielle variable de 50 % des résidences protégées pour Sainte-Flavie en 2010. Résultats variables : — Destruction superficielle des structures extérieures des résidences — Dommages sérieux à la résidence — Inondation de sous-sol
	Mesures techniques combinées	Résultats variables : — aucune destruction des résidences — dommages superficiels aux structures extérieures à la résidence
	Mesures techniques « douces »	Aucune destruction de la résidence
	Relocalisation	Diminue la présence de résidences dans la zone à risque
Sécurité des infrastructures	Mesures techniques « dures »	Dommages des routes Submersion
	Mesures techniques combinées	Solution proposée par l'étude d'impact (Moreau <i>et al.</i> , 2001)
	Destruction préventive	Solution proposée par l'étude d'impact (Moreau <i>et al.</i> , 2001)
	Relocalisation	Solution proposée par l'étude d'impact (Moreau <i>et al.</i> , 2001)

Tableau 3.1 Résumé des différentes mesures d'adaptation en place en réponse aux différents enjeux du territoire maritime du Québec qui le rendent vulnérable au changement climatique côtier et le résultat de ces mesures. (suite)

Enjeu	Solutions en place	Résultat
Pertes de surface foncières et municipales	Mesures techniques « dures »	Destruction des murs et de certaines résidences à 50 % des surfaces protégées pour Sainte-Flavie en 2010. Structure à reconstruire suite à un événement extrême. Pertes de terrain associées au bris des structures de protection
	Mesures techniques combinées	Quelques pertes de terrain observées (amplifié selon le type de protection des voisins) Structure de protection à reconstruire
	Mesures techniques « douces »	Aucune perte de terrain observée
	Zonage	Pertes de surfaces foncières et municipales non habitées
	Limites de construction	Pertes de surfaces foncières et municipales non habitées
Zones à risques	Plans d'urgences	Diminue la présence de résidents dans la zone à risque
	Systèmes d'alerte	Diminue la présence de résidents dans la zone à risque
	Zonage	Contrôle des constructions sur une zone à risques
	Expropriation	Diminue la présence de résidents dans la zone à risque
	Restrictions de constructions	Contrôle des constructions sur une zone à risques
Maintien de la capacité d'adaptation naturelle des côtes	Zonage	Contrôle des usages sur une aire déterminée
	Réseau d'aires protégées	Conservation d'une aire déterminée
	Ensablement	Réduction de la perte de terrain
Maintien des aires protégées	Législation particulière	Conservation d'une aire déterminée
	Zonage	Contrôle des usages sur une aire déterminée
Maintien des services écosystémiques	Réseau d'aires protégées	Conservation d'une aire déterminée
	Suivi de l'estuaire du Saint-Laurent	Permet d'éviter d'ajouter des pressions anthropiques dans des régions à risque

Au Québec, les efforts d'atténuation sont principalement dirigés vers le secteur des transports (MDDELCC, 2015d). Divers programmes de financement sont disponibles pour les municipalités, les employeurs et les citoyens. Ces programmes sont financés par différents groupes, dont le Fond d'action pour le développement durable (FAQDD) et le Fond vert (FAQDD, 2010).

3.2 Lacunes

Les différentes études de cas et la documentation disponible permettent d'identifier quelques lacunes du système d'implantation de mesures d'adaptation et d'atténuation sur le territoire maritime Québécois qui peuvent expliquer la faible coordination des deux types d'action.

Premièrement, pour le cas de la ville de Sainte-Flavie présenté plus haut, les citoyens n'avaient pas été conseillés dans leur choix de mesure de protection. Ainsi, plusieurs ont observé des dommages variables sur leur terrain et résidence. De plus, le financement des mesures implantées provenait directement des citoyens, ce qui pour certains dictait leur choix final. Un autre aspect observé dans cette étude de cas est les fortes différences entre les aménagements des terrains voisins. Alors que les résidences de certains étaient éloignées du niveau des hautes marées et que leur terrain montrait une pente douce, d'autres résidences moins éloignées montraient une pente abrupte, laissant moins de place aux mesures de protection variées.

Deuxièmement, dans la situation de la promenade de Percé, les documents étudiés montrent des lacunes dans le niveau de connaissances des différentes solutions disponibles. Or, parfois, les solutions nécessaires pour faire face aux différents enjeux sont contradictoires. En tentant de s'occuper d'un enjeu, un autre devient plus vulnérable. Tel que démontré au Chapitre 2, les constructions anthropiques ont beaucoup d'influence sur le reste de la côte et ceci a été étudié et démontré pour la ville de Percé.

Troisièmement, la production du plan d'action pour l'adaptation face aux changements climatiques de Rivière-au-Tonnerre n'aurait peut-être pas pu être permise sans l'aide des deux programmes. La production d'un tel document pour une ville de moins de 300 habitants est trop coûteuse et exige une expertise particulière. Un tel plan d'action permet d'avoir une vision à long terme des enjeux associés au changement climatique côtier et de mieux évaluer comment y réagir. Le plan d'action d'adaptation n'est donc peut-être pas la solution pour des petites municipalités avec peu de moyens. Ces dernières peuvent cependant inclure des solutions d'adaptation dans leur plan d'aménagements.

Quatrièmement, plusieurs limites à l'adaptation aux changements climatiques sont observables dans les territoires maritimes du Québec. Pour le tourisme côtier, l'adaptation dépend des ressources humaines qualifiées et des ressources financières (Grégoire, 2014). Or, avec le vieillissement des populations des territoires maritimes du Québec (détaillé à la section 2.4) la main d'œuvre et les ressources financières sont moins disponibles.

Enfin, toutes les limites mentionnées plus haut, combinées à un faible niveau d'intégration des mesures d'atténuation dans les prises de décisions, nuisent à l'implantation de mesures d'adaptation incluant des aspects d'atténuation des changements climatiques.

3.3. Constats

Le Tableau 3.2 résume les différentes mesures d'adaptation ressorties des études de cas et de la littérature (Tableau 3.1). Ces mesures sont alors comparées qualitativement selon leur « durée de vie » (soit la période temporelle durant laquelle elles contribuent à répondre aux différents enjeux associés au territoire côtier maritime du Québec) et leur potentiel d'atténuation des changements climatiques. La « durée de vie » est évaluée selon deux niveaux, soient « limitée » et « illimitée ». Le niveau « limitée » est attribué à une mesure d'atténuation dont il est possible de comptabiliser la durée de vie utile ou qui nécessite d'être renforcée ou reconstruite après une période de temps prévisible par les technologies actuelles. Les mesures au niveau « illimitée » sont celles pour lesquelles le concept de durée de vie utile n'est pas applicable, étant donné leur caractère législatif, ou à partir desquelles il est possible de produire de nouvelles méthodes d'adaptation. Le potentiel d'atténuation des changements climatiques est évalué sur une base de quatre niveaux soient « fort », « bon », « faible » et « nul ». Le niveau « fort » est utilisé pour les mesures d'adaptation contribuant à l'atténuation sans avoir besoin d'intervention supplémentaire. Ces mesures, de par leur structure ou fonctionnement, favorisent automatiquement l'atténuation. Une mesure d'adaptation avec un potentiel d'atténuation « bon » est une mesure qui peut favoriser l'atténuation avec une combinaison de choix approprié visant l'intégration de l'atténuation des changements climatiques. Le niveau « faible » est attribué à des mesures d'adaptation dont le potentiel d'atténuation est très faible et est permis seulement en conditions particulières non usuelles. Enfin, les mesures d'adaptation dont l'implantation n'est pas compatible avec l'atténuation ou dont l'objectif principal ne joue aucun rôle dans l'augmentation ou la réduction des GES se voient attribuées le niveau de potentiel d'adaptation « nul ».

Tableau 3.2 Comparaison qualitative des différentes mesures d'adaptation aux changements climatiques en zone côtière selon leur durée de vie et leur potentiel d'atténuation des changements climatiques.

Mesure d'adaptation	Durée de vie	Potentiel d'atténuation
Enrochement	Limitée	Faible
Mur de protection	Limitée	Nul*
Zonage, limites de construction, expropriation	Illimitée	Fort
Réseau d'aires protégées	Illimitée	Fort
Mesures techniques « douces »	Limitée**	Fort
Mesures techniques combinées	Limitée**	Bon
Ensablement	Limitée	Faible
Brise-lames	Limitée	Faible
Toutes mesures associées au suivi d'une composante ou de la totalité de l'environnement naturel	Limitée	Bon
Modernisation des pratiques	Illimitée	Bon
Gestion durable des ressources halieutiques	Limitée	Bon
Relocalisation	Illimitée	Nul

Tableau 3.2 Comparaison qualitative des différentes mesures d'adaptation aux changements climatiques en zone côtière selon leur durée de vie et leur potentiel d'atténuation des changements climatiques. (suite)

Mesure d'adaptation	Durée de vie	Potentiel d'atténuation
Destruction préventive	Illimitée	Nul*
Plans d'urgences	Illimitée	Nul
Systèmes d'alerte	Illimitée	Nul
Législation particulière	Illimitée	Bon
Récifs artificiels	Limitée**	Bon

Légende :

*mesure d'adaptation pouvant potentiellement produire plus de GES qu'en capter...

** mesure d'adaptation dont la durée de vie est considérée limitée mais qui peut être illimitée.

Les mesures d'adaptation technique dites « dures » ont été divisées dans le Tableau 3.2 étant donné leurs différences au niveau de l'atténuation. D'abord, beaucoup de problèmes sont associés aux murs de protection : appauvrissement de la plage, effet du reflet des vagues qui brise le paysage à proximité de la structure, besoin de reconstruction, vagues plus fortes à cause de l'appauvrissement du milieu et des modifications pour la direction des vagues (Jolicoeur et O'Carroll, 2007). La technologie et les méthodes d'ingénierie permettent cependant de mieux déterminer la durée de vie utile d'une structure construite. Les murs de protection peuvent être construits à partir de différentes matières. Certains résidents de Sainte-Flavie utilisaient des murs de bois ou des murs de soutien avec assise en béton et remplis de terre. Ces mesures se sont majoritairement avérées utiles, jusqu'à la destruction partielle ou totale de la structure suite à l'évènement de 2010 (Santos Silva, 2015). Les murs de protection montrent donc une durée de vie limitée. La construction de mur de protection peut quant à elle produire des GES, qui ne seront pas compensés durant la vie utile de la structure. Ensuite, pour l'enrochement et les brise-lames, selon la situation et la méthode utilisée, l'enrochement peut nécessiter un rajout de pierres après un certain temps. De plus, l'enrochement contribue à la destruction du milieu avoisinant. Cette méthode peut, selon le cas, s'adapter à sa situation côtière sans intervention humaine, des plantes aquatiques et côtières peuvent aussi y croître selon les conditions après un certain nombre d'années (Santos Silva, 2015). L'enrochement possède donc un potentiel d'adaptation plus élevé que le mur de protection. Ce potentiel est tout de même faible étant donné les procédés associés à l'implantation de telle mesure.

De façon semblable aux forêts, présentées à la section 2.1, les côtes laissées naturelles sont capables de s'adapter au changement climatique. Afin d'imiter ces conditions, des mesures « douces » peuvent être utilisées. L'implantation de méthodes techniques d'adaptation dites « douces » sur les côtes exigent tout de même de l'entretien, parfois plus rigoureux et coûteux que celui utilisé pour les mesures « dures » d'où le caractère limité de « durée de vie » de ces mesures (Linham et Nicholls, 2010). La distinction à faire avec les méthodes « dures » concerne plutôt la vie utile. En effet, pour les méthodes « douces », lorsque l'aménagement est optimal, la technique d'adaptation implantée peut avoir une durée de vie aussi longue

qu'une côte naturelle, tel est le cas pour les récifs artificiels. Ceci peut aussi s'observer pour les méthodes techniques combinées. Ces deux types d'adaptation peuvent cependant être plus complexes à installer que les méthodes dures. Une situation où la végétalisation est préconisée par exemple nécessite une bonne connaissance du domaine climatique et des plantes indigènes à la région, afin d'éviter l'introduction d'espèces envahissantes qui pourraient affecter l'écosystème environnant.

Certaines méthodes réglementaires peuvent être utilisées à une échelle locale (au niveau de la MRC ou de la municipalité) pour se préparer aux changements climatiques. Ceci peut passer par des travaux sur l'aménagement du territoire (Bernatchez *et al.*, 2012). En effet, le plan d'aménagement, le zonage, les limites de constructions et d'utilisations de bâtiments, le plan de sécurité civile et, jusqu'à un certain point, les aires protégées (sous forme de parc par exemple) font partie de la gouvernance municipale. D'autres législations effectuées au niveau provincial et fédéral peuvent affecter ces secteurs et simplifier les tâches au niveau municipal. Une fois passée, une réglementation peut demeurer en vigueur très longtemps, d'où l'impact à long terme de telles mesures. (*Loi compétences municipales, Loi sur l'aménagement et l'urbanisme*) La capacité d'atténuation associée à la réglementation est forte. Les résultats de la réglementation ou le zonage peuvent favoriser le maintien de milieux naturels et contribuer à conserver les capacités de résiliences des côtes. De plus, la réglementation peut affecter les activités pratiquées sur un terrain donné. Une mesure réduisant le nombre de véhicules passant à un endroit précis peut contribuer à diminuer les apports de GES locaux. Dans le même sens, une réglementation visant l'abolition d'une activité industrielle particulière sur la côte peut réduire la production de GES et les risques pour l'environnement. À l'inverse, la réglementation peut aussi n'avoir aucun effet sur le potentiel d'atténuation. Un plan d'urgence, par exemple, n'implique pas d'actions réduisant la production de GES. La relocalisation et la démolition préventives afin d'assurer la sécurité des citoyens peuvent de leur côté produire des GES. Différentes difficultés peuvent être associées à la réglementation telles que l'acceptabilité sociale et le manque de surveillance. Puis, telle qu'étudiée par Drejza (Drejza, Bernatchez et Dugas, 2011), la réglementation comme mesure unique risque de montrer un faible taux de réussite dans une situation où la municipalité souhaite diminuer le nombre d'infrastructures à risques.

Les études sur le terrain s'entendent sur une chose : la vulnérabilité des communautés (surtout associée à l'enjeu de la sécurité de la population) ne peut pas être réglée à l'aide d'une méthode unique. C'est la combinaison de différentes méthodes qui fonctionne (Drejza *et al.*, 2011). Là est peut-être le problème des territoires maritimes du Québec, car ce type d'efforts exige une multidisciplinarité permise à l'aide de différents experts. De plus, ces derniers se retrouvent en plus grande concentration dans les grandes villes ou les villes universitaires, ils ne connaissent donc pas la réalité des régions maritimes.

Les mesures d'adaptation associées aux connaissances du milieu naturel, telles que le suivi des composantes de l'environnement naturel, permettent de maintenir les capacités naturelles du milieu et de préserver les services écosystémiques. Ces mesures peuvent cependant parfois être limitées. Par exemple, le suivi de l'estuaire du Saint-Laurent (Groupe de travail suivi de l'état du Saint-Laurent, 2014) effectué selon le Plan d'action Saint-Laurent 2011-2026 se termine en 2026. Les efforts de caractérisation ne se poursuivront pas nécessairement après la période couverte par le plan. C'est pourquoi ces mesures sont considérées comme « limitées » dans le temps. De plus, selon les actions découlant de ces efforts, l'atténuation pourrait ou non être favorisée, selon l'efficacité des décisions et réponses. Dans le même ordre d'idées, la gestion durable des ressources halieutiques pourrait s'avérer positive pour l'atténuation des changements climatiques, dans une situation, par exemple, où le rétablissement de la chaîne trophique est favorable aux populations de phytoplancton fixateur de CO₂.

D'autres mesures d'adaptation s'offrent aux municipalités côtières, celles-ci variant de la gestion intégrée des côtes à l'exploitation d'espèces envahissantes pour les pêches. Ouranos (2010) propose la gestion intégrée des zones côtières. Cette dernière, combinée à une vision à long terme pourrait être efficace dans les petites municipalités ou territoires tels que les Îles-de-la-Madeleine où toutes les activités sont à proximité (Jolicoeur et O'Carroll, 2007).

Pour conclure, les mesures d'adaptation utilisées dans le territoire côtier maritime du Québec possèdent des niveaux de potentiel d'atténuation variés. Cependant, lorsqu'accompagnées d'une prise de décision efficace et intégrée, il serait possible de combiner adaptation et atténuation lors de l'implantation de plusieurs de ces mesures. L'intervention sur des zones où la réaction de type évitement est préconisée est plus simple que celle au niveau de protection. Ce sont les zones où la protection et l'accommodation sont nécessaires, qui requièrent les plus importantes interventions. La situation dans les territoires maritimes du Québec peut être transposable ailleurs au Canada, soient dans les maritimes et dans le Pacifique, mais certaines méthodes de réaction aux changements climatiques sont différentes.

4. ÉTAT DE LA SITUATION À L'EXTÉRIEUR DU QUÉBEC ET CONSTATS

Les impacts associés au changement climatique en milieu côtier sont perçus aussi à l'extérieur du Québec. Malgré les différences de climat, de géographie et de vulnérabilités entre le Québec et ces autres régions, certains concepts et leçons d'adaptation et d'atténuation peuvent être transférables à la situation québécoise. Ce chapitre servira à décrire la situation côtière hors Québec et présentera les différentes mesures applicables ou non sur les côtes de la province.

4.1 Au Canada

Les côtes canadiennes peuvent être divisées en trois catégories, les côtes du Pacifique, les côtes nordiques et finalement les côtes de l'Atlantique. Les trois catégories sont vulnérables à la hausse du niveau des mers, à un risque plus ou moins élevé selon la côte (Figure 4.1). Outre les différences législatives, qui seront présentées au Chapitre 5, plusieurs facteurs différencient les côtes québécoises de celles retrouvées ailleurs au Canada, ces dernières sont aussi différentes entre elles.

D'abord, l'emplacement géographique joue un rôle dans les pressions exercées sur la région. En effet, les côtes de l'océan Pacifique (situées dans la province de la Colombie-Britannique) sont sujettes au phénomène des rivières atmosphériques, chose que la côte Atlantique ne subit pas. Cette dernière est cependant plus sujette au retrait des côtes que dans le Pacifique (Fédération des municipalités canadiennes, 2009). Ceci peut expliquer les différences entre les niveaux de vulnérabilité illustrés sur la Figure 4.1. Ensuite, le climat historique des différentes côtes canadiennes varie et de ce fait les côtes Nordiques seront affectées

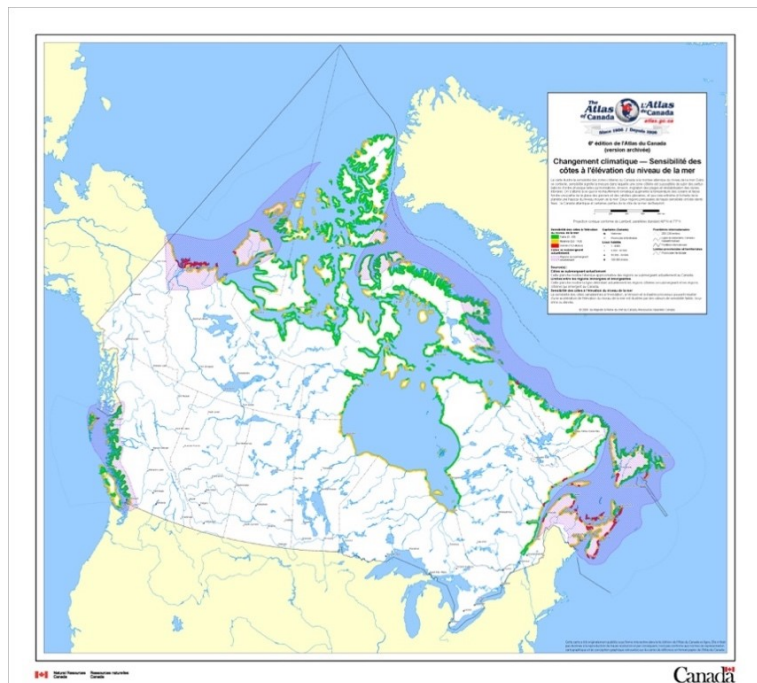


Figure 4.1 Carte de la sensibilité des côtes canadiennes à l'élévation du niveau de la mer. (Ressources Naturelles Canada, 2009)

différemment par les modifications de température. Un guide est disponible pour les gouvernements municipaux canadiens en ce qui a trait à l'adaptation aux changements climatiques. Plusieurs ressources et outils y sont présentés en plus de descriptions d'activités d'adaptation implantées dans d'autres régions.

Pour l'instant, cette ressource est plutôt adaptée aux grandes municipalités (Fédération des municipalités canadiennes, 2009).

4.1.1 Côte Pacifique

La seule province où se situent des côtes du côté de l'océan Pacifique est la Colombie-Britannique. Or, l'océan pacifique supporte des phénomènes différents de la réalité de l'est (présentée au Chapitre 2). En effet, des phénomènes tels qu'*El Niño* et *La Niña* contribuent déjà à la forte variabilité du climat de la région (Tinis, 2015). Les conséquences de ces phénomènes cycliques sont perçues davantage dans les régions pacifiques et centrales qu'en Atlantique (Environnement et changements climatiques Canada, 2015c). À ceux-ci s'ajoutent aussi les phénomènes de rivières atmosphériques, qui peuvent causer de fortes précipitations sur une région donnée et favoriser l'inondation de villes côtières. En plus des difficultés déjà associées à ces phénomènes dans la gestion du risque à l'échelle locale, les connaissances sur les rivières atmosphériques qui sont nécessaires pour mieux prédire l'impact des changements climatiques sur celles-ci ne sont pas encore suffisantes (Ralph et Dettinger, 2011).

La côte Pacifique est aussi sujette à différentes pressions sur ses territoires marins et terrestres. En effet, l'activité humaine affecte la zone côtière pacifique canadienne sur tout le plateau continental (Ban, Alidina et Ardron, 2010). Ces activités exercent différentes pressions sur la côte, même en ne considérant pas les phénomènes climatiques et cycliques de la région. Les principaux secteurs où l'activité humaine entraîne des impacts affectant le milieu sont la pêche commerciale, les activités pratiquées sur la terre côtière et le transport marin (Ban *et al.*, 2010). L'utilisation anthropique du territoire peut aussi nuire à la faune marine et benthique, à cause de la modification de l'habitat. Parmi les espèces les plus à risques dans cette région se retrouve l'épaulard (*Orcinus orca*), dont l'habitat est menacé par le cumul des différentes activités humaines sur leur milieu (Ban *et al.*, 2010). Parmi les autres espèces marines présentes sur le plateau continental, les espèces pêchées aussi présentent un haut risque. En effet, ces dernières, en plus des pressions de pêches et naturelles, doivent faire face aux différentes activités humaines dans le milieu. Ainsi, l'augmentation des changements climatiques pourrait amplifier les contraintes auxquelles font face ces populations et affecter le secteur économique de la pêche dans la région (Okey Alidina, Montenegro, Lo et Jessen, 2012). Les impacts associés au changement climatique dans la zone côtière du Pacifique pourraient aussi venir affecter les cycles de vies de la faune aquatique et donc déséquilibrer la biodiversité de la région (Okey *et al.*, 2012).

Pour ce qui est de la hausse du niveau des mers, la position de la Colombie-Britannique sur les plaques tectoniques diminue ses risques. En effet, à l'opposée de l'Atlantique qui est très vulnérable à la hausse du niveau des mers à cause de l'affaissement de la croûte terrestre, la situation du côté pacifique est moins menaçante. Les prévisions de hausse du niveau des mers dans la région sont inférieures à 1 mètre, voir

même négatives pour certaines régions et la vulnérabilité de la côte qui y est associée est généralement faible pour la région (Figure 4.1) (TAGP., 2013). Par contre, même une légère hausse pourrait avoir de grandes conséquences, dans le cas de l'intensité des ondes de tempêtes, par exemple, qui étaient historiquement associées à *El Niño*, mais sont aujourd'hui aussi liées à la hauteur plus élevée des marées. (Tinis, 2015).

Face à ces différentes menaces, la province de la Colombie-Britannique possède différentes ressources de prévention et de solutions d'urgence pour répondre à ces phénomènes naturels. Plusieurs partenariats, dont un avec la ville de Seattle, aux États-Unis, permettent à la province de développer et d'implanter des mesures d'adaptation et d'atténuation pour sa côte.

Parmi ces mesures se trouve le projet *Green Shores* du *Stewardship Centre for BC*. Le projet, applicable sous forme de certification notamment, vise à assurer l'utilisation et le développement des rives de façon durable, voir même l'amélioration des habitats. Il cible principalement les propriétaires fonciers et les municipalités. *Green Shores* offre une plateforme d'éducation, des ressources techniques, des guides et différents rapports et études de cas. Les principes de base d'adaptation aux changements climatiques y sont légèrement modifiés et forment quatre catégories : préserver, maintenir, prévenir et éviter. Ces derniers sont axés vers la conservation des écosystèmes locaux et favorisent par le fait même l'atténuation des changements climatiques (Stewardship Centre of British Columbia, s.d.). Les mesures d'atténuation favorisées par ce programme évitent les méthodes de renforcement par mur ou autre structure pouvant affecter le milieu, les digues et l'enrochement peuvent cependant être utilisés selon les cas. Des travaux sont en cours d'élaboration pour la création d'une formation et certification de professionnels d'implantation de *Green Shores* sur les côtes en partenariat avec deux universités de la Colombie-Britannique. La formation devrait être développée dans les prochaines années et devenir accessible aux professionnels tels que les ingénieurs et biologistes (Stewardship Centre of British Columbia, sous presse).

De plus, la province de la Colombie-Britannique a participé au développement du *Sea Level Rise adaptation primer* afin de répondre à un besoin plus large pour les enjeux des côtes associés à la hausse du niveau des mers. Cet outil, destiné aux autorités locales, fournit les lignes directrices en adaptation au changement climatique dans le sud du Canada et permet de comparer la situation d'une région à l'autre. (TAGP, 2013).

Puis, beaucoup de programmes d'alertes et de prévention sont en place dans la province, tels que le guide des ondes de tempêtes, renouvelé annuellement. Ce document donne les dates où les marées sont élevées et où le risque d'ondes de tempêtes est plus grand pour les régions de Victoria et Point Atkinson, deux sites où des records de hauteur de marées ont été dépassés (Tinis, 2015). Cependant, ce document semble présenter quelques lacunes : il ne considère pas l'influence des changements climatiques sur les

phénomènes d'ondes de tempêtes et limite sa vision aux phénomènes de *El Niño* et d'oscillation décennale du Pacifique pour prévoir et publier ces dates.

Enfin, en réponse aux changements climatiques, la ville de Vancouver a préparé un plan d'adaptation (City of Vancouver, s.d.). Celui-ci contient différentes stratégies et objectifs afin de répondre aux impacts des changements climatiques. Six catégories d'actions ressortent de cette démarche : les précipitations, la hausse du niveau des mers, l'augmentation des ondes de tempêtes et des phénomènes météorologiques extrêmes, les changements globaux et la capacité adaptative des organisations (City of Vancouver, s.d.). Le plan bénéficie donc d'objectifs et d'actions très détaillées et reliées. L'information disponible au public comprend aussi la provenance prévue des fonds nécessaires, l'ordre de priorisation, l'échéance, l'instance gouvernementale responsable de l'implantation et le niveau d'effort prévu pour chacune des actions. Parmi les nombreuses actions proposées, certaines particulièrement originales pourraient être intéressantes dans un contexte extérieur à la Colombie-Britannique. Parmi celles-ci se retrouvent : la création d'une compétition permettant de faire ressortir des mesures d'adaptation associées à la hausse du niveau des mers; l'ajout de politiques de prévention des inondations; la gestion adaptative des sites actuellement à découvert le long de la côte de Vancouver et étudier leur réponse à la hausse du niveau des mers (City of Vancouver, s.d.). À partir de l'implantation des actions décrites dans le plan, d'autres documents associés sont créés et rendus disponibles tels que le rapport produit sur l'évaluation des risques d'inondations de la ville (City of Vancouver, s.d.). Ce plan est important pour les activités économiques de la région, car il concerne notamment le port de Vancouver. La région de Vancouver répond ainsi à ses besoins en adaptation aux changements climatiques.

Pour ce qui est de l'atténuation, tout comme dans les autres provinces canadiennes, la Colombie-Britannique a un plan d'action définissant des cibles de réduction de GES dans les grands secteurs de la région. Les projets tels que le *Greening Shorelines* permettent aussi d'intégrer les efforts d'atténuation dans les mesures d'adaptation côtières. La protection des écosystèmes est aussi une importante forme d'atténuation, en effet, du point de vue biologique les experts considèrent qu'un bon point de départ est de faire une évaluation des espèces et des taxons présents dans un milieu donné, afin de bien déterminer quels facteurs sociaux et économiques seront les plus vulnérables aux changements climatiques. (Okey, Alidina, Lo et Jessen, 2014) En ce sens, un système d'indicateurs faisant le suivi des communautés biologiques et de la structure écologique du milieu est implanté pour les écosystèmes marins du Pacifique Canadien. Ceci permet par le fait même d'assurer la viabilité des espèces côtières (Okey *et al.*, 2014).

4.1.2 Côte Atlantique

La côte Atlantique est partagée entre quatre provinces soient le Nouveau-Brunswick, l'Île-du-Prince-Édouard, la Nouvelle-Écosse et Terre-Neuve-et-Labrador. Le territoire côtier est plus vaste que du côté

pacifique et est exploité par l'être humain depuis plus longtemps. Les enjeux associés aux régions côtières sont donc partagés par les différentes provinces dites de l'Atlantique, mais peuvent varier d'une province à l'autre selon l'importance des différents phénomènes sur les territoires. Les problèmes rencontrés sont semblables à ceux de la situation au Québec maritime soient les phénomènes d'érosion, de modification du couvert de neige, de modification des ondes de tempêtes et de la hausse du niveau des mers.

Nouveau-Brunswick

Le Nouveau-Brunswick commence déjà à percevoir les impacts des changements climatiques. Des changements sont déjà visibles au niveau des précipitations, du taux d'érosion, des températures moyennes et de la hausse du niveau des mers. La hausse des températures pourrait être favorable à l'achalandage des touristes, étant donnée la saison estivale prolongée. Cependant, l'érosion et la hausse du niveau des mers pourraient contribuer à la perte de territoires pouvant servir au tourisme et à la perte d'écosystèmes importants du Nouveau-Brunswick, en plus de pertes importantes en infrastructures et industries. En effet, une augmentation du niveau des eaux de près d'un mètre d'ici la fin du siècle est prévue pour la région (New Brunswick Climate Change Secretariat, 2014).

Au Nouveau-Brunswick, la gestion des zones côtières est effectuée grâce à une politique de protection des zones côtières datant de 2002. Cette politique est utilisée dans pratiquement toutes les municipalités de la province (TAGP, 2013). Cette province atlantique possède aussi un plan d'action face aux changements climatiques, qui a été mis à jour en 2014. Ce document a pour but de préparer la province aux impacts des changements climatiques et s'assurer de sa résilience (New Brunswick Climate Change Secretariat, 2014). D'abord, les quatre objectifs présentés sont l'augmentation de la résilience de la province, la réduction des GES, démontrer un certain *leadership* et effectuer un suivi de la situation et des actions (New Brunswick Climate Change Secretariat, 2014). Tous ces objectifs permettraient de favoriser l'inclusion du concept d'adaptation dans les processus décisionnels quotidiens. Ensuite, l'objectif du plan d'action face à l'atténuation est de favoriser la croissance tout en réduisant les émissions de GES. La province a réussi à atteindre les objectifs qu'elle s'était fixés dans le plan d'action précédent, ce qui a permis de valider ses modes d'action (New Brunswick Climate Change Secretariat, 2014). Le plan présente cependant quelques places à l'amélioration. Premièrement, les échéances, coûts, responsabilités ne sont pas présentés. Deuxièmement, pour ce qui est de l'adaptation, les actions proposées semblent être encore à l'étape de prise de données et non en fin de processus tels que des changements de politiques ou zonage.

Île-du-Prince-Édouard

La plus petite province du Canada, l'Île-du-Prince-Édouard, est très vulnérable aux enjeux côtiers. En effet, une grande partie des côtes de cette province complètement insulaire est vulnérable à la hausse du niveau des mers (carte 4.1) (TAGP, 2013; *Department of Environment, Energy and Forestry*, s.d.;

Department of Communities, Land and Environment, 2015). La répartition des résidences et infrastructures nuit à la capacité d'adaptation de la province. Dans le sud, les risques sont principalement associés aux ondes de tempêtes et à la hausse du niveau des mers. D'abord, la ville de Charlottetown, par exemple, une grande ville où se retrouvent plusieurs activités économiques et sites patrimoniaux est à risque élevé d'inondations et de fortes tempêtes. La ville de Charlottetown est aussi un pôle touristique de la région (McCulloch, Forbes, Shaw et le Climate Change Action Fund A041 Scientific Team, 2002). Au Nord, un des principaux risques auquel la population doit faire face est l'érosion. La partie nord de l'île représente ici toute la section qui fait face au golfe du Saint-Laurent, elle est donc sujette à la hausse du niveau des mers, à la diminution du couvert de glace et à la force des vagues qui favorisent l'érosion. Les plus importantes pertes de terrains se trouvent dans cette région (McCulloch *et al.*, 2002).

Les principaux impacts prévus pour l'Île-du-Prince-Édouard face à une hausse du niveau des mers, l'augmentation des ondes de tempêtes et des vents, la diminution du couvert de glace du Golfe et la modification de la géologie côtière sont d'ordre socioéconomique. (McCulloch *et al.*, 2002) Les conséquences de ces différents événements pourraient coûter cher à la population et la province, notamment en coût de bris d'infrastructure et de résidences, de perte de services essentiels et des risques pour certaines unités hospitalières (McCulloch *et al.*, 2002).

Face à ces constats, la province s'est outillée en matière de hausse du niveau des mers et d'érosion. Une action importante effectuée dans la plus petite province canadienne est la prise de données côtières. La production d'un rapport (Davies, 2011) détaillant toutes les côtes de l'Île-du-Prince-Édouard est un outil solide et rigoureux qui permet de bien connaître les régions à risque d'érosion ou de hausse du niveau des mers. Le rapport comporte aussi les composantes géophysiques des différentes côtes facilitant donc les travaux de prévention et de représentation graphiques de scénarios. Les prochaines étapes seraient la production de cartes de prévision d'inondations (à l'aide de données de type LIDAR, par exemple) et l'implantation de différentes mesures d'adaptation. Étant donnée la complexité des côtes de l'Île-du-Prince-Édouard, il serait préférable de mélanger les différentes options d'adaptation. Surtout dans une situation où il y a plusieurs échelles variées qui peuvent intervenir. Il est parfois préférable d'agir localement avec l'aide et la participation des parties prenantes présentes (McCulloch *et al.*, 2002). Un suivi et une évaluation continus des cartes, des données et des mesures seraient aussi importants dans cette région, afin de pouvoir facilement ajuster le tir lorsque le changement climatique s'avère moins prévisible. (McCulloch *et al.*, 2002)

Pour ce qui est de l'atténuation, l'activité de l'Île-du-Prince-Édouard n'est pas très significative vis-à-vis de la production de GES du Canada. La province fait cependant des efforts de réduction d'émissions, par

les choix énergétiques appropriés notamment et par la création de puits de carbones (Department of Environment, Energy and Forestry, s.d.).

Nouvelle-Écosse

La Nouvelle-Écosse de par ses composantes physiques est particulièrement propice au retrait des côtes face à la hausse naturelle du niveau des mers ; différents échantillons de sols prélevés le long de la côte témoignent de ce phénomène. (Orford, Carter, Jennings et Hinton, 1995) Ainsi, même sans l'arrivée des changements climatiques d'origine anthropique, la hausse du niveau des mers dicte les pratiques côtières de la Nouvelle-Écosse. Des travaux et de la recherche en ce sens sont effectués depuis longtemps. En effet, la hausse du niveau des mers est mesurable dans cette région depuis la construction du fort de Louisbourg, dont les murs de protection qui ont été reconstruits à plusieurs reprises servent de témoins (Grant, 1970). La géologie particulière des plages et des récifs sont probablement dûs au retrait des glaciers et à la hausse prononcée du niveau des mers lors de l'Holocène (Shaw, Taylor et Forbes., 1993). Les menaces auxquelles la province doit faire face sont semblables à celles des autres provinces atlantiques mentionnées précédemment (Province of Nova Scotia, 2014). Le principal facteur nuisant à la réussite des programmes et à la protection des côtes dans cette région est la variété de lois et règlements associés à ces côtes (de juridictions fédérales, provinciales, municipales et même internationales) (TAGP, 2013).

Les milieux humides de la Nouvelle-Écosse fournissent des services écologiques estimés à 7.9 milliards de dollars par année, ceci incluant les marais salants. Ces derniers favorisent le contrôle de l'érosion et des inondations et améliorent la protection des structures face aux ondes de tempêtes. Les changements climatiques et l'étalement urbain favorisent la disparition des marais salants de la région (Graham et Musselman, s.d.). Cet impact est important et étudié dans la région, les marais salants de la Nouvelle-Écosse auraient disparu à 65 % de leurs effectifs d'origine, pour causes à la fois naturelles et anthropiques (Graham et Musselman, s.d.). Ceci contribue à la nécessité de favoriser les mesures d'adaptation naturelles sur les côtes de la province. Ainsi, des projets tels que *Living Shorelines* font leur apparition dans la province. Encore à l'étape d'étude, la méthode de renforcement des berges *Living Shorelines* est une adaptation à la situation canadienne-atlantique d'une méthode provenant des États-Unis. Cette mesure favorise l'utilisation de structures naturelles et de végétalisation des berges afin de leur redonner leurs attributs de zone tampon (Ecology Action Centre [EAC], s.d.; EAC, 2014).

Devant le problème des zones côtières et leur besoin de gestion, le gouvernement de la Nouvelle-Écosse a créé le *Provincial Oceans Network* (PON). Le PON, à l'intérieur du département des pêches et des aquacultures, permet de traiter des problématiques du secteur côtier notamment. (CBCL Limited, 2009; TAGP, 2013). À cette fin, le PON a donc défini plusieurs secteurs d'interventions prioritaires dont : le

développement urbain sur les côtes, l'accès public aux côtes, la hausse du niveau des mers et des ondes de tempêtes, puis les écosystèmes et habitats côtiers. Ces secteurs d'interventions ont ensuite été présentés au public, soient les citoyens et parties prenantes de la région. Suite à ces consultations publiques tenues en 2011, la province devrait produire sa *Sustainable Coastal Development Strategy* (traduction libre : Stratégie pour le développement durable des côtes). (CBCL Limited, 2009) Entre temps, le rapport *State Of Nova Scotia Coast* décrit tous les efforts de la Nouvelle-Écosse et correspond à l'outil de référence pour ce qui est de l'adaptation aux changements climatiques (TAGP, 2013).

Terre-Neuve-et-Labrador

Cette dernière province atlantique possède un climat varié, ses côtes sont à la fois très nordiques et situées à l'intérieur du golfe du Saint-Laurent, cette section traitera principalement de la côte Atlantique. La réglementation en place à Terre-Neuve pour les zones côtières est plus sévère que dans les autres provinces atlantiques. Ainsi, les règlements de constructions interdisent toute construction dans la zone d'inondation de 1 : 100 ans. De ce fait, il y a moins de résidents et de commerces vulnérables à la hausse du niveau des mers (TAGP, 2013). Terre-Neuve-et-Labrador a donc une vulnérabilité moyennement faible pour cet aspect (Tableau 4.1.), les risques sont principalement pour les infrastructures routières qui ont été construites dans la zone 1 : 100 ans (Office of Climate Change and Energy Efficiency, 2013). Cependant, avec la hausse du niveau des mers, les terrains en ce moment non considérés à risque pourraient le devenir. En effet, les zones considérées 1 : 100 ans pourraient devenir des zones d'inondation 1 : 20 ans. (Batterson et Liverman, 2010).

De plus, les autres conséquences des changements climatiques en milieux côtiers peuvent poser problème dans la région. Les inondations associées aux tempêtes et la modification du couvert de glace pourraient fluctuer davantage et venir affecter les côtes (Fédération des municipalités canadiennes, 2009). Le site web de l'*Office of Climate Change and Energy Efficiency* (2013) de la province est une plateforme complète permettant aux résidents et preneurs de décisions de comprendre les enjeux auxquels ils pourraient faire face. Plusieurs pages sont vulgarisées pour un public averti et contiennent des outils d'aide à la décision quant au choix des mesures d'adaptation appropriées (Office of Climate Change and Energy Efficiency, 2013). De plus, pour les municipalités, un guide permettant d'évaluer à quel point une ville est touchée par les changements climatiques est disponible. Le document en soi ne fournit pas de solutions techniques et applicables directement. (CBCL Limited, 2012)

En bref, les provinces atlantiques sont vulnérables à plusieurs conséquences des changements climatiques, dont la hausse du niveau des mers, l'augmentation de l'érosion et des tempêtes plus fortes et plus fréquentes. Afin d'assurer une cohésion et un suivi de l'information d'une province à l'autre, un site web regroupe toute l'information côtière atlantique et se situe à l'adresse « atlanticadaptation.ca » par

l'initiative du gouvernement fédéral. En plus de regrouper l'information importante pour cette région, le site web contient aussi divers outils, sous forme de rapports scientifiques et de données climatiques, et des cartes utiles pour les parties prenantes locales. L'information trouvée sur la plateforme web concerne principalement le Nouveau-Brunswick, la Nouvelle-Écosse, Terre-Neuve-et-Labrador et l'Île-du-Prince-Édouard.

4.1.3 Côte arctique

La situation dans le nord du Canada est très différente de celles présentées précédemment. En effet, les impacts des changements climatiques devraient être plus grands au Nord (Ford et Smit, 2004). Ces impacts sont actuellement observables en Arctique, ils correspondent à des hausses de températures importantes et une augmentation des précipitations et des événements extrêmes (Ford et Smit, 2004; Prowse et Furgal, 2009; Warren et Lemmen, 2014). D'autres changements biophysiques observables incluent la modification du couvert de glace et la répartition du pergélisol (Ford et Smit, 2004). Du côté de la faune, les caribous, par exemple, ne migrent plus à la même période et les ours polaires sont en déclin (Ford et Smit, 2004). Alors que ces impacts affecteront la région Arctique de façon globale et imprévisible, certains enjeux affecteront particulièrement les côtes. Avec la diminution du couvert de glace océanique, une hausse du niveau des mers dans la région pourrait être observée à certains endroits, alors que d'autres verront un retrait du niveau des mers (Warren et Lemmen, 2014).

Du côté humain, les communautés du Grand Nord seront elles aussi vulnérables aux changements climatiques. D'abord, la destruction d'infrastructure pourrait affecter les transports et l'accès à de la nourriture ou des services de santé (Prowse et Furgal, 2009). La fonte du pergélisol et la diminution du couvert de glace pourraient détruire les routes à répétition. De plus, la diminution des saisons des glaces pourrait avoir un impact sur les rendements de chasse de subsistance (Ford et Smit, 2004). En effet, les communautés autochtones nordiques pratiquent la chasse et la pêche pour se nourrir. Or la sécurité alimentaire de ces populations pourrait se retrouver à risque (Prowse et Furgal, 2009). Les méthodes ancestrales de chasse favorisent parfois la consommation de viande crue, cependant, la migration de pathogènes vers le nord pourrait ajouter un risque de contamination pour les consommateurs (Prowse et Furgal, 2009). Enfin, les populations les plus dispersées (loin des grands centres) sont plus vulnérables aux impacts des changements climatiques et leur capacité adaptative est aussi moindre (Ford et Smit, 2004; Prowse et Furgal, 2009)

En bref, la situation de l'Arctique face au changement est complexe et imprévisible, les enjeux sont différents de ceux qui sont présents sur la côte de l'Atlantique ou sur la côte du Pacifique. Les efforts d'adaptation sont donc différents de ceux implantés au sud. Les efforts d'atténuation des changements climatiques globaux sont d'une grande importance pour les communautés nordiques ou insulaires qui

subiront les plus grands impacts. Ces communautés sont moins denses et ont une plus faible capacité d'action, car leurs moyens sont plus restreints que les régions plus peuplées. À des fins de comparaisons, ce rapport utilisera les données concernant le sud du 50^e parallèle Nord du Canada.

4.2 Reste de l'Amérique du Nord

La hausse du niveau des mers aux États-Unis pourrait avoir des effets sur les milieux humides côtiers, de façon similaire à celle du Canada. De plus, en associant hausse du niveau des mers, accroissement de la population et hausse des températures, les risques pour la population augmentent, car la population tend à préférer les régions plus tempérées et au bord de la mer. De plus, les mouvements de populations aux États-Unis favorisent la destruction de milieux humides qui pourraient capter les GES et diminuer les conséquences des changements climatiques. (Najjar *et al.*, 2000). Puis, les pertes de terrain (Najjar *et al.*, 2000) pourraient représenter des pertes de territoires pour les oiseaux migrateurs, qui migrent en été (Galbraith, H. *et al.*, 2002).

Du côté atlantique, notamment entre le New Jersey et la Caroline du Nord, la hausse des GES pourrait amener une augmentation du niveau des mers, des ondes de tempêtes, de la température et des courants dans cette région. En plus de ces modifications, les changements de disponibilité en oxygène dans l'eau pourraient favoriser le déplacement des espèces estuaires. (Najjar *et al.*, 2000). Ensuite, la prolongation de la saison estivale jumelée avec augmentation du nombre d'ouragans pourrait affecter la population de manière à la fois positives et négatives (Najjar *et al.*, 2000). Enfin, les changements climatiques pourraient aussi influencer la pêche commerciale locale.

Les impacts des changements climatiques pourraient affecter le secteur du tourisme aux États-Unis. Dans le Golfe du Mexique, où se trouve la ville de Miami par exemple, les pertes économiques associées à la hausse du niveau des mers et aux arrêts des activités de tourisme lors de tempêtes (et des jours subséquents pour le nettoyage) correspondraient à d'importantes pertes de revenu (Hal et Higham, 2005). Ces pertes seraient tout de même plus élevées que les revenus associés aux journées supplémentaires permises par la prolongation de la saison estivale (Najjar *et al.*, 2000).

Aux États-Unis, les changements climatiques sont traités par des ministères et programmes variés, allant de la NASA au ministère du Transport, les instituts de recherches sont aussi nombreux selon les différents secteurs. Les groupes présentés dans le paragraphe suivant ont des activités liées directement aux changements climatiques en zones côtières.

D'abord, la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) une agence à l'intérieur du ministère du Commerce observe et recherche tout ce qui concerne l'eau océanique et les côtes aux États-Unis. NOAA compte trois objectifs principaux soient : la compréhension et la prévision des changements

climatiques, des océans et des côtes ; le partage de ces connaissances et la conservation des écosystèmes ; puis la saine gestion des écosystèmes côtiers et marins (NOAA, s.d.). À partir de ces objectifs, NOAA permet de financer divers projets d'adaptation au changement climatique en milieu côtier dans le pays (NOAA, s.d.). Parmi ces projets se trouve le *Sea Level Rise and Coastal Flooding Impacts Viewer*, un outil permettant d'observer l'emprise de la hausse du niveau des mers sur les communautés côtières de certains comtés (*United States Environmental Protection Agency* [EPA], 2016a).

Ensuite, la *United States Environmental Protection Agency* [EPA] est responsable de la protection de l'environnement. Cette agence bénéficie de nombreuses ententes et d'une grande capacité de recherche pour tenter de répondre à la problématique des changements climatiques (EPA, 2016b). Différents programmes de conservation découlent des efforts de l'EPA, dont un guide de conservation des récifs de corail et le programme *Climate Ready Estuaries* qui offre aux communautés estuariennes une base d'outils et de guides pour aider à la prise de décision relative à l'adaptation côtière (EPA, 2015).

Malgré les grandes variations géologiques et climatiques entre les deux pays, le Canada partage certaines frontières côtières avec les États-Unis. C'est pourquoi la collaboration des deux pays est parfois de mise, par exemple pour le projet *Greening Shorelines* implanté en Colombie-Britannique (voir section 4.1.1). D'autres projets sont aussi en place aux États-Unis sans collaboration avec le Canada, quelques-uns sont présentés ci-dessous :

D'abord, la ville de New York possède un système de traitement des eaux potables particulier, celui-ci dépend beaucoup de la qualité du milieu et utilise les services écologiques pour effectuer le plus gros de la tâche. Ainsi, les conséquences des changements climatiques tels que la hausse du niveau des mers, l'augmentation des îlots de chaleurs en été et des pathogènes transportés dans l'eau peuvent avoir un impact significatif pour cette grande ville. En plus de l'augmentation de la demande énergétique (pour refroidir les édifices en été par exemple), les impacts possibles sur les milieux humides de proximité et sur la capacité à traiter l'eau pourraient être très coûteux pour New York. (Hunt et Watkiss, 2010) La ville a donc développé son *9-step Adaptation Assessment Procedure* afin de répondre au besoin grandissant d'adaptation (Rosenzweig *et al.* 2007). Parmi les étapes qui y sont proposées se trouvent : l'identification du risque et des impacts des changements climatiques pouvant affecter le projet, l'application des scénarios de changements climatiques, l'étude des options d'adaptation, des tests de faisabilité, relier l'adaptation aux cycles d'investissements, l'évaluation des options sélectionnées, le développement des plans d'implantation des mesures d'adaptation choisies (avec échéancier), le suivi et l'évaluation. (Rosenzweig *et al.*, 2007). En plus de tous ces efforts d'adaptation, le *Climate Change Program* du *New York City Department of Environmental Protection* (NYCDEP) comprend un sous-programme de gestion

des GES pour la ville. Ce programme permet d'assurer la réduction d'émissions du NYCDEP, en réutilisant le méthane produit par le traitement des eaux comme biogaz par exemple.

Ensuite, NOAA a permis la création du programme de *Living Shorelines* qui favorise l'implantation de récifs artificiels et de reboisement pour l'adaptation de ses côtes. Cette méthode a démontré du succès en Caroline du Nord notamment. Elle combine à la fois atténuation et adaptation aux changements climatiques, car la végétalisation et la création de récifs favorisent la séquestration de carbone. Les résultats d'études montrent aussi que les coûts associés à l'entretien des *Living Shorelines* sont moins élevés que ceux utilisés pour un mur, par exemple, et que les dommages aux propriétés sont moins grands. (EAC, 2014; Talton, 2016).

Puis, le *Department of Environment* du New Jersey prévoit du financement pour les sites à haut risque d'érosion qui doivent être abandonnés par les activités qui y sont pratiquées. Ce programme se nomme le *Blue Acres Funding* et permet ainsi aux terres à haut risque de servir de zones tampons et de retrouver leurs rôles dans le système d'érosion. Le programme serait ainsi applicable, par exemple, dans une situation où il est impossible de rétablir la berge (Graham et Musselman, s.d.).

Enfin, le niveau économique élevé jumelé à du travail préventif pourrait être un des facteurs influençant la capacité de ces villes et de leurs gouvernements à implanter des mesures d'adaptation efficaces. La ville de New York par exemple, est plus avantagée économiquement qu'une petite ville de quelques milliers d'habitants (Hunt et Watkiss, 2010).

4.3 Comparaison et constats

Le Tableau 4.1 compare les différentes régions côtières entre elles selon leur réaction aux différentes conditions côtières qui les caractérisent.

En Atlantique, les efforts des différents paliers gouvernementaux ont permis de recueillir les données nécessaires à la cartographie des côtes et de leur vulnérabilité. Pour certains, ces données sont améliorées de façon continue, que ce soit par la Direction des Études géologiques du Nouveau-Brunswick (Gouvernement du Nouveau-Brunswick, 2016). Les données côtières de l'Île-du-Prince-Édouard ont été mises à jour en 2011 (Goldwater consulting Lte., 2011). Un atlas interactif en ligne permet de recenser les zones à risque d'érosion sur le territoire de Terre-Neuve-et-Labrador (Tamarak Geographic Technologies Ltd., 2013). Divers projets se trouvant sur la plateforme web atlanticadaptation.ca contribuent la cartographie des risques côtiers dans les différentes provinces maritimes. En Colombie-Britannique et au Québec, la cartographie est principalement effectuée au niveau des districts et des MRC respectivement.

Tableau 4.1 Niveau de préparation des différentes régions côtières sous le 50e parallèle Nord au Canada

Région côtière	Atlantique	Colombie-Britannique	QC
Connaissance du milieu	Ressources de cartographies pour presque toutes les régions, bonifiées à l'aide de la plateforme atlanticadaptation.ca	Certains districts possèdent des cartographies d'inondations	Cartographie par les différentes MRC et différents travaux d'Ouranos
Vulnérabilité à la hausse du niveau des mers (moyenne)*	Élevée	Faible	Moyenne
Type de vulnérabilité (particulière)	Érosion	Inondation	Érosion
Mesures en place	<p>Toutes les provinces excepté Terre-Neuve :</p> <p>Utilisation de mesures de protections techniques.¹</p> <p>Tests en cours pour les <i>Living Shoreline</i>.²</p> <p>Règlementations au niveau municipal variables.¹</p> <p>Terre-Neuve : la protection historique au niveau de la réglementation est encore fonctionnelle et uniforme pour toute la province.¹</p>	<p>Règlementation et outils au niveau provincial appliqués et utilisés au niveau municipal.¹</p> <p><i>Greening shorelines</i></p> <p>Formations pour experts</p> <p>Partenariats avec états unis.³</p>	<p>Plusieurs guides de Ouranos.</p> <p>Règlementation au niveau municipal variable.¹</p> <p>Plan d'action d'adaptation de Rivière-au-Tonnerre.⁴</p>

Légende :

* selon la cartographie de 1998

¹(TAGP, 2013)

²(EAC, s.d.)

³(Stewardship Centre for British Columbia., s.d.)

⁴(Beaulieu et Santos Silva, 2014)

Pour la vulnérabilité, selon la cartographie de 1998, la vulnérabilité associée à la hausse du niveau des mers moyenne de la Colombie-Britannique est faible. Au Québec et pour les provinces atlantiques, la situation est plus dramatique. La région avec la plus grande proportion de zones dont la vulnérabilité à la hausse du niveau des mers est élevée se trouve dans ces provinces maritimes (Ressources naturelles Canada, 2009).

Les types de vulnérabilité retrouvés dans les différents territoires côtiers varient selon l'océan concerné. En effet, en Colombie-Britannique, les côtes sont vulnérables aux inondations et à la hausse de fréquence et d'intensité des tempêtes qui accompagneront la hausse du niveau des mers (TAGP, 2013). En Atlantique, le Québec inclus, les côtes sont plutôt affectées par l'augmentation de l'érosion et les

changements des rythmes des ondes de tempêtes, eux aussi associés à la hausse du niveau des mers (TAGP, 2013).

Les mesures en place dans les différentes régions côtières Canadiennes varient selon leur niveau d'avancement et d'innovation. Ceci peut être dû aux différents niveaux de vulnérabilité et à la complexité des responsabilités gouvernementales pour les différentes provinces. Certains territoires maritimes doivent réussir à implanter les différentes mesures d'adaptation prévues en respectant les nombreuses lois et les règlements variés qui sont en place et qui s'entrecroisent d'un palier gouvernemental à un autre. Un autre facteur pouvant influencer le niveau des mesures en place est la proximité d'instituts de recherche et d'universités pouvant collaborer avec les municipalités. Alors que la Colombie-Britannique prépare le terrain pour des mesures durables de protection côtière, les provinces de l'Atlantique et le Québec doivent réagir rapidement à différents événements extrêmes.

Enfin, du point de vue de l'intégration des mesures d'atténuation aux mesures d'adaptation, la situation du Québec laisse place à l'amélioration lorsque comparé à la Colombie-Britannique et ces divers programmes favorisant le *greening shorelines*, par exemple. La Nouvelle-Écosse avec ses tests de *Living shorelines* est aussi une province qui pourrait servir d'exemple aux territoires maritimes du Québec.

En conclusion, les différents paramètres étudiés varient en fonction de la province touchée et même au niveau des municipalités à l'intérieur de ces provinces. D'abord, la vulnérabilité à la hausse du niveau des mers, à l'érosion et aux inondations n'est pas la même dans les différents territoires côtiers canadiens. Ceci affecte le niveau d'urgence d'action et la capacité de préparation aux conséquences des changements climatiques. Au Québec, par exemple, les propriétaires et les municipalités doivent parfois réagir rapidement et ont alors recours aux méthodes les plus efficaces sur le coup, tel que l'encochement. À l'inverse, l'aménagement historique de Terre-Neuve-et-Labrador, qui évitait la construction de résidences dans les zones d'inondations sous 100 ans, permet aux citoyens et aux municipalités une préparation plus détaillée, car ceux-ci ne sont pas constamment menacés sur le court terme. Ensuite, les programmes fédéraux et provinciaux concernant les changements climatiques ont permis d'accumuler une certaine base de données côtière. La qualité et la quantité des données ne sont cependant pas au même niveau pour tous les territoires côtiers canadiens. Les risques côtiers de Colombie-Britannique et au Québec sont principalement cartographiés par les Districts et les MRC respectivement. Enfin, c'est au niveau des mesures en place que les résultats varient le plus. Ceci peut être expliqué par l'accumulation des différences dans la qualité et la quantité de connaissance du milieu, les niveaux de vulnérabilité variés à l'échelle de la province et la répartition démographique de chaque région. Ces différences sont peut-être des conséquences de la législation particulière de la zone côtière, entre les milieux terrestres et marins. La complexité de la prise de décision pour les différentes régions côtières du Canada réside entre autres dans

l'entrecroisement des compétences gouvernementales, les eaux navigables sont régies par le gouvernement fédéral alors que la rive est de compétence provinciale.

5. RESPONSABILITÉS DES DIFFÉRENTES INSTANCES GOUVERNEMENTALES

Les différents paliers gouvernementaux canadiens possèdent tous des outils et règlements pouvant servir à atténuer et à s'adapter aux changements climatiques. Au Canada, un système de priorisation des activités (dans une situation d'urgence) est déterminé dans la *Politique fédérale en matière de gestion des urgences*. Pour ce qui est des changements climatiques, ce système est prévu pour réagir et contrôler les situations pouvant survenir. Ainsi, l'ordre d'action dépend de l'ampleur du désastre, le premier niveau est traité par la municipalité, jusqu'à ce que l'intervention perde de son efficacité. Ensuite, le gouvernement provincial où se trouve la situation d'urgence vient en aide à la municipalité. Pour le troisième niveau, une demande officielle du gouvernement provincial doit être faite au gouvernement fédéral et n'est applicable qu'en situation de crise nationale ou lorsque l'un des secteurs de compétences du palier gouvernemental est touché (Protection civile Canada, 1995). Les changements climatiques causeront des catastrophes qui nécessiteront des mesures d'urgence claires et bien définies. Des mesures d'adaptation devront cependant être mises en place afin de prévenir et diminuer les impacts associés à ces catastrophes, en ce sens, les différents paliers gouvernementaux ont des pouvoirs variés.

5.1 Niveau fédéral

Le niveau fédéral possède une emprise diversifiée parmi certains secteurs du pays, que ce soit les ressources naturelles ou l'environnement. Ainsi, son monde d'action face aux changements climatiques est plus large, soit par l'entremise de programmes de financement de recherches ou par les lois visant la protection de l'environnement (Gouvernement du Canada, 2015). Le gouvernement fédéral peut aussi travailler avec le reste de la communauté internationale (Potvin *et al.*, s.d.).

C'est au niveau fédéral que les cibles et le financement pour l'atténuation et l'adaptation aux changements climatiques prennent racine. D'abord, conséquemment aux différents accords internationaux ratifiés par le Canada, des cibles sont déterminées pour l'atténuation (Environnement et Changement Climatique Canada, 2015d). Depuis décembre 2015, le Canada fait partie des pays signataires du récent rapport de la COP21 de Paris. Il s'engage donc à réduire ses émissions afin d'atteindre un objectif pour 2050, qui devrait être fixé pour avril 2016, en concordance avec les cibles de l'accord. Pour atteindre cet objectif, le Canada prévoit financer la recherche pour ensuite outiller les provinces (Environnement et Changement climatique Canada, 2015d). La manière dont le gouvernement dirige son budget peut aussi influencer la capacité d'efforts, d'atténuations du pays. De plus, l'atténuation est aussi aidée par la *loi canadienne sur la protection de l'environnement* (1999) dont les objectifs contribuent à la diminution de la pollution. Le Canada peut même punir les personnes fautives et donc davantage contribuer à la protection de l'atmosphère.

Plusieurs programmes et départements fédéraux contribuent aussi à faire face aux changements climatiques. De façon plus directe, le programme sur les technologies du développement durable du Canada vise les changements climatiques (Environnement et Changement climatique Canada, 2014). En effet, ce programme sert à financer le développement de technologies ou des solutions utiles dans la lutte aux changements climatiques, que ce soit pour l'atténuation ou l'adaptation. Le programme de développement des technologies est régi par la *Loi sur la fondation du Canada pour l'appui technologique au développement durable*. D'autres programmes sont aussi présents au niveau fédéral dans le ministère des Ressources naturelles par exemple, où se trouve la Division des impacts et de l'adaptation liée aux changements climatiques. Ce département supporte la plateforme sur l'adaptation qui sert à attribuer différents financements à des projets reliés à l'adaptation au travers du Canada pour les différents secteurs concernés, dont celui des régions côtières (Ressources Naturelles Canada, 2015). Les efforts d'atténuation sont principalement retrouvés au ministère de l'Environnement et des Changements climatiques, sous forme de programmes tels que le programme de surveillance, déclaration et vérification des sources et des puits de GES (Environnement et Changement climatique Canada, 2015d).

Pour ce qui est de la gestion de l'eau au Canada, plusieurs ministères sont concernés. Par exemple, le ministère des Pêches et Océans qui s'assure de la protection des habitats de poissons en concordance avec la *Loi sur les pêches*. Dans une situation d'adaptation aux conséquences des changements climatiques côtiers, ce ministère pourrait s'avérer un bon allié, lorsqu'un milieu favorable à la reproduction des poissons est menacé par le climat changeant, par exemple (Tremblay, 2002).

Au Canada, c'est la *Loi constitutionnelle de 1867* qui établit les compétences fédérales et provinciales. Or ces compétences peuvent parfois être partagées, dont celles des pêches et des eaux navigables. Le partage des compétences entre les gouvernements fédéraux et provinciaux pour les eaux navigables guide les travaux possibles sur les rives des municipalités (Tremblay, 2002). La notion de zones maritimes telles que décrites par la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer et utilisée par Pêches et Océans Canada (2015b) aide à délimiter les pouvoirs entre les paliers gouvernementaux. D'abord, les deux premiers types de zones rencontrées à partir de la rive sont les eaux intérieures et les eaux territoriales. Cette division est déterminée à partir de la ligne de base des eaux territoriales qui correspond à des points déterminés et décrits dans la *Loi sur les Océans*, mais n'est pas appliqué dans le golfe du Saint-Laurent, étant donné que cette région bénéficie d'un accord international d'exclusivité par le Canada (Pêches et Océans Canada, 2015b). Toute l'eau située au-delà de la ligne de base est considérée comme extérieure. L'eau dite « extérieure » est divisée en zones, soient la mer territoriale suivie de la zone contigüe et de la zone économique exclusive. Ceci correspond aux limites du pouvoir canadien sur l'eau de façon générale. Le gouvernement provincial possède les pouvoirs sur les eaux intérieures et la mer territoriale qui sont

considérées comme partie du territoire de la province. Les lois fédérales ont cependant préséance sur les lois provinciales dans ces régions. Les deux zones suivantes sont de compétence fédérale pour ce qui est des ressources naturelles, de la biodiversité et du sol, entre autres (Pêches et Océans Canada, 2015b). De telles contraintes législatives pourraient compromettre l'implantation de mesures d'adaptation de type *Living Shorelines*, telles que présentées précédemment (Chapitre 4), car l'implantation du récif pourrait se faire en zone de compétence fédérale (en risquant de nuire à la navigation) alors que le lit serait de compétence provinciale.

L'absence de lignes de base des eaux dans le golfe du Saint-Laurent modifie le partage des compétences. Les frontières marines du Québec sont délimitées à mi-chemin entre les rives de la province et celles des autres provinces atlantiques qui lui sont voisines (ministère de l'énergie et de Ressources naturelles du Québec, 2013). Ainsi, une grande partie du golfe Saint-Laurent est de compétence provinciale québécoise. Le lit du fleuve et du Golfe est reconnu comme appartenant au Québec selon la *Loi sur les terres du domaine de l'état*. Cependant, le gouvernement fédéral garde le pouvoir sur la navigation, la pêche et le transport maritime dans cette région (Becklumb, 2013).

5.2 Provincial

Alors que le gouvernement fédéral exerce un pouvoir sur la navigation dans le Saint-Laurent, la province de Québec peut réglementer les activités effectuées entre les lignes des basses et hautes d'eau des rives telles que décrites dans la *Loi sur le régime des eaux*. En effet, tel que décrit dans le *Code civil du Québec*, la province est propriétaire du lit des lacs et des cours d'eau jusqu'à la ligne des hautes eaux. C'est donc auprès de la province que les municipalités peuvent aller chercher différents permis associés aux travaux dans cette zone. Québec est aussi responsable des infrastructures routières sous son ministère des transports, cette gestion des routes comprend la prévention de l'érosion et de la submersion des routes (MDDELCC, 2015e). Les infrastructures et routes à risques d'érosion représentent 300 kilomètres de route et au-dessus de 6 500 bâtiments (MDDELCC, 2015f). Selon l'ampleur des travaux et leur localisation, le ministère de l'Environnement est chargé des études d'impacts en vertu de la *Loi sur la qualité de l'environnement*. Par exemple, en 2001, suite à la destruction de la route 132 l'année précédente sur la côte de Maria, municipalité de la Baie-des-Chaleurs, une étude d'impact a dû être effectuée afin d'évaluer le type de structure de réparation appropriée, étant donnée l'ampleur des travaux (Morneau *et al.*, 2001). L'adaptation aux changements climatiques pourrait donc bénéficier de ces différentes mesures de protection d'environnement et les efforts d'atténuation en seraient peut-être améliorés, voire même ajoutés aux mesures d'adaptation.

De la même manière que le gouvernement fédéral, la province de Québec peut se fixer des cibles de réduction de GES. Ainsi, pour l'horizon 2020, le Québec prévoit atteindre 20 % de réduction par rapport

aux émissions de GES de 1990 (MDDELCC, 2015f). Pour atteindre cette cible, déterminée en 2009, le gouvernement compte sur le système de plafonnement des échanges de carbone et la réduction de la consommation d'énergie fossile. Le Québec prévoit entre autres utiliser les revenus du marché du carbone dans la lutte contre les changements climatiques (MDDELCC, 2015f). Puis, de la même manière que la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*, le Québec dispose de la *Loi sur la qualité de l'environnement* et de différents règlements afin d'assurer la réduction de la pollution. Malgré sa pertinence pour l'atténuation, la *Loi sur la qualité de l'environnement* pourrait compliquer la tâche lorsque les mesures d'adaptation devront être implantées, principalement par les différentes demandes de permis et certificats qui peuvent causer des pertes de temps.

Enfin, c'est le gouvernement provincial qui attribue les pouvoirs des municipalités (Potvin *et al.*, s.d.). Ces pouvoirs sont souvent partagés avec la province. Parmi les compétences des municipalités se retrouvent : l'environnement, la sécurité, les transports, les activités communautaires et les parcs.

5.3 Municipal et MRC

Différentes lois permettent aux municipalités et MRC de travailler sur les changements climatiques. Une d'entre elles est la *Loi sur l'aménagement et l'urbanisme*. Cette loi comporte diverses directives pour les municipalités, une de celles-ci est la production d'un plan d'aménagement. Le plan d'aménagement permet aux municipalités de gérer le zonage selon les conditions du milieu, les ouvrages possibles dans les municipalités, le lotissement et la délimitation des zones à risque d'inondation et d'érosion, entre autres. L'agglomération des îles de la Madeleine, qui utilise son schéma d'aménagement afin de bien contrôler les zones de construction sur les îles et protéger les dunes qui sont en dégradation, est un bon exemple de municipalité utilisant son schéma d'aménagement au plein potentiel (Agglomération des Îles-de-la-Madeleine, 2010).

Au sens de la *Loi sur les compétences municipales*, la municipalité n'est pas engagée directement à la prévention de l'érosion ou d'autres impacts associés aux changements climatiques. Il importe cependant qu'elle prenne les mesures nécessaires à la sécurité de sa population.

En bref, le pouvoir des municipalités réside dans le plan d'aménagement, les règlements implantés et le zonage. Ainsi, la municipalité peut autoriser des travaux visant la stabilisation des berges, par exemple, mais devra, selon l'ampleur du projet, obtenir un permis du MDDELCC. Le projet ne devra pas non plus contrevenir aux lois fédérales telles que la *Loi sur la protection de l'environnement*, la *Loi sur la protection de la navigation* ou la *Loi sur les Pêches*.

6 RECOMMANDATIONS

Sur le moyen long terme, la lutte contre les changements climatiques devra se faire avec une considération particulière pour l'atténuation, car les mesures d'adaptation possibles risquent de ne plus être efficaces face à la hausse rapide et irréversible des changements climatiques. Les groupes d'experts, dont le GIEC, préconisent des approches combinant atténuation et adaptation (IPCC, 2014). Le secteur des zones côtières est plus vulnérable au changement climatique côtier que son potentiel d'atténuation. En ce sens, il faut trouver les opportunités d'atténuation dans les choix d'adaptation côtière qui sont nécessaires.

Les municipalités du territoire maritime Québécois sont conscientes des menaces auxquelles elles sont vulnérables. Elles comprennent aussi que ces phénomènes sont amplifiés par les changements climatiques. Tel que présenté au chapitre 3, les mesures d'adaptation qu'elles favorisent sont souvent des mesures de réaction plutôt que de prévention ou sont les mesures les moins coûteuses au moment de leur implantation. Conformément à cette préférence, le potentiel d'atténuation des différentes mesures d'adaptation est moins considéré au Québec.

Tel que recommandé par plusieurs auteurs (Ouranos, 2010), une approche préventive devrait être préconisée dans les régions côtières. Ce type d'approche comprend notamment une révision complète du plan de zonage pour ensuite améliorer la prise de décisions en collaborant avec les décideurs locaux et gouvernementaux. Cette méthode comprend aussi un important aspect analyse coût-bénéfice. Ce dernier facteur nuit peut-être à la combinaison de l'atténuation à l'adaptation dans les mesures implantées au Québec. En effet, tel que décrit plus haut (Chapitre 3) plusieurs paramètres environnementaux sont difficiles à comptabiliser de façon pécuniaire en leur entièreté, tels que les biens et services écologiques, l'intégrité du paysage et la biodiversité. Alors que l'analyse coût-bénéfice est un outil valable pour les mesures d'adaptation techniques, il l'est moins pour l'atténuation. D'autres auteurs favorisent aussi la vision à long terme afin de s'assurer de ne pas nuire à la capacité de résilience du milieu naturel (Jolicoeur et O'Carroll, 2007). Cette vision à long terme pourrait, entre autres, passer par la gestion intégrée de la zone côtière (Jolicoeur et O'Carroll, 2007; Ouranos, 2010). La gestion intégrée pourrait s'avérer pertinente et efficace si elle est bien implantée dans les municipalités.

Les différences entre les enjeux touchant les différents territoires et les contraintes des municipalités ne permettent pas de développer un cadre unique d'implantation de mesure d'adaptation. Par exemple, pour une terrasse de plage, les mesures d'adaptation suggérées dans la Baie-des-Chaleurs peuvent être différentes de celles suggérées à Sept-Îles. Les municipalités peuvent cependant suivre un cadre plus large d'aide à la décision. Un important facteur pouvant contribuer à l'exercice dans les municipalités côtières est l'intégration des résidents dans le processus. Tel que présenté dans les chapitres 2 et 3, les effectifs en experts et la proportion de population active sont plus faibles dans ces régions, la municipalité peut alors

bénéficier de l'intervention de ces citoyens. Suivant est un exemple de démarche-cadre à quatre grandes étapes que les municipalités pourraient suivre lors de l'implantation de mesures d'adaptation.

6.1 Identification

Cette étape regroupe la période d'identification des besoins d'adaptation et des potentiels d'atténuation. À cette étape, différents scénarios climatiques peuvent être consultés afin de mieux déterminer le niveau de vulnérabilité.

Lors de l'étape de l'identification, un tri pourrait être effectué lorsque l'on travaille en mode de prévention. En effet, un ordre de priorité d'action pour la municipalité pourrait être établi comme suit :

- Priorité 1 : zones résidentielles ou zones où se trouvent des infrastructures essentielles.
- Priorité 2 : zones à pôles économiques importants relevant de la compétence municipale
- Priorité 3 : zones destinées aux activités locales
- Priorité 4 : zones à infrastructures relevant de la compétence municipale
- Priorité 5 : les autres zones.

Afin d'assurer le fonctionnement d'un tel système de priorité, il serait important de s'assurer que les travaux effectués pour les zones ou les ouvrages des autres instances gouvernementales ne nuisent pas aux mesures implantées par la municipalité. Les municipalités pourraient donc consulter ou s'entendre avec les autres instances gouvernementales en ce sens.

Selon cet ordre de priorisation, les enjeux de sécurité de la population sont priorisés aux enjeux associés au milieu naturel et écosystémique. Les mesures utilisées peuvent cependant servir aux deux types d'enjeux. Les aires protégées contribuent à la captation de carbone atmosphérique. Or des modifications d'aménagement pour protéger la population peuvent contribuer à la création de nouvelles aires protégées. Pour les aires protégées déjà présentes sur le territoire, celles-ci peuvent jusqu'à un certain point s'adapter toutes seules si elles sont dans un état suffisant. L'établissement de nouvelles aires protégées pourrait aussi contribuer à augmenter la proportion de terres protégées au Québec et donc faciliter l'atteinte de ces différents objectifs. Le paysage naturel peut aussi être une valeur à laquelle les citoyens tiennent et un attrait pour les touristes, la consultation des citoyens peut donc contribuer à leur préservation.

Les enjeux relevant de l'industrie des pêches, tels que la diversification des prises, le respect des contraintes d'écocertification et l'amélioration des rendements, ne font pas partie des compétences municipales. Tel est aussi le cas de certaines infrastructures portuaires et de certaines infrastructures à autre usage (telles que présentées au Chapitre 5). Malgré ces contraintes, les municipalités peuvent tenter de modifier leur impact sur l'environnement marin en contrôlant les divers rejets associés au traitement des eaux ou aux polluants circulant par écoulement, entre autres.

Enfin, certains enjeux, en raison de l'urgence de leur réaction ou du type de mesure nécessaire, ne laissent pas place à l'atténuation. En effet, lors des situations d'urgences par exemple, pouvant survenir à cause d'un manque d'adaptation adéquate (Jolicoeur et O'Carroll, 2007), la sécurité de la population est la priorité de la municipalité. L'importance de l'atténuation pour ces situations est plus faible, mais dépendamment de la période de temps disponible, il est possible d'améliorer la mesure d'adaptation sélectionnée jusqu'à un certain point.

6.2 Communication

Une fois ces besoins et potentiels identifiés, cette étape consisterait à les partager avec la population, s'en suivrait des processus de consultation publique simples telles que des séances d'information avec possibilité de dépôt de mémoire par les citoyens. L'utilisation des médias traditionnels locaux et des médias sociaux pourrait aussi faciliter la communication avec l'ensemble de la population de la municipalité à cette étape.

6.3 Sélection

Une fois l'ordre de priorisation déterminée et l'information communiquée, l'étape de sélection peut débiter. Lors de cette étape, la municipalité devrait avoir suffisamment de propositions de solutions ou d'options disponibles pour pouvoir sélectionner celui qu'elle considère comme meilleur et peut-être même bonifier celui-ci. Afin de faciliter la prise de décision, la municipalité peut se référer au cadre classique de mesure d'adaptation utilisé par le *Sea Level Rise Primer* (TAGP, 2013), notamment, afin de classer la mesure sélectionnée selon les catégories de « protection », « accommodation », « retrait » et « évitement » (voir Chapitre 3 pour définition). La classification de la mesure permettrait de l'évaluer selon son potentiel d'atténuation.

Un système de pointage pourrait être utilisé pour évaluer le potentiel d'atténuation d'une mesure vis-à-vis une autre. Un point serait attribué à une mesure respectant une condition donnée, alors qu'aucun point ne serait attribué lorsque la mesure ne respecte pas la condition. Une fois les conditions compilées, le pointage est divisé par la quantité de conditions mesurées. Plus la note finale a une valeur près d'un (1), plus la méthode possède un fort potentiel d'atténuation. La catégorie non applicable serait de mise dans des situations où la mesure choisie n'est pas concernée par la condition optimale. Une mesure n'ayant pas besoin de maintenance n'aurait pas à être évaluée selon la condition traitant de maintenance. La note finale d'une mesure de ce type serait donc évaluée sur le nombre de conditions utilisées dans ce cas-ci.

Pour les situations qui sont regroupées dans les niveaux de protection et d'accommodation du cadre classique utilisé par le *Sea Level Rise Primer*, la liste de conditions optimales se décrirait comme suit :

- 1- La mesure choisie favorise le comportement naturel des côtes.

- 2- L'implantation de la mesure choisie ne produit pas de GES ou produit des GES qui seront compensés au courant de la durée de vie de la mesure.
- 3- La mesure choisie possède une durée de vie illimitée (voir Chapitre 3 pour définition) ou potentiellement illimitée.
- 4- La mesure choisie favorise la conservation de la biodiversité (marine et terrestre) et des services écologiques du territoire.
- 5- La mesure choisie complémente les activités touristiques durables du territoire.
- 6- La mesure choisie contribue à la réduction des zones à risque pour la population.
- 7- La mesure choisie réduit les zones de risque pour les infrastructures.
- 8- Les bénéfices à long terme de la mesure choisie sont équivalents ou supérieurs à ceux retrouvés au moment de l'implantation.
- 9- La maintenance associée à la mesure choisie ne nécessite pas de destruction de structures anthropique ou de milieux naturels.
- 10- La mesure choisie favorise le maintien de l'intégrité écologique et visuelle du paysage naturel.

À titre indicatif, les *Green Shores* du *Stewardship Council* seraient un bon exemple de type de mesures d'adaptation côtière prenant en compte l'atténuation. Les *Living Shorelines* pourraient démontrer une solution efficace, mais le manque d'études sur les impacts à la biodiversité indigène préconise une attention particulière pour ce type de mesure.

Pour les situations qui sont regroupées dans les niveaux de retrait et d'évitement, les mesures implantées passent plutôt par la réglementation et l'aménagement. Le système de pointage déterminé plus haut s'applique tout de même, car il se base sur une liste de critères. L'intégration de l'atténuation est cependant permise plus indirectement. La liste de conditions optimales se décrirait comme suit :

- 1- La mesure choisie propose des solutions supportables par l'écosystème naturel et urbain local.
- 2- La mesure choisie favorisant le maintien de la résilience naturelle des côtes.
- 3- La mesure choisie maintient les services écologiques.
- 4- La mesure choisie nécessite une forme de destruction (des infrastructures ou du milieu naturel), or celle-ci est effectuée en harmonie avec le milieu naturel et possède des impacts environnementaux contrôlés.
- 5- La mesure choisie favorise la réduction de GES ou l'augmentation de puits de carbone.
- 6- La mesure choisie favorise l'utilisation de certification environnementale réduisant les GES et les déchets.
- 7- La mesure choisie permet d'éviter les activités conflictuelles dans la zone à risque.

Pour le retrait, les opportunités d'atténuation sont plus difficiles à atteindre de façon directe. C'est la suite de choix qui peut influencer l'impact de la mesure sélectionnée. En ce sens, la formation des preneurs de décisions et des experts côtiers pourrait favoriser l'intégration de l'atténuation dans l'adaptation, car les choix subséquents à l'implantation peuvent influencer le résultat.

Plusieurs types de mesures d'adaptation sont disponibles en milieu côtier et applicables à la situation du territoire québécois maritime. Ces mesures peuvent varier du niveau réglementaire, passant par l'aménagement, à la protection par des structures physiques et au déplacement des infrastructures et des résidences. Les mesures sélectionnées doivent être adaptées à la situation de la municipalité, l'élaboration d'un guide unique pour toutes les municipalités serait complexe. Avec une formation adéquate, les autorités locales seraient les mieux outillées et les mieux placées pour la prise de décisions.

Certains travaux d'ampleur doivent passer par un processus d'évaluation des impacts, la municipalité doit prendre cette composante en compte lors de ces choix, étant donné que les études d'impacts peuvent être longues, il est d'autant plus important de travailler en prévention.

Pour les travaux de protection, une vaste gamme de techniques et méthodes sont disponibles aux preneurs de décisions. À la manière de ce qui est présenté dans l'Évaluation du risque d'érosion du littoral de la Côte-Nord du Saint-Laurent pour la période de 1996-2003 (Dubois *et al.*, 2005), il est important d'établir un guide détaillant les réactions possibles pour chaque type de côte se trouvant sur le territoire de la municipalité. Afin d'assurer l'intégration de l'atténuation aux mesures d'adaptation utilisées, il suffirait d'ajouter un volet atténuation à ce tableau. Le guide doit présenter les différents types de côtes et leurs vulnérabilités associées pour assurer le choix optimal de la mesure d'adaptation. Par exemple, les mesures implantées sur une falaise rocheuse à pente abrupte ne sont pas les mêmes que sur un milieu dunaire et les réactions possibles diffèrent. La consultation de plusieurs experts provenant de domaines variés permettrait l'élaboration d'un guide complet favorisant l'intégration des mesures d'atténuation de façon plus complète, étant donné le besoin de multidisciplinarité qu'exige la combinaison des deux types d'intervention.

Pour les travaux associés au retrait et à l'évitement, les mesures sélectionnées peuvent être localisées, telles que la destruction d'infrastructures à risque ou à large spectre, l'implantation de normes de construction ou la relocalisation. L'implantation de telles mesures peut être complexe et implique une chaîne de décisions précises afin d'assurer des bénéfices à long terme. Lorsque bien implantées, ces méthodes sont très efficaces, à Terre-Neuve, par exemple, les problèmes associés à la hausse du niveau des mers sont réduits en grande partie par la disposition stratégique de la population, tel que présenté au Chapitre 5. Ceci laisse donc une période de préparation pour la province de Terre-Neuve qui lui permet de mieux déterminer les étapes suivantes. L'avantage temporel de Terre-Neuve n'est cependant pas

applicable dans certaines régions du territoire maritime du Québec, où des résidences sont situées dans des zones à risque, tel qu'à Rivière-au-Renard, cas présenté au Chapitre 2. Les mesures utilisées dans ce type de solution sont parfois difficiles à appliquer. La relocalisation ou l'expropriation, par exemple, impliquent le déplacement de la population (avec ou sans leur résidence). Dans une situation où la seule option s'offrant à la région est le déplacement des citoyens, les modalités de l'expropriation seraient de compétences municipales, mais devraient être validées au niveau provincial. Sans passer par l'expropriation, des mesures extrêmes pourraient être mises en places pour la gestion des zones résidentielles à risque. Des incitatifs financiers pourraient accélérer le processus. Par exemple, une municipalité pourrait offrir un montant fixe pour les résidents d'une zone à risque qui évacuent la zone à l'intérieur d'une période de temps donnée. Or, ce montant ne serait plus valide à partir de la date limite d'évacuation.

La disponibilité d'outils et d'information sur les côtes est aussi déterminante selon le type de méthodes implantées dans les municipalités. Le *Sea Level Rise Primer* (TAGP, 2013) par exemple, un outil destiné aux municipalités canadiennes est seulement disponible en anglais, ce qui peut poser une barrière pour les autorités unilingues voulant le consulter. La quantité de travaux disponibles en français n'est cependant pas négligeable non plus.

Tel qu'observé dans la situation de Sainte-Flavie (Chapitre 3) le niveau de connaissance des enjeux côtiers des résidents riverains influence le type de mesure implantée. Les citoyens laissés à eux-mêmes et peu renseignés tendent à utiliser des méthodes qui leur semblent fonctionnelles et peu coûteuses sur le coup. En effet, dans le cas étudié, ceux affichant de meilleurs résultats avaient préalablement effectué des recherches, avaient déjà un intérêt particulier pour le sujet ou avaient consulté des experts. D'autres auteurs (Bernatchez *et al.*, 2008) rappellent aussi qu'il est important de communiquer avec les résidents.

Un programme visant les mesures utilisées par les citoyens pourrait contribuer à répondre à ce problème. Ceci favoriserait à la fois l'uniformisation des côtes, tout en sensibilisant les résidents riverains. Des contraintes pour les résidents pourraient être incluses à ces mesures. Par exemple, l'obtention de permis de stabilisation des berges pourrait être seulement autorisée après avoir participé à une formation sur le sujet et avoir présenté un plan accepté par la ville.

6.4 Implantation et suivi

Lors de la phase d'implantation et suivi, la population serait informée des raisons du choix final et des impacts de celui-ci. Dans un souci d'amélioration continue, ceci pourra contribuer à renseigner les résidents et à favoriser leur conscientisation.

La figure 6.1 résume les grandes étapes proposées pour l'implantation de mesures d'adaptation dans les municipalités côtières du Golfe du Saint-Laurent au Québec.

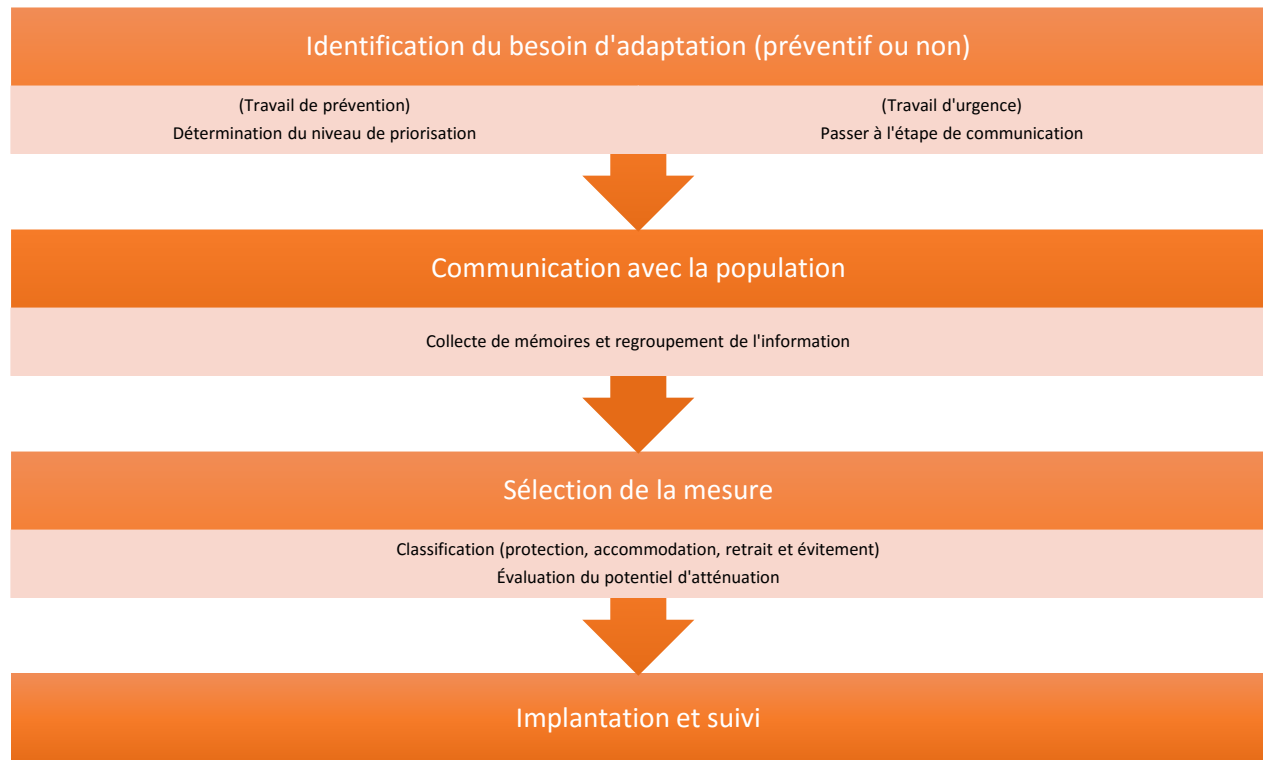


Figure 6.1 Démarche permettant d'intégrer l'atténuation dans les efforts d'adaptation pour les municipalités côtières du Golfe du Saint-Laurent au Québec.

En conclusion, les mesures d'adaptation disponibles au Québec maritime sont nombreuses. Les municipalités semblent bien outillées au niveau de leurs efforts d'adaptation et leurs efforts d'atténuation. Ceci est moins le cas pour combiner les deux types d'interventions. Pour faciliter la combinaison des mesures d'adaptation et d'atténuation, les municipalités doivent d'abord s'outiller en terme d'expertise de préparation au changement climatique côtier. Ensuite, les municipalités et les MRC seront en mesure d'élaborer leur propre plan d'implantation (tel que présenté dans la Figure 6.1) de mesures d'adaptation, comprenant le potentiel d'atténuation de chacune des mesures. Le plan d'implantation, élaboré dans un intérêt d'amélioration continue permettrait de réduire la vulnérabilité côtière de la région. Par souci d'uniformité entre les municipalités du territoire maritime du Québec, un guide semblable à un système de gestion pourrait être implanté au niveau provincial.

CONCLUSION

Pour conclure, la situation du territoire maritime du Québec en terme de préparation face aux changements climatiques est efficace et possède plusieurs possibilités d'amélioration. Les différentes recherches effectuées dans le cadre de cet essai ont permis d'identifier les différents enjeux pour le territoire côtier des maritimes du Québec. Ceux-ci peuvent être regroupés en quatre grandes catégories : le tourisme, la sécurité de la population et des infrastructures, l'industrie de la pêche et le milieu naturel. Lorsque ces enjeux sont combinés au contexte local, des vulnérabilités, potentiellement accentuées par les changements climatiques, ressortent. Les vulnérabilités identifiées dans la région à l'étude sont les processus naturels côtiers, le vieillissement de la population et la fragilité de l'économie saisonnière associée au tourisme et à l'industrie des pêches. Afin d'assurer la sécurité et le maintien des activités dans les régions côtières maritimes du Québec, différentes mesures d'adaptation sont utilisées selon le contexte. Ces mesures peuvent relever du niveau réglementaire, comprenant le zonage et l'aménagement, ou du niveau technique, telles que la protection des berges et la construction d'infrastructures résilientes. Ailleurs au Canada et en Amérique du Nord, ces méthodes d'adaptation commencent à montrer une certaine implication d'efforts d'atténuation des changements climatiques. Ces méthodes passent par tous les niveaux, que ce soit par le contrôle de construction dans la plaine inondable, tel qu'observé à Terre-Neuve ou par l'implantation de mesures de protection côtières favorisant le retour aux fonctions naturelles des pêches, plusieurs cas à succès peuvent servir d'exemple au Québec. L'encadrement législatif des côtes du Québec est complexifié par le partage des compétences concernant les eaux navigables et le littoral, le système en place laisse cependant suffisamment de place aux municipalités pour que celles-ci puissent déterminer et implanter des mesures d'adaptation sur leur territoire. Une des solutions permettant de simplifier l'implantation de mesures d'adaptation prenant en compte l'atténuation dans les municipalités côtières du Québec serait d'éduquer les municipalités aux options qui leur sont disponibles et d'impliquer d'avantages les résidents dans le processus de sélection de mesures. Une fois formés adéquatement, les municipalités et citoyens pourront établir eux-mêmes des critères de sélection de mesures d'adaptation adéquates pour la municipalité. Un guide ou un document présentant des lignes directrices de telles démarches pourrait harmoniser le processus et simplifier la tâche au niveau des municipalités. Les outils nécessaires à l'implantation de mesures d'adaptation prenant en compte l'atténuation en milieu côtier sont déjà présents. La réussite d'une telle démarche dépend de la prise de décision et d'une chaîne de choix précis. L'éducation et la sensibilisation des preneurs de décisions et principaux intervenants en adaptation côtière au sujet de l'atténuation contribueront à l'amélioration des pratiques.

RÉFÉRENCES

- Actu-Environnement (2016) Anthropique. Repéré sur le site d'Actu-environnement, section Dictionnaire de l'environnement : http://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/anthropique.php4
- Adger, W. N., Arnell, N. W. et Tompkins, E. L. (2005). Successful adaptation to climate change across scales. *Global environmental change*, 15(2), 77-86.
- Agence de la Santé et des services sociaux de la Côte-Nord. (2012) *Portrait de santé et de bien être de la population de la Côte-Nord : contexte démographique*. Baie Comeau, QC : auteur.
- Agglomération des îles de la Madeleine (2010) *Schéma d'aménagement et de développement révisé*. Repéré sur le site de la municipalité des Îles-de-la-Madeleine, section développement – aménagement du territoire – schéma d'aménagement : <http://www.muniles.ca/developpement/amenagement-du-territoire/schema-damenagement/>
- Allen, M. R. et Ingram, W. J. (2002). Constraints on future changes in climate and the hydrologic cycle. *Nature*, 419(6903), 224-232.
- Aquaportail (2015) Définition de cycle hydrologique. Repéré sur le site de Aquaportail : <http://www.aquaportail.com/definition-5861-cycle-hydrologique.html>
- Association touristique régionale de la Gaspésie (2016) Accueil. Repéré sur le site Gaspésie je t'aime, site web touristique officiel, section accueil : <http://www.tourisme-gaspesie.com/accueil.html>
- Ban, N.C., Alidina, H. M. et Ardron, J. A. (2010) Cumulative impact mapping : Advances, relevance and limitations to marine management and conservation, using Canada's pacific waters as a case study. *Marine Policy*, 34, 876-886.
- Bas-Saint-Laurent (2010) *Plan régional de développement intégré des Ressources et du Territoire*. Rimouski, QC : Conférence régional des éluEs du Bas-Saint-Laurent.
- Batterson, M. et Liverman, D. (2010) Past and future sea-level change in Newfoundland and Labrador : guidelines for policy and planning. Newfoundland and Labrador Department of Natural Resources. *Geological Survey*, 10(1), 129-141.
- Beaulieu, N. et Santos Silva, J. (2014) *Plan d'action pour l'adaptation aux changements climatiques : Municipalité de Rivière-au-Tonnerre*. Rivière-au-Tonnerre, QC : auteurs.
- Becklumb, P. (2013) La réglementation environnementale : compétences fédérales et provinciales. Repéré sur le site de la Bibliothèque du Parlement, section au sujet du parlement – publications de recherche de la bibliothèque du parlement : <http://www.parl.gc.ca/Content/LOP/ResearchPublications/2013-86-f.htm>
- 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*. Rimouski, QC : Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski.
- Bernatchez, P., Marie, G., Boyer-Villemare, U. et Drejza, S. (2012) Les aléas côtiers dans l'est du Québec les impacts des changements climatiques. Rapport de consultation dans le cadre de l'élaboration du prochain plan d'action sur les changements climatiques. Repéré sur le site du CREBSL : http://crebsl.com/documents/pdf/changements_climatiques/presentation_erosioncc_pacc2020f.pdf

- BirdLife International. (2015) *Fratercula arctica*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015. Repéré sur le site web de la IUCN Red List of endangered species, section *Fratercula arctica*: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T22694927A82593109.en>
- Boisjoly, D. (2013) *Le Réseau d'aires protégées de la Côte-Nord*. Présentation du MDDELCC. Havre-Saint-Pierre, QC : auteur. Repéré sur le site du CRECN : http://crecotenord.org/sites/default/files/AP%20Presentation%20reseau%20aires%20protegees_Havre-Saint-Pierre.pdf
- Boudreault, F.-R., Dupont, J.-N. et Sylvain, C. (1977) Modèles linéaires de prédiction des débarquements de homards aux Îles-de-la-Madeleine (Golfe du Saint-Laurent). *Journal of Fisheries Resource Board Canada*, 34, 379-383.
- Campagna, M. (1996) Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP). (1996) *Le cycle du carbone et de la forêt : de la photosynthèse aux produits forestiers (C-97)*. Québec : Direction de l'environnement forestier. Service de l'évaluation environnementale. Ministère des ressources naturelles.
- CBCL Limited (2009) The 2009 state of Nova Scotia's coast : technical report. Repéré sur le site de la Nouvelle Écosse, section coast : <https://www.novascotia.ca/coast/state-of-the-coast.asp>.
- CBCL Limited (2012) *Managing municipal infrastructure in changing climate*. Repéré sur le site atlanticadaptation.ca, section Adaptation approach – vulnerability assessment : [http://atlanticadaptation.ca/sites/discoveryspace.upei.ca/acasa/files/DEC-00306-Infrastructure%20Workbook%20\(Web-Email%20Quality\).pdf](http://atlanticadaptation.ca/sites/discoveryspace.upei.ca/acasa/files/DEC-00306-Infrastructure%20Workbook%20(Web-Email%20Quality).pdf)
- City of Vancouver (s.d.) *Climate Change Adaptation Strategy*. Repéré sur le site de la ville de Vancouver, section green Vancouver – climate change adaptation strategy : <http://vancouver.ca/files/cov/Vancouver-Climate-Change-Adaptation-Strategy-2012-11-07.pdf>
- Code Civil du Québec*, RLRQ, c. C-1991.
- Comité ZIP Côte-Nord du Golfe (2014) Retour sur le Café du Golfe. *Compte rendu de Consultation Publique pour la mise à jour du Plan d'Action et de Réhabilitation écologique (PARE) de la Côte-Nord du Golfe*. Minganie, QC: auteurs.
- Consultants O.P.R. (2014) État de la situation de l'industrie touristique en Gaspésie. Consultants O.P.R. Cap-d'Espoir, QC : auteurs.
- Corporation des gestionnaires de phares de l'estuaire et du golfe Saint-Laurent (2014) La route des phares du Québec. Repéré sur le site de la route des phares du Québec : <http://www.routedesphares.qc.ca/fr/>
- Curry, R. et Mauritzen, C. (2005). Dilution of the northern North Atlantic Ocean in recent decades. *Science*, 308(5729), 1772-1774.
- DAA Stratégies (2012) *Actualisation du concept de parc récréotouristique à Percé et plan d'affaires*. Rapport de consultation publique du 14 février 2012. Québec, QC : auteurs.
- Davies, M. (2011) Geomorphic shoreline classification of Prince Edward Island. *Solutions pour l'adaptation au changement climatique en atlantique*. Rapport préparé par Coldwater Consulting Ltd. Repéré sur le site du gouvernement de l'Île-du-Prince-Édouard, section environment – shoreline erosion : <http://www.gov.pe.ca/environment/shoreline-erosion>
- Department of Communities, Land and Environment (2015). Shoreline Erosion and flooding. Repéré sur le site de l'Île-du-Prince-Édouard, section environment – land : <http://www.gov.pe.ca/environment/shoreline-erosion>

- Department of Environment, Energy and Forestry (s.d.) *Prince Edward Island and Climate Change, A strategy for reducing the impacts of global warming*. Charlottetown, IPE : auteur.
- Dettinger, M. et Ingram, L. (2013) Les Rivières atmosphériques. *Pour la science*. No. 473. Repéré sur la page de Pour la science Fr, section article de fond : http://www.pourlascience.fr/ewb_pages/a/article-les-rivieres-atmospheriques-31877.php
- Dictionnaire Environnement (2010) Chaîne trophique. Repéré sur le site du dictionnaire environnement: http://www.dictionnaire-environnement.com/chaine_trophique_ID1436.html
- Dignard, N., Petitclerc, P., Labrecque, J. et Couillard, L. (2009) *Guide de reconnaissance des habitats forestiers des plantes menacées ou vulnérables. Côte-Nord et Saguenay–Lac-Saint-Jean*, Ministère des Ressources naturelles et de la Faune et ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. Québec, QC : Direction de l'environnement et de la protection des forêts et Direction des communications.
- Dolan, A.H. et Walker, I.J. (2006) Understanding vulnerability of coastal communities to climate change related risks. *Journal of Coastal Research*, (39), 1316-1323.
- Drapeau, G. (1992) Dynamique sédimentaire des littoraux de l'estuaire du Saint-Laurent. *Géographie physique et quaternaire*, 46(2), 233- 242. doi: 10.7202/032907ar.
- Drejza, S., Bernatchez, P. et Dugas, C. (2011) Effectiveness of land management measures to reduce coastal georisks, eastern Québec, Canada. *Ocean and Coastal Management*, 54, 290-301.
- Dubois, J.-M. M., Bernatchez, P., Bouchard, J.-D., Daigneault, B., Cayer, D. et Dugas, S. (2005) *Évaluation du risque d'érosion du littoral de la Côte-Nord du Saint-Laurent pour la période de 1996-2003*. Rapport présenté au Comité interministériel sur l'érosion des berges de la Côte-Nord. Conférence régionale des élus de la Côte-Nord, Baie Comeau, Qc : auteurs.
- Dufour R. et Ouellet P. (2007) *Rapport d'aperçu et d'évaluation de l'écosystème marin de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent*. Pêches et Océans Canada, Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2744F. Mont-Joli, QC : auteurs.
- Easters Solent Coastal Partnership (2016) What is coastal squeeze? Repéré sur le site du Eastern Solent Coastal Partnership, section the Environment : <http://www.escp.org.uk/what-coastal-squeeze>
- Ecology Action Centre (EAC) (2014) Living Shorelines: Caribou Island Site Summary. Description de site. Repéré sur le site du EAC : <https://www.ecologyaction.ca/files/images-documents/image/Coastal/coastlines/Caribou%20Site%20Summary%20Website.pdf>
- Ecology Action Centre (EAC) (s.d.) “How can we naturalize Nova Scotia’s coasts while responding to concerns about coastal erosion?” Repéré sur le site du Ecology Action Centre, section Living Shorelines -*Our work* : <https://www.ecologyaction.ca/livingshorelines>
- Environnement et Changement climatique Canada (2014) Technologies du développement durable du Canada. Repéré sur le site d'Environnement et changement climatique Canada : <http://www.ec.gc.ca/scitech/default.asp?lang=Fr&n=7C0A752B-1>
- Environnement et Changement Climatique Canada (2015a) Atlas climatique des glaces de mer pour la Côte Est 1981-2010. Repéré sur le site d'Environnement et changement climatique Canada, dans la section météorologie – glace -service canadien des glaces : <https://www.ec.gc.ca/glaces-ice/default.asp?lang=Fr&n=AE4A459A-1&offset=2&toc=hide>
- Environnement et changement climatique Canada (2015b) Météo maritime. Repéré sur le site web d'environnement et changement climatique Canada, page Explorer les sujets, section conditions météorologiques et atmosphériques : <https://ec.gc.ca/meteo-weather/default.asp?lang=Fr&n=4BD00C4A-1>

- Environnement et Changement climatique Canada (2015c) *El Niño*. Page réperée dans Climat et conditions météorologiques historiques, Conditions atmosphériques et météorologiques : <https://ec.gc.ca/meteo-weather/default.asp?lang=Fr&n=1C524B98-1>
- Environnement et Changement Climatique Canada (2015d) Émissions canadiennes de gaz à effet de serre, Surveillance, déclaration et vérification des sources et des puits de gaz à effet de serre. Repéré sur le site d'Environnement et Changement climatique Canada : <https://www.ec.gc.ca/ges-ghg/default.asp?lang=Fr&n=1357A041-1>
- Environnement et changement climatique Canada (2016) Les terres humides. Repéré sur le site d'Environnement et changement climatique Canada, section eau – source d'eau : <https://www.ec.gc.ca/eau-water/default.asp?lang=Fr&n=27147C37-1>
- Fédération des municipalités canadiennes (2009) Ressources municipales servant à s'adapter au changement climatique. Ottawa, ON : Fonds municipa vert, Fédération des municipalités canadiennes.
- Feely, R. A., Sabine, C. L., Lee, K., Berelson, W., Kleypas, J., Fabry, V. J. et Millero, F. J. (2004). Impact of anthropogenic CO₂ on the CaCO₃ system in the oceans. *Science*, 305(5682), 362-366.
- Fond d'action Québécois pour le développement durable (FAQDD). (2010) Changements climatiques. Repéré sur le site du FAQDD, section enjeux stratégiques – changements climatiques: <http://www.faqdd.qc.ca/enjeux-strategiques/les-changements-climatiques/>
- Ford, J.D. et King D. (2013). A framework for examining adaptation readiness. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 20(4), 505.
- Ford, J.D. et Smit, B. (2004) A freamework for assessing the vulnerability of communities in the canadian arctic to risks associated with climate change. *Arctic*, vol. 57, no. 4, p. 389-400.
- Friesinger, S. et Bernatchez, P. (2010) Perceptions of Gulf of St. Lawrence coastal communities confronting environmental change : Hazards and adaptation, Québec, Canada. *Ocean & Coastal Management*, 53, 669-678.
- Futura-Sciences (2016) Biodiversité. Repéré sur le site de Futura-Sciences, section nature- dictionnaire: <http://www.futura-sciences.com/magazines/nature/infos/dico/d/classification-vivant-biodiversite-3625/>
- Gagné, G. (2010) La nature se déchaîne à Maria et à Saint-Omer. *Le Soleil*. Repéré sur la page : http://www.lapresse.ca/le-soleil/actualites/environnement/201012/06/01-4349829-la-nature-se-dechaîne-a-maria-et-a-saint-omer.php?utm_categorieinterne=trafficedrivers&utm_contenuinterne=cyberpresse_vous_suggere_4349828_article_POS1
- Galbraith, H., Jones, R., Park, R., Clough, J., Herrod-Julius, S. Harrington, B. et Page, G. (2002) Global Change and Sea Level Rise : Potential losses of intertidal habitat for shorebirds. *Waterbirds*, 25(2), 173-183.
- Gittman, R.K., Fodrie, F.J., Popowich, A.M., Keller, D.A., Bruno, J.F., Currin, C.A., ... Piehler, M.F. (2015) Engineering away our natural defenses: an analysis of shoreline hardening in the US. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 13(6), 301-307.
- Goldwater consulting Lte. (2011) *Geomorphic shoreline classification of Prince Edward Island*. Repéré sur le site du gouvernement de l'Île-du-Prince-Édouard, section environment – shoreline erosion: <http://www.gov.pe.ca/environment/shoreline-erosion>

- Gouvernement du Canada (2015) L'approche du Canada afin de contrer les changements climatiques. Repéré sur le site de l'Action du Canada, section l'approche du Canada : <http://www.changementsclimatiques.gc.ca/default.asp?lang=Fr&n=72F16A84-1>
- Gouvernement du Nouveau-Brunswick. (2016) Cartographie côtière. Repéré sur le site web du Ministère de l'énergie et des mines, section minérales et pétrolières : http://www2.gnb.ca/content/gnb/fr/ministeres/energie/minerales/content/Cartographie_cotiere.html.
- Gouvernement du Québec. (2013) *Orientations gouvernementales en matière de diversité biologique*. Québec : Bibliothèque et Archives nationales du Québec.
- Gouvernement du Québec. (2015) *La stratégie maritime à l'horizon 2030, plan d'action 2015-2020*. Québec : Bibliothèques et Archives nationales du Québec.
- Gouvernement du Québec. (2016) *Tourisme en chiffre*. Document produit par le gouvernement du Québec. Repéré sur le site de Tourisme Québec, section Publications – Connaissances stratégiques – importance économique et performance – le tourisme au Québec en chiffres : <http://www.tourisme.gouv.qc.ca/publications/categorie/tourisme-quebec-chiffres-50.html>
- Graham J. et Musselman, R. (s.d.) Coastal climate change adaptation : an opportunity for nova scotia's towns & municipalities. Fiche informative en ligne repérée sur le site du Ecology Action Centre: https://www.ecologyaction.ca/files/images-documents/file/Coastal/info_sheets_summaires.pdf
- Grant, D.R. (1970) Recent coastal submergence of the Maritime Provinces, Canada. *Canadian journal of earth sciences*, 7, 676-689.
- Grégoire, P. (2014) *Adaptation du tourisme côtier aux changements climatiques dans les petits états insulaires en développement* (Essai de maîtrise). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, QC. Repéré à : https://www.usherbrooke.ca/biologie/fileadmin/sites/biologie/documents/Programmes_d_etudes/Ecologie_internationale/Gregoire_Philippe_essai_version_finale.pdf
- Groupe de travail Suivi de l'état du Saint-Laurent. (2014) *Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2014. Plan Saint-Laurent*. 53 pages. QC : Environnement Canada, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec, Parcs Canada, Pêches et Océans Canada et Stratégies Saint-Laurent.
- Hal, C.M. et Higham, J.E.S. (Éditeurs) (2005) *Tourism, recreation, and climate change*. North York, ON : Publications Channel View.
- Harley, C.D.G., Hughes, A.R., Hultgren, K.M., Miner, B.G., Sorte, C., Thornber, C.S., ... Williams, S.L. (2006) The impacts of climate change in coastal marine systems. *Ecology Letters*, 9, 228–241.
- Harrison, P. A., Berry, P. M., et Paterson, J. S. (2010). Climate change adaptation and mitigation : synergies, antagonisms and trade-offs for biodiversity and ecosystems services. Dans *BOU Proceedings – Climate Change and Birds*. 4 p. Oxford, Royaume Unis : Environmental Change Institute, Oxford University Centre for the Environment.
- Harvell, C. D., Mitchell, C. E., Ward, J. R., Altizer, S., Dobson, A. P., Ostfeld, R. S. et Samuel, M. D. (2002). Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota. *Science*, 296(5576), 2158-2162.
- Hoegh-Guldberg, O. et Bruno, J.F. (2010) The impact of climate change on the world's marine ecosystems. *Science*, 328, 1523-1528.

- Hunt, A. et Watkiss, P. (2010) Climate change impacts and adaptation in cities : a review of the literature. *Climate Change*, 104, 13-19. doi : 10.1007/s10584-010-9975-6
- Ici Radio-Canada. (2008) L'eau détruit un pont. *Radio-Canada, Bas-Saint-Laurent*. Repéré à <http://ici.radio-canada.ca/regions/est-quebec/2008/08/04/001-Inondations-Maria.asp>
- Institut de la statistique, Gouvernement du Québec (2015) Profils statistiques par région et MRC géographiques. Fiche synthèse et régionale. Repéré sur la page Statistiques et publications, section Coups d'œil sur les régions et MRC : http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/profils/region_00/region_00.htm
- Intergovernmental panel on climate change (IPCC) (2007) Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. 99p. Cambridge, Royaume Unis et New York, NY: Cambridge University Press.
- Intergovernmental panel on climate change (IPCC) (2013) Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Dans *Contribution of WG1 to AR5*. Cambridge, Royaume Unis et New York, NY: Cambridge University Press.
- Intergovernmental panel on climate change (IPCC) (2014) Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Dans *Contribution of WG2 to AR5. Summary for Policy Makers*. Cambridge, Royaume Unis et New York, NY: Cambridge University Press.
- Jiang, L. et Hardee, K. (2010) How to recent population trends matter to climate change? *Population Res Policy Rev.* 30, 287-312. doi : 10.1007/s11113-010-9189-7
- Jolicoeur S. et O'Carroll, S. (2007) Sandy barriers, climate change and long-term planning of strategic coastal infrastructures, Îles-de-la-Madeleine, Gulf of St. Lawrence (Québec, Canada). *Landscape and Urban planning.* 81, 287-298.
- Kane, S., et Shogren, J. F. (2000). Linking adaptation and mitigation in climate change policy. *Climatic Change*, 45(1), 75-102.
- King, D. A. (2004). Climate change science: adapt, mitigate, or ignore?. *Science*(Washington), 303(5655), 176-177.
- Klein, R.J.T. et Nicholls, R.J. (1999). Assessment of coastal vulnerability to climate change. *Ambio*, 8(2), 182-187.
- L'internaute (2016a) Externalité. Repéré sur le site de l'internaute, section dictionnaire : <http://www.linternaute.com/dictionnaire/fr/definition/externalite/>
- L'internaute (2016b) Onde de tempête. Repéré sur le site de l'Internaute, section : Dictionnaire : <http://www.linternaute.com/dictionnaire/fr/definition/onde-de-tempete/>.
- Linham, M.M. et Nicholls, R.J. (2010) Technologies for climate change adaption – coastal erosion and flooding- *TNA guidebook series*. Danemark: UNEP Riso centre.
- Loi canadienne sur la protection de l'environnement*, L.C. 1999, c. 33.
- Loi sur l'aménagement et l'urbanisme*, L.R.Q., c. A-19.1.
- Loi sur la Fondation du Canada pour l'appui technologique au développement durable*, L.C., c. 23.
- Loi sur la protection de la navigation*, L.R.C. 1985, c. N-22.
- Loi sur la qualité de l'environnement*, L.R.Q., c. Q-2.
- Loi sur le régime des eaux*, L.R.Q., c. R-13.
- Loi sur les compétences municipales*, L.R.Q., c. C-47.1.

- Loi sur les espèces menacées ou vulnérables du Québec*. L.R.Q. E-12.01
- Loi sur les océans*, L.C 1996, c. 31.
- Loi sur les pêches*, L.R.C 1985, c. F-14
- Loi sur les terres du domaine de l'état*, L.R.Q., c. T-8.1.
- McCulloch, M.M., Forbes, D.L., Shaw, R.W. et Climate Change Action Fund A041 Scientific Team. (2002) Coastal Impacts of climate change and sea-level rise on Prince Edward Island. Document du Geological survey of Canada, Gouvernement du Canada. Executive Summary.
- Merinov (2015) Réinventer la mer, Rapport Annuel 2014-2015. Document repéré sur le site de Merinov, section documents de Merinov : <http://www.merinov.ca/images/Documents/corporatif/Merinov%20Rapport%20annuel%202013-2014.pdf> 63 p.
- Merinov. (2016a) Historique. Repéré sur le site de Merinov, section organisation : <http://www.merinov.ca/fr/organisation/historique>
- Merinov. (2016b) *Bilan des consultations, programmation des activités 2016-2019*. Repéré sur le site de Merinov, section documents de Merinov : <http://www.merinov.ca/fr/organisation/documents-de-merinov>
- Mimeault, M. (1997) Une longue histoire de pêche : la morue du golfe du Saint-Laurent. *Cap-aux-Diamants : la revue d'histoire du Québec*, 51, 24-27.
- Ministère de l'énergie et des ressources naturelles du Québec (2013) Les frontières du Québec. Repéré sur le site du Ministère de l'énergie et des ressources naturelles, section le territoire : <https://www.mern.gouv.qc.ca/territoire/portrait/portrait-frontieres.jsp>
- Ministère des affaires municipales et occupation du territoire (MAMOT) (2010) Rivière-au-Tonnerre. Repéré sur le site du MAMOT, section Répertoire des municipalités : <http://www.mamrot.gouv.qc.ca/repertoire-des-municipalites/fiche/municipalite/98055/>
- Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) (2010a) Sterne caspienne. Fiche descriptive. Repérée sur le site du MFFP, dans la liste des espèces fauniques menacées ou vulnérables au Québec : <http://www3.mffp.gouv.qc.ca/faune/especes/menacees/fiche.asp?noEsp=42>
- Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) (2010b) Arlequin plongeur. Fiche descriptive. Repérée sur le site du MFFP, dans la liste des espèces fauniques menacées ou vulnérables au Québec : <http://www3.mffp.gouv.qc.ca/faune/especes/menacees/fiche.asp?noEsp=28>
- Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) (2010c) Garot d'islande. Fiche descriptive. Repérée sur le site du MFFP, dans la liste des espèces fauniques menacées ou vulnérables au Québec : <http://www3.mffp.gouv.qc.ca/faune/especes/menacees/fiche.asp?noEsp=83>
- Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) (2010d) Râle jaune. Fiche descriptive. Repérée sur le site du MFFP, dans la liste des espèces fauniques menacées ou vulnérables au Québec : <http://www3.mffp.gouv.qc.ca/faune/especes/menacees/fiche.asp?noEsp=41>
- Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) (2015) Ressources et industrie forestières. Portrait statistique édition 2015. Québec, QC : Gouvernement du Québec.
- Ministère des Pêches et des Océans. (2013) *Les pêches maritimes du Québec - Portrait 2010-2011*. Québec, QC : Division de la statistique et des permis en collaboration avec la Direction des politiques et de l'économie Ministère des Pêches et des Océans.

- Ministère des Ressources naturelles (1995) *Mise en œuvre de la convention-cadre des nations unies sur les changements climatiques*. Plan d'action du Québec. Charlesbourg, QC : Gouvernement du Québec.
- Ministère des Ressources naturelles et de la faune (2010) *Portrait territorial du Bas-Saint-Laurent*. Gouvernement du Québec. Québec : Bibliothèque et archives nationales du Québec.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (2015c) Région administrative de la Gaspésie-Île-de-la-Madeleine. Qu'est-ce qu'une aire protégée? Repéré sur le site du MDDELCC, section Gaspésie-Île-de-la-Madeleine: http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/regions/region_11/aires-protegees.htm
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (2015b) Région administrative de la Côte-Nord. Qu'est-ce qu'une aire protégée? Repéré sur le site du MDDELCC, section Côte-Nord : http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/regions/region_09/aires-protegees.htm
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. (MDDELCC) (2016) Registre des aires protégées. Repéré sur le site du MDDELCC, section biodiversité – aires protégées : http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/biodiversite/aires_protegees/registre/
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (2015d) Bilan 2013-2014 des plans d'action sur les changements climatiques. Repéré sur le site de MDDELCC, section changements climatiques. <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/changementsclimatiques/bilan-2013-2014/bilanPACC-2013-2014.pdf>
- Ministère du développement durable, de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (2015e). *Guide d'interprétation, Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables*, Repéré sur le site du MDDELCC, section eau – rives – politique de protection des rives du littoral et des plaines inondables : <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/rives/>
- Ministère du Développement Durable, de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (2015a) Les espèces exotiques envahissantes. Repéré sur le site du MDDELCC, section Biodiversité : <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/biodiversite/especes-exotiques-envahissantes/index.asp>
- Ministère du Développement Durable, de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (2015g) *Région de la Côte-Nord*. Repéré sur le site du MDDELCC, section biodiversité – aires protégées – Côte-Nord : http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/biodiversite/aires_protegees/registre/carte-aires-protegees.htm
- Ministère du Développement Durable, de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (2015h) *Région du Bas-Saint-Laurent*. Repéré sur le site du MDDELCC, section biodiversité – aires protégées – Bas-Saint-Laurent : http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/biodiversite/aires_protegees/registre/carte-aires-protegees.htm
- Ministère du Développement Durable, de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (2015i) *Région de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine*. Repéré sur le site du MDDELCC, section biodiversité – aires protégées – Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). (2015f) Cible de réduction d'émissions de gaz à effets de serre du Québec pour 2030. Repéré sur le site du MDDELCC, section changements climatiques : <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/changementsclimatiques/consultations/cible2030/consultationPos t2020.pdf>

- Ministère du tourisme (2015) *Le tourisme au Québec en bref, 2013*. Repéré sur le site de Tourisme Québec, section publications – connaissances stratégiques – importance économique et performance – le tourisme au Québec en bref : <http://www.tourisme.gouv.qc.ca/publications/categorie/tourisme-quebec-bref-53.html>
- Morneau, F., Michaud, M., Lecours, F., Côté, L. et Roy D. (2001) *Étude d'impact sur l'environnement : reconstruction d'un mur le long de la route 132 municipalité de maria, baie de cascapédia*. Québec : Gouvernement du Québec, Ministère des Transports du Québec.
- Morris, J.T., Sundareshwar, P.V., Nietch, C. T., Kjerfve, B. et Cahoon, D.R. (2002) Responses of coastal wetlands to rising sea level. *Ecology*, 83(10), 2869-2877.
- Municipalité des Îles-de-la-Madeleine (s.d.) *Bâtir ensemble l'avenir : un projet de territoire pour les Îles –de-la-madeleine*. Repéré sur le site de la municipalité des Îles-de-la-Madeleine : http://www.muniles.ca/wp-content/uploads/Document_FINAL_PROJET_DE_TERRITOIRE.pdf
- Najjar, R.G., Walker, H.A., Anderson, P.J., Barron, E.J., Bord, R.J., Gibson, R.J., ... Swanson. R.S. (2000) The potential impacts of climate change on the mid-Atlantic coastal region. *Climate Research*, 14, 219-233.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (s.d.) About our agency. Repéré sur le site web de NOAA: <http://www.noaa.gov/about-our-agency>
- New Brunswick Climate Change Secretariat (2014) New Brunswick climate change action plan 2014-2020. Fredericton, NB : auteurs.
- Nicholls, R. J. et Cazenave, A. (2010). Sea-level rise and its impact on coastal zones. *Science*, 328(5985), 1517-1520.
- Nicholls, R.J., Cooper, N. et Townend, I.H. (2007) *The management of coastal flooding and erosion*. Dans Thorne, Future Flood and Coastal Erosion Risks, pages 293-413. London, Royaume-Unis: Thomas Telford.
- NOAA (2016) What are *El Niño* and *La Niña*? Repéré sur le site du NOAA, section Ocean facts : <http://oceanservice.noaa.gov/facts/ninonina.html>
- O'Neill, B.C., MacKellar, F.L. et Lutz, W. (2005) *Population and Climate Change*. New York, NY : Cambridge University press. International Institute for Applied Systems Analysis.
- Observatoire Global du Saint-Laurent (s.d.) Banque d'information des oiseaux du Québec – Sterne caspienne. Repéré sur le site du OSGL, sur la page biodiversité, section oiseaux EC-BIOMQ : <https://ogsl.ca/fr/biodiversite/oiseaux/ec-biomq/info-oiseaux/sterne-caspienne.html>
- Office of Climate Change and Energy Efficiency (2013) Impacts of Climate Change. Repéré sur le site Turn Back the Tide, du gouvernement de Terre-Neuve-et-Labrador, section About Climate Change and Energy Efficiency : <http://www.turnbackthetide.ca/understanding/impacts-of-climate-change.shtml#.VzXuXGORmII>
- Okey, T. A., Alidina, H. M., Lo, V. et Jessen S. (2014) Effects of climate change on Canada's pacific marine ecosystems : a summary of scientific knowledge. *Rev Fish Biol Fisheries*, 24, 519-559. doi : 10.1007/s11160-014-9342-1.
- Okey, T.A., Alidina, H.M., Montenegro, A., Lo, V. et Jessen, S. (2012) *Climate change impacts and vulnerabilities in Canada's Pacific marine ecosystems*. Vancouver, BC : CPAWS BC et WWF-Canada.
- Orford, J.D., Carter, R.W.G., Jennings, S.C. et Hinton, A.C. (1994) Processes and timescales by which a coastal gravel dominated barrier responds geomorphologically to sea-level rise : story head barrier, Nova Scotia. *Earth surface processes and landforms*. 20, 21-37

- Ouranos (2010) *Savoir s'adapter aux changements climatiques*. Montréal, QC : Ouranos.
- Parcs Canada (2015) Parc national de Forillon. Repéré sur le site de Parcs Canada, section parcs nationaux : <http://www.pc.gc.ca/fra/pn-np/qc/forillon/natcul.aspx>
- Parcs Canada (2016) Réserve de parc national de l'Archipel-de-Mingan. Repéré sur le site de Parcs Canada, section parcs nationaux : <http://www.pc.gc.ca/fra/pn-np/qc/mingan/index.aspx>
- Pêches et Océans Canada (2009a) Le monde sous-marin, Homard d'Amérique. Repéré sur le site web de Pêches et Océans Canada, sur la page Science et Recherche plus, section le monde sous-marin : <http://www.dfo-mpo.gc.ca/Science/publications/uww-msm/articles/americanlobster-homarddamerique-fra.html>
- Pêches et Océans Canada (2009b) Le monde sous-marin, Crabe des neiges. Repéré sur le site web de Pêches et Océans Canada, sur la page Science et Recherche plus, section le monde sous-marin : <http://www.dfo-mpo.gc.ca/Science/publications/uww-msm/articles/snowcrab-crabedesneiges-fra.html>
- Pêches et Océans Canada. (2012) Vers une stratégie de rétablissement des stocks de Morue du Golfe du Saint-Laurent - Stratégie de l'équipe de reconstruction de la morue Canada-Québec. Repéré sur le site de Pêches et Océans Canada, section pêches, programmes et initiatives liées aux pêches: <http://www.dfo-mpo.gc.ca/fm-gp/initiatives/cod-morue/strategie-qc-fra.htm#a9>
- Pêches et Océans Canada. (2015a) Pêches commerciales. Repéré sur le site web de Pêches et Océans Canada, section pêches : <http://www.qc.dfo-mpo.gc.ca/peches-fisheries/commerciale-commercial/index-fra.html>
- Pêches et Océans Canada. (2015b) Le patrimoine océanique du Canada. Une description des zones maritimes du Canada. Repéré sur le site de pêches et Océans Canada, section Océans Écosystèmes : <http://www.dfo-mpo.gc.ca/oceans/canadasoceans-oceansducana/marinezones-zonesmarines-fra.htm#internal>
- Perry, A.L., Low, P.J., Ellis, J.R. et Reynolds, J.D. (2005) Climate Change and Distribution Shifts in Marine Fisher. *Science*. 308, 1912-1915.
- Petitclerc P., Dignard, N., Couillard, L., Lavoie, G. et Labrecque, J. (2007) *Guide de reconnaissance des habitats forestiers des plantes menacées ou vulnérables. Bas-Saint-Laurent et Gaspésie*. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune et ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. Québec, QC : Direction de l'environnement et de la protection des forêts et Direction des communications
- Phillips, M.R. et Jones, A.L. (2006). Erosion and tourism infrastructure in the coastal zone: Problems, consequences and management. *Tourism Management*, 27(3), 517-524.
- Potvin, C. , Aitken, S., Anctil, F., Bennett, E., Berkes, F., Byrne, J., ... Wright, T. (s.d.) *Agir sur les changements climatiques, les solutions d'universitaires canadiens et canadiennes*. Département de biologie, Université McGill. Montréal, QC : auteurs.
- Protection civile Canada (1995) *Responsabilités ministérielles en matière de planification des mesures d'urgences*. Repéré sur le site d'Environnement et Changement climatique Canada, section urgences environnementales : <http://ec.gc.ca/ee-ue/default.asp?lang=Fr&n=8E450821-1>
- Province of Nova Scotia (2014) What NS is doing. Page repérée sur : <https://climatechange.novascotia.ca/what-ns-is-doing> section climate change nova scotia.
- Prowse, T. D. et Furgal, C. (2009) Norther Canada in a changing climate : major findings and conclusions. *Ambio*, 38(5), 290-292.

- Racine, J.-F. (2015) Une tempête fait des dégâts qui dépassent 1M \$ en Gaspésie. *Le Journal de Montréal*. Repéré à <http://www.journaldemontreal.com/2015/10/29/des-degats-qui-depassent-un-million>
- Radio-Canada. (2007) Québec adopte un programme d'aide spécial. *Radio-Canada, Bas-Saint-Laurent*, Repéré à <http://ici.radio-canada.ca/regions/est-quebec/2007/09/06/014-Gaspesie-pluies-aide.asp>
- Ralph, F. M. et Dettinger, M. D. (2011) Storms, Floods, and the Science of Atmospheric Rivers. *EOS, Transactions, American Geophysical Union*, 92(32), 265-272.
- Règlement sur les refuges d'oiseaux migrants*, C.R.C, ch. 1036
- Regroupement national des conseils régionaux de l'environnement (RNCRE) (s.d.) Faire face aux changements climatiques sur la Côte-Nord. Repéré sur le site du CRECN, section publications : <http://www.crecn.org/main.php?sid=m&mid=4&lng=2>
- Ressources Naturelles Canada (2009) *Changement climatique – sensibilité des côtes à l'élévation du niveau des mers*. 6^e édition de l'Atlas du Canada. Repéré à <http://geogratias.gc.ca/api/fr/nrcan-rncan/ess-sst/dc9817c0-8893-11e0-82bc-6cf049291510.html>
- Ressources Naturelles Canada (2015) Plateforme sur l'adaptation aux changements climatiques. Repéré sur le site web de Ressources Naturelles Canada, section Environnement : <http://www.rncan.gc.ca/environnement/impacts-adaptation/plateforme-adaptation/10028>
- Reuveny, R. (2007) Climate change-induced migration and violent conflict. *Political Geography*, 26, 656-673.
- Roessig, J.M., Woodley, C.M., Cech, J.J. et Hansen, L.J. (2004) Effects of global climate change on marine and estuarine fishes and fisheries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 14, 251-275.
- Rosenzweig, C., Major, D.C., Demong, K., Stanton, C., Horton, R. et Stults, M. (2007) Managing climate change risks in New York City's water system : assessment and adaptation planning. *Mitigation adaptation strategy global change*, 12, 1391-1409. doi : 10.1007/s11027-006-9070-5.
- Samat, O. (2007) *Efficacité et impacts des ouvrages en enrochement sur les plages microtidales. Le cas du Languedoc et du Delta du Rhône* (Thèse de doctorat). Université Aix-Marseille I, Marseille, France.
- Santos Silva, J. (2015) *Portrait des techniques d'aménagement du littoral utilisées par les riverains de Sainte-Flavie*. Repéré sur le site défis des communautés côtières, section communautés – Sainte-Flavie/ Rivière-au-Tonnerre : http://www.defisdescommunautescotieres.org/en/communautes/sainte_flavie_documents
- Savenkoff, C., Castonguay, M., Chabot, D., O. Hammill, M., Bourdages, H. et Morissette, L. (2006) Changes in the northern Gulf of St. Lawrence ecosystem estimated by inverse modelling : Evidence of a fishery-induced regime shift? *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 73, 711-724.
- Schwartz, R. (2004) Chapitre 7 : Zones côtières. Dans Lemmen et Warren (dir), *Impacts et adaptation liés aux changements climatiques : perspective canadienne*. Ottawa, ON : Gouvernement du Canada Ressources Naturelles Canada.
- Sécurité publique Québec (2014) S'initier à la sécurité publique. Repéré sur le site de Sécurité publique Québec, section Sécurité civile : <http://www.securitepublique.gouv.qc.ca/securite-civile/sinitier.html#c286>
- Shaw, J., Taylor, R.B. et Forbes, D.L. (1993) Impact of the holocene transgression on the atlantic coastline of Nova Scotia. *Géographie physique et Quaternaire*, 47(2), 221-238.

- Siron, R. et Savenkoff, C. (s.d.) Cycle naturel du carbone dans le Golfe du Saint-Laurent. Repéré sur le site de OSGL, sur la page Cycle du carbone, section bilan annuel : <https://slgo.ca/fr/carbone/bilans/annuel/44-climat/carbone.html>
- Smit, B. et Wandel, J. (2006) Adaptation, adaptive capability and vulnerability. *Global environmental change*, 16, 282-292. doi:10.1016/j.gloenvcha.2006.03.008
- Société des établissements de plein air au Québec (SÉPAQ) (2016a) Parc national d'Anticosti. Repéré sur le site web de la Sépaq sur le parc national d'Anticosti : <http://www.sepaq.com/pq/pan/index.dot>
- Société des établissements de plein air au Québec (SÉPAQ) (2016b) Parc national de Miguasha. Le site web de la Sépaq sur le parc national de Miguasha : <http://www.sepaq.com/pq/mig/>
- Société des établissements de plein air au Québec (SÉPAQ) (2016c) Parc national de l'Île-Bonaventure-et-du-Rocher-Percé. Le site web de la Sépaq sur le parc national de l'Île-Bonaventure-et-du-Rocher-Percé : <http://www.sepaq.com/pq/bon/>
- Stewardship Centre for British Columbia. (s.d.) What is the Green Shores Initiative? Repéré sur le site du Stewardship centre, section Green Shores – About us : http://stewardshipcentrebc.ca/Green_shores/what-is-greenshores/
- Stratégies Saint-Laurent (2011) Le Saint-Laurent : Géographie. Repéré sur le site de Stratégies Saint-Laurent : Remettre le Saint-Laurent au monde, section le Saint-Laurent – géographie – Les tronçons du Saint-Laurent : <http://www.strategie-sl.qc.ca/le-saint-laurent/geographie>
- Talton, T. (2016) Evidence mounts of shorelines' success. Repéré sur le site des *Coastal Reviews Online* de la fédération côtière de la Caroline du Nord, section special report: <http://www.coastalreview.org/2016/02/12920/>
- Tamarak Geographic Technologies Ltd. (2013) Geosciences Atlas. Outils internet, repéré à la page : <http://geoatlas.gov.nl.ca/Default.htm>.
- The Arlington Group Planning + Architecture Inc. (TAGP) (2013) *Sea level rise adaptation primer : a toolkit to build adaptive capacity on Canada's south coasts*. Rapport préparé pour le British Columbia Ministry of Environment, C-B : auteurs.
- Thériault, C. (2010a) Tempête dans l'Est-du-Québec : des millions de dollars de dégâts. *Le Soleil*. Repéré à http://www.lapresse.ca/le-soleil/actualites/environnement/201012/07/01-4350194-tempete-dans-lest-du-quebec-des-millions-de-dollars-de-degats.php?utm_categorieinterne=trafficdrivers&utm_contenuinterne=cyberpresse_vous_suggere_4350558_article_POS2
- Thériault, C. (2010b) Tempête dans l'Est : mieux vaut prévenir... *Le Soleil*. Repéré à http://www.lapresse.ca/le-soleil/actualites/environnement/201012/08/01-4350558-tempete-dans-lest-mieux-vaut-prevenir.php?utm_categorieinterne=trafficdrivers&utm_contenuinterne=cyberpresse_vous_suggere_4349829_article_POS4
- Thibault, J.-M. (2010) Parcs nationaux – Les 40 ans de l'expulsion de Forillon. *Le Devoir*. Repéré à <http://www.ledevoir.com/societe/actualites-en-societe/293134/parcs-nationaux-les-40-ans-de-l-expulsion-de-forillon>
- Thibault, J.-P. (2015) Il y a 45 ans aujourd'hui : l'expropriation du territoire de Forillon. *Le Pharillon*. Repéré à <http://www.lepharillon.ca/actualites/societe/2015/7/22/il-y-a-45-ans-aujourd-hui---l-expropriation-du-territoire-de-for.html>

- Tinis, S. (2015) 2015-16 storm surges almanac, climate outlook and tidal elevations for fall/ winter 2015. *BC storm surge forecasting system*. Repéré sur le site de stormsurgebc, section almanac – 2015/2016 : <http://www.stormsurgebc.ca/files/reports/2015-2016.pdf>
- Tourisme Côte-Nord (2016) Portrait de la région. Repéré sur le site de Tourisme Côte-Nord, section découvrez notre région. <http://tourismecote-nord.com/decouvrez-notre-region/portrait-de-la-region/>
- Tourisme Québec (s.d.) Parc national d'Anticosti. Repéré sur le site de Québec original, section quoi faire – sports et nature – parcs nationaux – parc d'Anticosti : <https://www.quebecoriginal.com/fr/fiche/quoi-faire/sports-et-nature/parcs-nationaux/parc-national-danticosti-11902013>
- Transports Canada (2016) Programme de transfert des installations portuaires. Repéré sur le site de Transports Canada, section transport maritime – ports – programmes portuaires : <https://www.tc.gc.ca/fra/programmes/programme-transfert-installations-portuaires-2979.html>
- Tremblay, B. (2002). *Les milieux humides côtiers du sud de la Gaspésie*. Document présenté à la Société de la faune et des parcs du Québec et au ministère des Pêches et des Océans du Canada par le Comité Zone d'Intention Prioritaire (ZIP) Baie des Chaleurs. Maria, QC : Comité ZIP Baie des Chaleurs.
- United Nations Environment Program (UNEP) (s.d.) Building Resilience of Ecosystems for Adaptation. Repéré sur le site de l'UNEP, section Climate Change Adaptation : <http://www.unep.org/climatechange/adaptation/EcosystemBasedAdaptation/tabid/29583/Default.aspx>
- United States Environmental Protection Agency (EPA) (2015) Climate change in coastal communities. Repéré sur le site de l'EPA, section Climate Ready Estuaries : <https://www.epa.gov/cre/climate-change-coastal-communities#what>
- United States Environmental Protection Agency (EPA) (2016a) Coastal Areas. Climate Impacts on Coastal areas. Repéré sur le site de l'EPA, section Climate change section Impacts : <http://www3.epa.gov/climatechange/impacts/coasts.html>
- United States Environmental Protection Agency (EPA) (2016b) What EPA is doing about climate change. Repéré sur le site de l'EPA, section Climate Change. : <https://www3.epa.gov/climatechange/EPAactivities.html> section Science and technology
- Université de Moncton. (2016) Techniques et stratégies d'adaptation. Repéré sur le site Adaptation aux changements climatiques aux communautés du Nouveau-Brunswick, section stratégies d'adaptation : http://www8.umoncton.ca/umcm-climat/grain/3_2_techniques_et_strategies_d_adaptation
- Ville de Percé (2014) *Conception pour la reconstruction du mur de soutènement et de la promenade de Percé dans l'anse du sud et pour la protection des berges dans l'anse du nord*. Rapport Final, Gaspé, QC : auteur.
- Ville de Sept-Îles (2016) Histoire. Repéré sur le site de la ville de Sept-Îles, section La ville, portrait : http://ville.sept-iles.qc.ca/fr/histoire_6
- Warren, F.J. and Lemmen, D.S. (2014) *Canada in a Changing Climate: Sector Perspectives on Impacts and Adaptation*; Gouvernement of Canada, Ottawa, ON : auteurs.

BIBLIOGRAPHIE

- Brander, K. (2009) Impacts of climate change on fisheries. *Journal of Marine Systems*, 79, p. 389-40. doi: 10.1016.
- Gouvernement du Québec, (s.d.) Rapport sur l'état de l'eau et des écosystèmes aquatiques du Québec. Repéré sur la page du MDDELCC : <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/rapportsurleau/portrait-Qc-aquatique-eau-nord-sud-est-ouest.htm>
- Loi affirmant le caractère collectif des ressources en eau et assurant leur protection*, L.R.Q., c. C-6.2.
- Loi sur les ressources en eau du Canada*, L.R.C 1985, c. C-11.
- Ministère du Développement durable, de l'environnement et des parcs. (2012) Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques 2013-2020. Repéré sur le site web du MDDELCC, section plan d'action : http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/changements/plan_action/strategie-adaptation2013-2020.pdf
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (2012) Plan d'action sur les changements climatiques 2013-2020 phase 1. Repéré sur le site du MDDELCC, section plan d'action : http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/changements/plan_action/pacc2020.pdf
- MRC du Roché Percé. (2015) Cartographie. Repéré sur le site de la MRC du Rocher Percé, section profil du territoire : http://www.mrcrocherperce.qc.ca/index.php?option=com_content&view=article&id=41&Itemid=32
- National Research Council (2010). *America's Climate Choices: Panel on Adapting to the Impacts of Climate Change*. Washington, Etats-Unis : The National Academies Press, Board on Atmospheric Sciences and Climate; Division on Earth and Life Studies.
- Règlement sur le domaine hydrique de l'État*, LRLQ, c. R-13, r.1.
- Stanton, E.A, Davis, M. et Fencl, A. (2010) *Costing climate impacts and adaptation*. A canadian study on coastal zones. Sommerville, Etats-Unis : Stockholm Environment Institute.
- Tegner, M.J. et Dayton, P.K. (2000) Ecosystem effects of fishing in kelp forest communities. *Journal of Marine science*, 57, 579-589. doi : 10.1006/jmsc.2000.0715

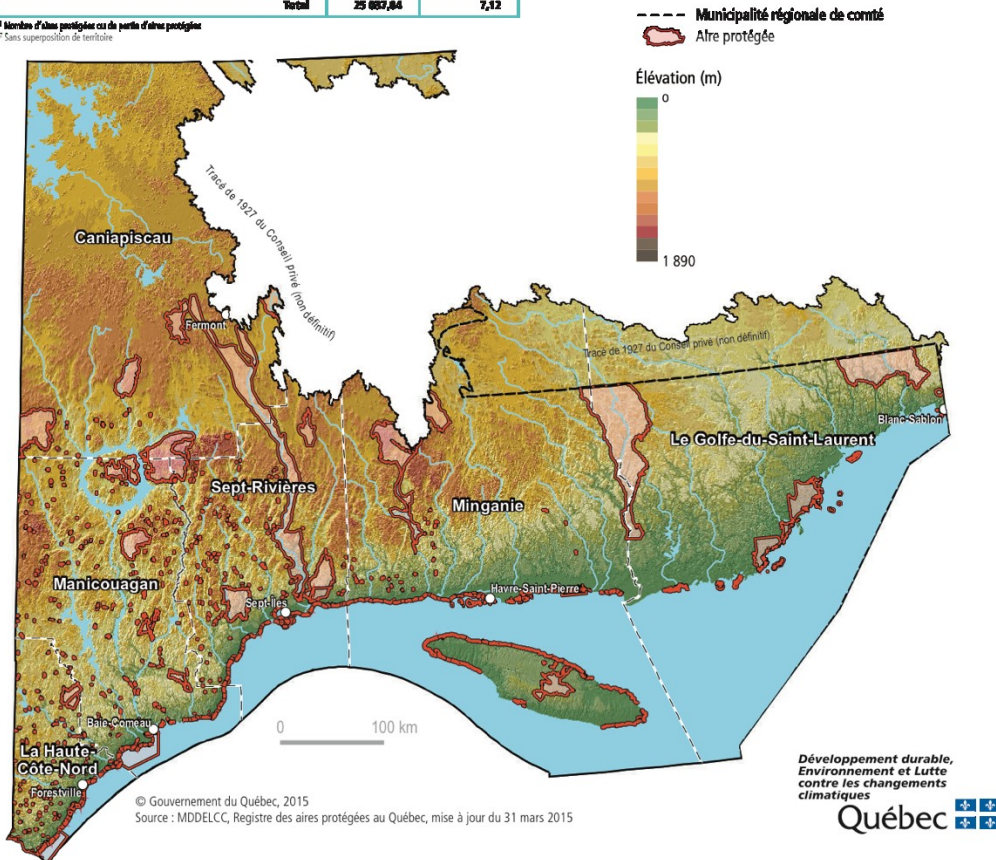
ANNEXE 1 – AIRES PROTÉGÉES DE LA CÔTE-NORD (MDELCC, 2015G)

LES AIRES PROTÉGÉES PAR DÉSIGNATION

Région de la Côte-Nord

Désignation	Nombre ¹	Superficie ² dans la région (km ²)	Pourcentage de la superficie ²
Écosystème forestier exceptionnel	32	65,38	0,02
Habitat d'une espèce floristique menacée ou vulnérable	1	1,82	0,00
Habitat faunique	255	1 342,02	0,38
Milieu naturel de conservation volontaire	3	0,97	0,00
Parc marin	1	398,37	0,11
Parc national	2	599,00	0,17
Parc national et réserve de parc national du Canada	1	144,97	0,04
Refuge biologique	398	873,94	0,25
Refuge d'oiseaux migrateurs	9	3 19, 18	0,09
Refuge faunique	1	0,00	0,00
Réserve aquatique projetée	2	4 657,22	1,33
Réserve de biodiversité	2	1 614,63	0,46
Réserve de biodiversité projetée	20	13 956, 18	3,97
Réserve écologique	5	462, 18	0,13
Réserve écologique projetée	2	599,00	0,17
Réserve naturelle reconnue	4	2, 18	0,00
Total		25 007,84	7,12

¹ Nombre d'aires protégées ou de parties d'aires protégées
² Sans superposition de territoire



© Gouvernement du Québec, 2015
 Source : MDELCC, Registre des aires protégées au Québec, mise à jour du 31 mars 2015

Développement durable,
 Environnement et Lutte
 contre les changements
 climatiques
Québec

Figure A.1. Les aires protégées par désignation de la Côte-Nord (MDELCC, 2015g)

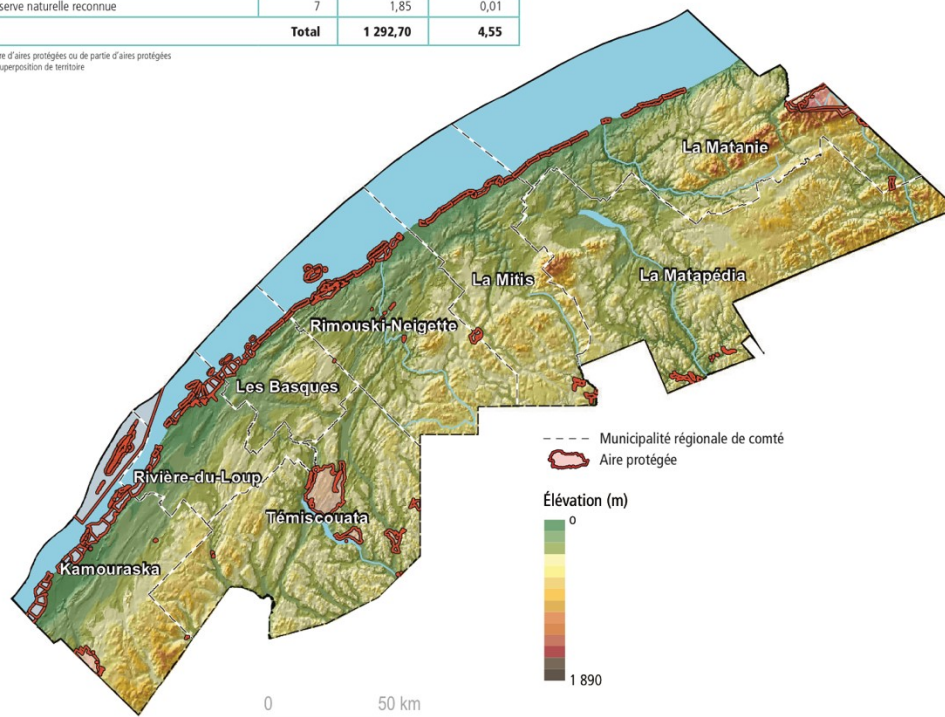
ANNEXE 2 – AIRES PROTÉGÉES DU BAS-SAINT-LAURENT (MDDELCC, 2015H)

LES AIRES PROTÉGÉES PAR DÉSIGNATION

Région du Bas-Saint-Laurent

Désignation	Nombre ¹	Superficie ² dans la région (km ²)	Pourcentage de la superficie ²
Écosystème forestier exceptionnel	16	6,21	0,02
Habitat d'une espèce floristique menacée ou vulnérable	4	1,83	0,01
Habitat faunique	127	578,66	2,04
Milieu naturel de conservation volontaire	5	2,97	0,01
Parc marin	1	331,29	1,17
Parc national	3	323,82	1,14
Refuge biologique	1	1,63	0,01
Refuge d'oiseaux migrateurs	2	8,07	0,03
Réserve de biodiversité projetée	1	7,93	0,03
Réserve écologique	3	21,51	0,08
Réserve nationale de faune	3	6,94	0,02
Réserve naturelle reconnue	7	1,85	0,01
Total		1 292,70	4,55

¹ Nombre d'aires protégées ou de partie d'aires protégées
² Sans superposition de territoire



© Gouvernement du Québec, 2015
 Source : MDDELCC, Registre des aires protégées au Québec, mise à jour du 31 mars 2015

Développement durable,
 Environnement et Lutte
 contre les changements
 climatiques
Québec

Figure A2 Les aires protégées par designation du Bas-Saint-Laurent (MDDELCC, 2015h)

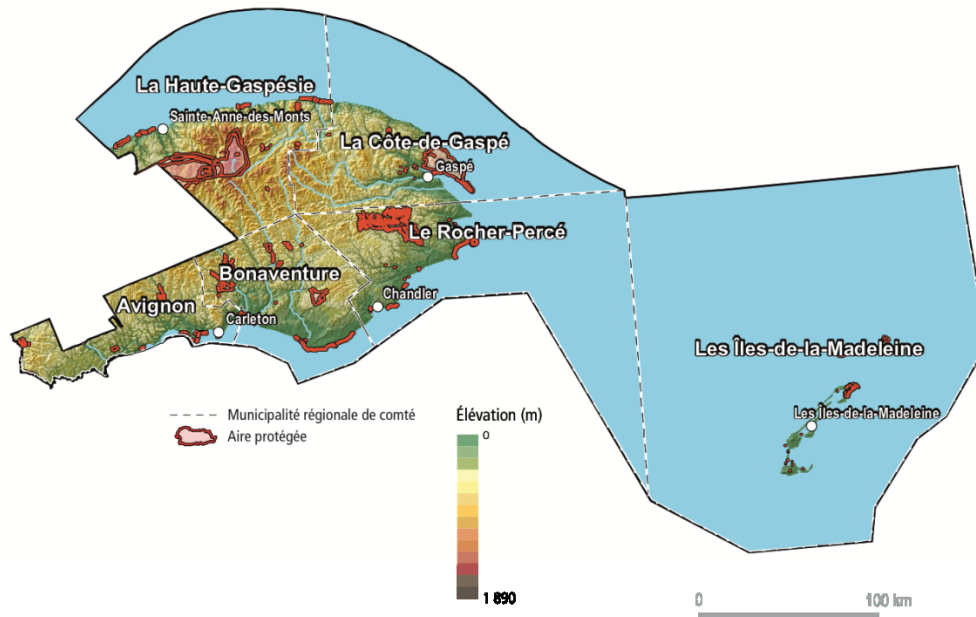
ANNEXE 3 – AIRES PROTÉGÉES DE LA GASPÉSIE-ÎLES-DE-LA-MADELEINE (MDDELCC, 2015I)

LES AIRES PROTÉGÉES PAR DÉSIGNATION

Région de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine

Désignation	Nombre ¹	Superficie ² dans la région (km ²)	Pourcentage de la superficie ²
Écosystème forestier exceptionnel	17	22,85	0,03
Habitat d'une espèce floristique menacée ou vulnérable	5	29,36	0,04
Habitat faunique	76	234,73	0,30
Milieu naturel de conservation volontaire	10	1,50	0,00
Parc national	3	662,43	0,85
Parc national et réserve de parc national du Canada	1	216,27	0,28
Refuge d'oiseaux migrateurs	3	14,15	0,02
Refuge faunique	1	10,85	0,01
Réserve aquatique	1	1,56	0,00
Réserve de biodiversité	1	44,27	0,06
Réserve écologique	7	215,50	0,28
Réserve nationale de faune	1	10,41	0,01
Réserve naturelle reconnue	5	1,79	0,00
Total		1 465,66	1,87

¹ Nombre d'aires protégées au de parts d'autres protégées
² Sans superposition de territoire



© Gouvernement du Québec, 2015
 Source : MDDELCC, Registre des aires protégées au Québec, mise à jour du 31 mars 2015

Développement durable,
 Environnement et Lutte
 contre les changements
 climatiques
Québec

Figure A.3 Les aires protégées par désignation de la Gaspésie-Îles-de-La-Madeleine (MDDELCC, 2015i)